



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ESTUDIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA DETERMINAR LA
CAPACIDAD DEL SISTEMA E IMPLEMENTAR NUEVAS CARGAS EN LA
EMPRESA INPLASTICO”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico
En Sistemas Eléctricos de Potencia

Autores:

Chuquitarco Gudiño Ana de las Mercedes
Cajas Paucar Darwin Ricardo

Tutor:

PhD. Iliana Antonia González Palau

LATACUNGA – ECUADOR

2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **Darwin Ricardo Cajas Paucar** y **Chuquitarco Gudiño Ana de las Mercedes** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación, “**ESTUDIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DEL SISTEMA E IMPLEMENTAR NUEVAS CARGAS EN LA EMPRESA INPLASTICO**”, siendo la PhD. González Palau Iliana Antonia tutor (a) del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posible reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de investigación, son de exclusiva responsabilidad.

.....

Darwin Cajas

CI: 180442454-5

.....

Ana Chuquitarco

CI: 050418830-1



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“ESTUDIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DEL SISTEMA E IMPLEMENTAR NUEVAS CARGAS EN LA EMPRESA INPLASTICO”

De los Sres. **Cajas Paucar Darwin Ricardo** y **Ana de las Mercedes Chuquitarco Gudiño**, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería Aplicada de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio, 2018

El Tutor

.....
PhD. González Palau Iliana Antonia

CI: 175707065-9



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA); por cuanto, los postulantes **Cajas Paucar Darwin Ricardo** y **Ana de las Mercedes Chuquitarco Gudiño** con el título de Proyecto de Investigación: **“ESTUDIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DEL SISTEMA E IMPLEMENTAR NUEVAS CARGAS EN LA EMPRESA INPLASTICO”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Para constancia firman:

Latacunga, Julio, 2018

Lector 1 (Presidente)

Nombre: MSC. Marcos León
CC: 050230540-2

Lector 2

Nombre: PHD. Secundino Marrero
CC: 175710790-3

Lector 3

Nombre: MSC. Xavier Proaño

C.I.:050265642-4



Latacunga 23 de julio del 2018

CERTIFICADO

El motivo de esta carta es informarle de la culminación de proyecto de tesis: "ESTUDIO DE SISTEMA ELECTRICO PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DEL SISTEMA E IMPLEMENTAR NUEVAS CARGAS EN LA EMPRESA INPLASTICO" de los alumnos **ANA DE LAS MERCEDES CHUQUITARCO GUDIÑO** con cedula número: 0504188301 y **DARWIN RICARDO CAJAS PAUCAR** con cedula número:1804424545; de la Carrera de INGENIERIA ELECTRICA.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente

 **INPLASTICO**
INDUSTRIA PLÁSTICA COTOPAXI

FIRMA AUTORIZADA
Inés Naranjo
Jefe de Talento Humano

AGRADECIMIENTO

No me cansare de agradecer a Dios y a la Virgen por sus bendiciones, por darme la fuerza y enjundia para poder llegar a esta etapa de mi vida profesional. Agradezco a mis Padres, hermano, abuelos que están conmigo y a mi abuelita Inés que me cuida desde el cielo. Agradezco a mis tíos, Cecilia, Miriam, Jorge, Luis, Enrique, Milton, José y María por su apoyo incondicional. Gracias a mis amigos Blasco, Mery y Jady que se convirtieron en más que familia y me apoyaron siempre. Y un agradecimiento a mi compañera y amiga Anita que siempre fue un apoyo incondicional a lo largo de la carrera.

Gracias totales

Darwin

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado primeramente a Dios, a la Virgen del Carmen por haberme dado salud vida y sabiduría para llegar a este instante de mi formación profesional y a toda mi familia que me apoyo, especialmente a mi madre que gracias a su amor me guio en este camino, a mi padre que es mi ejemplo que seguir de honestidad y trabajo, y a mi hermano que siempre estuvo a mi lado.

Darwin

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento primero a Dios por guiarme, darme la fuerza y sabiduría en el camino de la vida a mis padres Carlos Chuquitarco y Margarita Gudiño culés me brindaron su apoyo incondicional y su confianza.

Agradezco a mis hermanos Rodrigo, Jackeline, Alexandra y Luis y mis sobrinos que están siempre presente con su amor y apoyo incondicional. Un agradecimiento a Diego Bautista que siempre fue mi apoyo en esta etapa importante en mi vida.

Un agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi a la carrera de Ingeniería Eléctrica y más sincero agradecimiento a mi compañero Darwin Cajas por brindarme su amistad y apoyo.

Anita

DEDICATORIA

Este trabajo quiero dedicarle a mi madre Margarita del Rosario Gudiño, por ser mi apoyo incondicional y el más importante, gracias a tu amor, paciencia y a tus consejos sabios logre llegar a concluir esta meta importante. Y a mi abuelita Rosa Gudiño que desde el cielo me proteges.

Anita

INDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iii
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	viii
INDICE DE CONTENIDOS	ix
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xviii
1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	5
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	6
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	6
5.1 Situación Problemática.....	6
5.2 Formulación del Problema.	6
6. OBJETIVOS	7
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADO.	8
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA.....	9
8.1 Antecedentes de la investigación	9
8.2 Marco Teórico.....	10
8.2.1 Sistema Eléctrico	10
8.2.2 Las Instalaciones Eléctricas Industriales	10
8.2.3 Diagrama Unifilar	11
8.2.4 Eficiencia energética.....	11
8.3 Factores Eléctricos	11
8.3.1 Factor de Demanda.	11
8.3.2 Factor de Carga.....	12
8.3.3 Factor de simultaneidad	13
8.3.4 Factor de Utilización.....	15
8.4 Selección de Transformador.....	15
8.4.1 Transformador.....	15

8.4.2	Pérdidas de un transformador	15
8.4.3	Cargabilidad del transformador	17
8.5	Cálculo para la selección de transformador	18
8.6	Selección de Conductores.	18
8.6.1	Criterios para el dimensionamiento de la selección de mínima de los Conductores.....	19
8.6.2	Circuitos trifásicos	20
8.7	Factor de Potencia	20
8.7.1	Causas de un bajo Factor de Potencia.....	21
8.7.2	Elevación de Factor de Potencia	21
8.8	Determinación de pérdidas.....	22
8.8.1	NIVELES DE VOLTAJE	22
8.8.2	Índice de Calidad	24
8.8.3	Determinación de corriente de cortocircuito.....	24
8.9	Instrumento para Medición	25
8.9.1	Fluke 435	25
8.10	Programas	26
8.10.1	Software de simulación.....	26
9.	HIPÓTESIS.....	27
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	29
	Tipos de investigación.	29
	Investigación bibliográfica.	29
	Investigación descriptiva	29
	Investigación de campo.	29
	Método inductivo.....	30
	Método deductivo.	30
	Método analítico.	30
	Método descriptivo.	30
	Instrumentos.....	30
	Analizador Fluke 435.....	30
	Programa ETAP.....	31
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	31
11.1	Generalidades de la empresa INPLASTICO.	31

11.1.1	Análisis de las actividades del proceso de elaboración de envases plásticos.	32
11.2	Situación actual del sistema eléctrico.....	34
11.2.1	Diagrama unifilar	36
11.2.2	Levantamiento de carga	36
11.3	Informe de carga instalada por tablero, del transformador de 200 kVA (13,8 kV/220V).	37
11.3.1	Mediciones Realizadas.....	37
11.3.2	Curva de carga diaria del transformador trifásico de 200 kVA (13.8 kVA/220 V).	38
11.3.3	Límites de voltaje registrados del secundario del transformador trifásico de 220 kVA-220 V.....	40
11.3.4	Factor de Potencia.....	40
11.3.5	Perfil y desbalance de voltaje.	41
11.3.6	Perfil y desbalance de corriente en el secundario del transformador trifásico de 200 kVA.	42
11.3.7	Determinación del factor de carga.	43
11.3.8	Determinación del factor de utilización.....	44
11.3.9	Cargabilidad del transformador trifásico de 200 kVA 13.8 kV/220 V.....	44
11.3.10	Pérdidas del Transformador de 200 kVA (13.8 kV/220 V) de la empresa INPLASTICO.....	45
11.3.11	Simulación del sistema actual de la red del transformador de 200 kVA (13,8 kV/220 V) de la empresa INPLASTICO en el software ETAP 12.6.0.....	48
11.4	Levantamiento de carga transformador de 200 kVA 13.8 kV/440 V.....	49
11.4.1	Informe de carga instalada por tablero del transformador de 200 kVA (13,8 kV/440 V).	50
11.4.2	Mediciones realizadas	51
11.4.3	Curva de carga diaria del transformador trifásico de 200 kVA (13.8 kVA/440 V)	51
11.4.4	Representación de la curva de carga diaria del transformador trifásico de 200 kVA (13.8 kVA/440 V).....	52
11.4.5	Límites de voltaje registrados del secundario del transformador trifásico de 200 kVA.	54
11.4.6	Factor de Potencia.....	55
11.4.7	Perfil y desbalance de voltaje.	56
11.4.8	Perfil y desbalance de corriente del transformador trifásico de 220 kVA 440 V.	58

11.4.9	Determinación del factor de carga.	60
11.4.10	Determinación del factor de utilización.	62
	Cargabilidad del transformador trifásico de 200 kVA	62
11.4.11	Pérdidas del Transformador de 200 kVA (13.8 kV/440 V) de la empresa INPLASTICO.....	63
11.4.12	Simulación del sistema actual de la red del transformador de 200 kVA (13,8 kV/440 V) de la empresa INPLASTICO en el software ETAP 12.6.0.....	66
11.5	Levantamiento de la carga a instalarse.....	70
11.5.1	Informe de la nueva carga del transformador de 200 kVA (13,8 kV/440 V) .	72
11.5.2	Calculo de la Capacidad del Transformador.....	72
11.5.3	Simulación del sistema añadiendo la nueva carga a la red del transformador de 200 kVA (13,8 kV/440 V) de la empresa INPLASTICO en el software ETAP 12.6. .	74
11.5.4	Simulación del sistema añadiendo la nueva carga y nuevo transformador a la red del transformador de 200 kVA (13,8 kV/440 V) de la empresa INPLÁSTICO en el software ETAP 12.6.0.	77
11.5.5	Reporte del estado de la red conectada a la nueva carga en el software ETAP.	78
12.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	78
13.	PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO	79
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
15.	Bibliografía	88
	ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 7.1	SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.	8
TABLA 8.1	FACTORES DE DEMANDA PARA CADA AGRUPACIÓN DE MOTORES.	12
TABLA 8.2	FACTORES DE SIMULTANEIDAD PARA TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN.	13
TABLA 8.3	INDICA LOS FACTORES DE SIMULTANEIDAD DE UN SISTEMA.	14
TABLA 8.4	FACTORES DE SIMULTANEIDAD.	14
TABLA 8.5	FACTORES DE UTILIZACIÓN.	15
TABLA 8.6	NIVELES DE VOLTAJE.	22
TABLA 8.7	LÍMITE DE PORCENTAJE DE VARIACIÓN DE VOLTAJE.	23
TABLA 9.1	VARIABLE INDEPENDIENTE.	27
TABLA 9.2	VARIABLE DEPENDIENTE.	28
TABLA 11.1	RESUMEN DE POTENCIA DE CADA TABLERO A 220 v.	37
TABLA 11.2	EJEMPLO DE LA REALIZACIÓN DEL HISTOGRAMA.	38
TABLA 11.3	DATOS DE POTENCIA APARENTE POR LÍNEA.	43
TABLA 11.4	FÓRMULAS DE PÉRDIDAS EN VACÍO Y BAJO CARGA DE TRANSFORMADORES.	45
TABLA 11.5	LEVANTAMIENTO DE CARGA TRANSFORMADOR 200 KV/440 v.	50
TABLA 11.6	RESUMEN DE POTENCIA DE CADA TABLERO (440 v).	51
TABLA 11.7	DATOS DE LA REPRESENTACIÓN DE LA CURVA DIARIA.	52
TABLA 11.8	DATOS DE VOLTAJE.	54
TABLA 11.9	DATOS DE DESBALANCE DE VOLTAJES.	56
TABLA 11.10	DATOS DE DESBALANCE DE CORRIENTE POR LÍNEA.	59
TABLA 11.11	DATOS DE DESBALANCE DE CORRIENTE POR LÍNEA.	61
TABLA 11.12	PERDIDAS DE POTENCIA TRANSFORMADOR 200 KVA (13,8 KV/440 v)	65
TABLA 11.13	TABLA DE CONDUCTORES.	69
TABLA 11.14	TABLA DE REPORTES DEL PROGRAMA ETAP.	70
TABLA 11.15	LEVANTAMIENTO DE CARGA MAQUINARIA NUEVA.	71
TABLA 11.16	FACTORES DE LA NUEVA MAQUINARIA.	72
TABLA 13.1	COMPONENTES DEL TRANSFORMADOR.	81
TABLA 13.2	INVERSIÓN EN EL TRANSFORMADOR.	81
TABLA 13.3	COSTO DE LOS CONDUCTORES POR EQUIPO DEL NUEVO HANGAR.	83
TABLA 13.4	COSTO TOTAL EN CONDUCTORES.	84
TABLA 13.5	COSTO DE PROTECCIONES.	84
TABLA 13.6	COSTO DE MANO DE OBRA.	85
TABLA 13.7	INVERSIÓN TOTAL.	85
TABLA 13.8	FLUJO NETO.	85

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 8.1 CONDUCTORES.....	19
FIGURA 8.2 TABLA DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES.....	20
FIGURA 8.3 ANALIZADOR FLUKE.....	25
FIGURA 8.4 PROGRAMA ETAP.....	26
FIGURA 11.1 DIAGRAMA UNIFILAR DE LA EMPRESA INPLASTICO.....	36
FIGURA 11.2 POTENCIA INSTALADAS POR TABLERO (KVA).....	37
FIGURA 11.3 COMPORTAMIENTO DE LA CURVA DIARIA DE TRANSFORMADORES DE 200 KVA-13,8 KV/220 V.....	39
FIGURA 11.4 LÍMITES DE VOLTAJE.....	40
FIGURA 11.5 FACTOR DE POTENCIA.....	41
FIGURA 11.6 PERFIL DE VOLTAJE POR FASE.....	42
FIGURA 11.7 CORRIENTES POR FASE.....	43
FIGURA 11.8 PORCENTAJE DE PÉRDIDAS.....	47
FIGURA 11.9 RESUMEN DE POTENCIAS INSTALADAS.....	51
FIGURA 11.10 COMPORTAMIENTO DE LA CURVA DIARIA DEL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 200 KVA-13,8/440.....	53
FIGURA 11.11 LÍMITES DE VOLTAJE.....	55
FIGURA 11.12 FACTOR DE POTENCIA.....	56
FIGURA 11.13 PERFILES DE VOLTAJE POR FASE.....	58
FIGURA 11.14 CORRIENTE POR BASES.....	60
FIGURA 11.15 PÉRDIDAS DE POTENCIA.....	65
FIGURA 11.16 SIMULACIÓN DEL TRANSFORMADOR (440 KV).....	67
FIGURA 13.1 SIMULACIÓN DE LA PROPUESTA.....	79
FIGURA 13.2 TRANSFORMADOR 440 KV/ 500KVA.....	80

ÍNDICE DE ECUACIONES

(8.1).....	11
(8.2).....	12
(8.3).....	13
(8.4).....	15
(8.5).....	16
(8.6).....	16
(8.7).....	17
(8.8).....	17
(8.9).....	17
(8.10).....	18
(8.11).....	18
(8.12).....	18
(8.13).....	20
(8.14).....	20
(8.15).....	21
(8.16).....	22
(8.17).....	23
(8.18).....	24
(8.19).....	24
(8.20).....	24

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA APLICADA

TITULO: “ESTUDIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DEL SISTEMA E IMPLEMENTAR NUEVAS CARGAS EN LA EMPRESA INPLÁSTICO”

Autores:

Ana de las Mercedes Chuquitarco Gudiño

Darwin Ricardo Cajas Paucar

RESUMEN

El presente trabajo de investigación realizado en la empresa INPLÁSTICO en la ciudad de Latacunga ubicada en el sector el Niagara, donde se efectuó el estudio del sistema eléctrico con el propósito de incrementar potencia, siendo necesario el levantamiento de carga y la actualización del diagrama unifilar. Con la ayuda del analizador de carga FLUKE 435 se realizó mediciones a los 2 transformadores de marca TRANSUNEL 200 kVA 13,8 kV/220 V y al de 200 kVA 13,8 kV/440 V con lo cual se obtuvo datos de voltaje, corriente, potencias, factor de potencia. La medición se ejecutó en un periodo de 5 días laborables de la empresa en intervalo de 10 minutos conforme a la regulación 004/01 emitido por ARCONEL, posteriormente con los datos recopilados por el analizador se realizó un análisis mediante histogramas de frecuencia obteniendo la curva diaria de voltaje corriente, potencia, factores de potencia. La interpretación de datos recogidos por el levantamiento de carga se elaboró la simulación en el programa ETAP 12.6.0 con la actual carga y la nueva carga, donde se identificaron problemas, transformador sobrecargado, caídas de voltaje, conductores sobrecargados, fugas de corrientes en los sistemas eléctricos y perdidos. Los resultados de la investigación permitieron dar soluciones técnicas al sistema eléctrico.

Palabras Claves: Transformador, carga eléctrica, sobrecarga eléctrica.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF SCIENCE AND APPLIED ENGINEERING

THEME: “STUDY OF THE ELECTRIC SYSTEM TO DETERMINE SYSTEM’S CAPACITY AND SET UP NEW CHARGES AT INPLÁSTICO INDUSTRY”

AUTHOR: Ana de las Mercedes Chuquitarco Gudiño

Darwin Ricardo Cajas Paucar

ABSTRACT

The following research job took place at INPLASTICO industry in Latacunga city at Niagara. The study of electric systems was conducted with the purpose of increasing the electrical power, and as a result both charge rise and the updating of single-line diagram was required. With helping of FLUKE 435 charge analyser, measurements were carried out to 2 brand transformers which were TRANSUNEL 200 kVA 13,8 kV/220 V and 200 kVA 13,8 kV/440 V. Thanks to this, important data concerned to voltage, current, power and power factors were achieved. Measurement was conducted in a period of five working days at the industry between intervals of 10 minutes according to regulation 004/01 submitted by ARCONEL. Subsequently, the use of data collected by the analyser allowed a global analysis through frequency histograms to obtain a daily scale of voltage, current, power and power factors. The interpretation of data gathered from charge rise was executed. There was also a simulation by using the ETAP 12.6.0 program with ongoing charge and new charge. So, problems such as overload transformer, voltage falls, overload conductors, current leaks could be identified at the electric and lost systems. Results in the research allowed to reach technical solutions to the electric system.

Keywords: transformer, electric charge, electric overload.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA** de la Unidad Académica de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, CAJAS PAUCAR DARWIN RICARDO y ANA DE LAS MERCEDES CHUQUITARCO GUDIÑO cuyo título versa **“ESTUDIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DEL SISTEMA E IMPLEMENTAR NUEVAS CARGAS EN LA EMPRESA INPLÁSTICO”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Julio del 2018

Atentamente,

.....
Lic. Marcelo Pacheco
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 050261735-0



ESTRUCTURA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FINAL PROYECTO DE TITULACIÓN II

1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del proyecto:

ESTUDIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DEL SISTEMA E IMPLEMENTAR NUEVAS CARGAS EN LA EMPRESA INPLASTICO.

Fecha de inicio:

Latacunga 13 de Octubre del 2017

Fecha de finalización:

Latacunga 27 de Julio del 2018

Lugar de ejecución:

Latacunga

Facultad que Auspicia:

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Carrera que Auspicia:

Ingeniería Eléctrica

Proyecto de investigación vinculado:

Equipo de Trabajo:

TUTOR DE TITULACIÓN

- Dr. Iliana Antonia González Palau

COORDINADORES DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Ana de las Mercedes Chuquitarco Gudiño

Darwin Ricardo Cajas Paucar

Área de conocimiento:

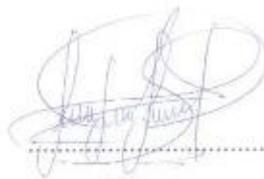
Ingeniería Eléctrica

Línea de investigación:

Explotación y diseño de sistemas eléctricos

Sub línea de investigación:

Análisis y diseño de Sistemas Eléctricos

Datos Personales**Nombres:** Darwin Ricardo**Apellidos:** Cajas Paucar**Lugar de Nacimiento:** Píllaro**Fecha de Nacimiento:** 11 de agosto de 1994**Edad:** 23 años**Estado Civil:** Soltero**Correo:** darwinricardo.11@hotmail.com**Teléfono:** 0958823894**Estudios realizados:****Primaria:** Escuela “Augusto Nicolás Martínez” - Píllaro**Secundaria:** Colegio Nacional Mixto “Jorge Álvarez”

Darwin Cajas**Estudiante 1**

Datos Personales

Nombres: Ana de las Mercedes

Apellidos: Chuquitarco Gudiño

Lugar de Nacimiento: Latacunga

Fecha de Nacimiento: 19 de junio de 1993

Edad: 24 años

Estado Civil: Soltera

Correo: mala_anis@hotmail.com

Teléfono: 098798062

Estudios realizados:

Primaria: Escuela “Elvira Ortega” - Latacunga

Secundaria: Unidad educativa “Hermano Miguel”



Ana de las Mercedes Chuquitarco

Estudiante 2

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Industrias INPLASTICO es una empresa ecuatoriana que se localiza en la ciudad de la Latacunga, dedicada a la fabricación de envases plástico con altos estándares de calidad. Posee una buena infraestructura y ambiente de trabajo, con la innovación tecnológica adecuada para satisfacer las necesidades de sus clientes. Para realizar el proceso tecnológico se utilizan 40 máquinas distribuidas en el área de trabajo, además de 5 departamentos con consumo residencial tipo “A” utilizados por los dueños de la empresa, conectados a la misma red eléctrica considerada de nuestro estudio.

Para abastecer su demanda, la empresa cuenta con una cámara de transformación donde se encuentran ubicados dos transformadores: el primero de 200 kVA (13.8 kV/220 V) y el segundo de 200 kVA (13.8 kV/440 V) que son los encargados de suministrar la energía para el funcionamiento de la empresa.

INPLASTICO busca mejorar sus procesos, para esto se requiere incorporar a su sistema de producción nuevos equipos. Previo a su instalación se necesita un diagnóstico de las condiciones actuales concernientes a la capacidad de los transformadores de la subestación que alimenta la planta. Paralelamente se necesita actualizar el diagrama unifilar del sistema eléctrico para esto es necesario conocer las potencias de cada máquina en operación.

Para las mediciones de las variables eléctricas de cada nodo del sistema se empleará un medidor de red FLUKE 435. Los datos obtenidos de estas mediciones permitirá la simulación del sistema en la herramienta informática ETAP 2016. Esto permitirá conocer la carga total instalada en el momento actual, y con el nuevo equipamiento, en caso de que supere la potencia instalada de la instalación se procederá a la selección del nuevo transformador y la determinación de los diferentes indicadores del sistema.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La empresa INPLASTICO cuenta con una cámara de transformación en donde están ubicados dos transformadores trifásicos de 200 kVA (13.8 kV-220 V) y 200 kVA (13.8 kV-440 V), quienes se encargan de suministrar energía a toda la planta. Actualmente no se cuenta con un diagrama unifilar el cual permita conocer todas las conexiones del sistema eléctrico. Las mediciones realizadas y el censo de todas las cargas permitirán el diseño del esquema.

La carga actual instalada en la empresa tiene un promedio de 160,17 kVA en el transformador de 220 V y 80 kVA en el transformador de 440 V, entonces los transformadores se encuentran con una carga total del 80% y el 51% respectivamente, de su capacidad nominal.

La empresa INPLASTICO, en un futuro requiere conectar a su sistema, nuevo equipamiento con el fin de mejorar la producción que se encuentra ubicado en un galpón nuevo y que necesita un estudio eléctrico para su instalación.

Es por tal motivo, que se realiza esta investigación ya que no se cuenta con ningún estudio del sistema eléctrico, para ello se realiza un diagrama unifilar con la carga actual y la nueva carga a incorporarse, para lo cual se va a conocer la carga máxima actual mediante un levantamiento de información de los parámetros eléctricos con el uso de un analizador de carga FLUKE 345. Posteriormente se efectuará un censo de carga para establecer la potencia total del equipamiento que se desea incorporar en la nueva área. A sí mismo verificamos las condiciones del sistema eléctrico con la nueva maquinaria, el dimensionamiento de los transformadores, conductores y el comportamiento del sistema eléctrico mediante la Simulación en el programa ETAP.

De esta manera la parte técnica de la empresa INPLASTICO tendrá la potencia total instalada y la energía que consumirá al entrar en operación su nueva maquinaria.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Directos

Este proyecto de investigación beneficiara directamente a la empresa “INPLASTICO”

Indirectos

Personal técnico vinculado al sector eléctrico de la empresa.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

5.1 Situación Problemática

En la actualidad la empresa INPLASTICO, dispone de dos transformadores trifásicos propios, con una capacidad de 200 kVA que alimentan a toda su planta industrial, con lo que abastecen a todo su equipamiento instalado.

Para incrementar la producción se incorporará nueva maquinaria, siendo necesario un estudio del sistema eléctrico de la planta, el mismo permitirá conocer la potencia total instalada y la nueva potencia que se requiere incorporar dentro de la empresa.

La evaluación de la carga instalada en la empresa INPLASTICO, permitirá conocer si es posible la incorporación de los nuevos equipos, en vista a la ampliación de la producción y la eficiencia del sistema eléctrico. Actualmente los transformadores que están conectados en la cámara de transformación de la empresa se encuentran en un nivel de cargabilidad del 80 % en el transformador de 200 kVA 13.8 kV/220 V y de 51 % en el de 200 kVA 13.8 kV/ 440 V de su capacidad nominal, haciendo obligatorio un estudio minucioso del estado de carga de los transformadores y también de la nueva carga, para poder determinar si aún se puede conectar el nuevo equipamiento a su sistema o caso contrario no es posible que soporte dicha carga.

Es necesario determinar con una evaluación del nivel de carga que tiene los transformadores de la empresa, esto permitirá abastecer la carga requerida, para los transformadores, redimensionar los conductores y evaluar el comportamiento de la potencia reactiva con las nuevas condiciones de operación de la empresa.

5.2 Formulación del Problema.

La incorporación de un nuevo equipamiento requiere de la evaluación de la cargabilidad de los transformadores instalados en la empresa INPLASTICO.

6. OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar la cargabilidad de los transformadores del sistema eléctrico para el incremento de potencia en la empresa INPLASTICO en la Provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga.

ESPECÍFICOS

- Revisar la literatura especializada sobre los aspectos más importantes de la investigación.
- Actualizar el esquema unifilar de la empresa con las nuevas condiciones de carga y definir los puntos para la medición con el FLUKE 435.
- Simular en el programa ETAP, para determinar las condiciones actuales y con la incorporación de la nueva carga.
- Proponer de ser necesario la adquisición de un nuevo transformador determinando su factibilidad.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADO.

Tabla 7.1 Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

Objetivo	Actividad	Resultados	Instrumentos
Revisar la literatura especializada sobre los aspectos más importantes de la investigación.	Estudio artículos científicos como tesis, paper, libros dedicados a dimensionamientos de sistemas eléctricos.	Metodología por seguir para la deducción de las pérdidas en la empresa INPLASTICO.	Se utiliza la investigación bibliográfica: Libros, Tesis y Páginas web.
Actualizar el esquema unifilar de la empresa con las nuevas condiciones de carga y definir los puntos para la medición con el FLUKE 435.	Censo de carga instalada en el sistema eléctrico de la empresa. Censo de carga instalada en el sistema eléctrico de la empresa. Dibujar en AutoCAD eléctrico el diagrama unifilar del sistema y simular en ETAP.	Obtención de datos eléctricos necesarios para nuestra investigación. Obtención del diagrama unifilar del sistema eléctrico conociendo la carga instalada.	Se utiliza la investigación de campo: Analizador Fluke 435 Programa de dibujo AutoCAD y programa ETAP
Simular en el programa ETAP, para determinar las condiciones actuales y con la incorporación de la nueva carga.	Simulación del sistema eléctrico del estado actual del sistema y con el nuevo incremento de carga.	Determinar la capacidad de operación del sistema	Se utiliza la investigación aplicada: Programa ETAP
Proponer de ser necesario la adquisición de un nuevo transformador determinando su factibilidad.	Determinación de las principales condiciones del sistema. Selección de transformadores. Calculo de conductores. Calculo del $\cos \phi$. Calculo de pérdidas de Energía para las nuevas condiciones del sistema.	Comparación de datos obtenidos con la medición de variables.	Se utiliza la investigación aplicada: Programa estadístico Excel.

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA

8.1 Antecedentes de la investigación

En el trabajo Danilo [1] hace referencia a mejorar la eficiencia en el consumo energético en las industrias del Ecuador, en la empresa Industria Metálica Cotopaxi (IMC) se realizó un diagnóstico energético usando la norma ISO 50001 para gestionar el uso y consumo eficiente de la energía eléctrica, en el desarrollo del proyecto se aplicó un diagnóstico energético de segundo nivel que consistió en analizar los aspectos energéticos tales como evaluación técnica de equipos, consumo de energía, la producción, facturación y revisión del sistema eléctrico con el fin de identificar balances energéticos y estimación de eficiencias para establecer planes de ahorros de energía.

En el trabajo de Sara [2] hace referencia a las bases conceptuales y de cálculo para el rediseño de un sistema eléctrico industrial basándose en los requerimientos de Código Eléctrico Nacional. Este estudio fue aplicado a la “INPLASTIC S.A.”, que por motivos de expansión e incremento de producción, se vio en la necesidad de implementar maquinarias adicionales en un nuevo Galpón contiguo al existente, aumentando su demanda eléctrica, por lo cual se tuvo que modificar su sistema de alimentación en media tensión. Para satisfacer la demanda requerida por las nuevas cargas, se procedió al rediseño del sistema eléctrico

En el trabajo de Navarrete [3] hace referencia al bajo factor de potencia en las industrias ocasiona que consuman una gran cantidad de potencia reactiva (kVAr) innecesaria para los respectivos procesos de transformación de la materia prima, disminuyendo la eficiencia de los motores igualmente el transformador sin poder usarlo a toda capacidad. Para la compensación de la potencia reactiva se realiza un estudio de eficiencia energética la cual da como resultado la implementación un banco de capacitores para la correcta utilización de la energía.

En el trabajo de Pilatasig y Sarabia [4] hace referencia a el análisis de la demanda eléctrica con el propósito de determinar la eficiencia del suministro eléctrico bajo la incidencia de las cargas. En tal virtud se conecta el analizador FLUKE 435 serie 2 con lo que se obtiene mediciones de voltaje, potencia activa reactiva y aparente. Posteriormente se descarga ordena y filtra los datos mediante el software Excel, además del uso de la metodología de histogramas de frecuencia para determinar los datos que se repiten en un intervalo de medición de 10 minutos según la regulación 004/01 emitido por el ARCONEL, con lo que se obtiene el comportamiento de la curva diaria del transformador trifásico de 100 kVA de lunes a viernes que la industria labora.

En el trabajo de Cajamarca y Sigua [5] se centra en el estudio de los transformadores de potencia, conocer su construcción, funcionamiento y el análisis de cómo influye una sobrecarga en su vida útil. Se intenta dar pautas y recomendaciones de cómo debe estar conformada una subestación para garantizar el desempeño óptimo dentro del sistema eléctrico de potencia, así como establecer un margen de cargabilidad para labores de contingencia.

En el trabajo de Achote [6] se describe el estudio de carga eléctrica para dimensionar el sistema eléctrico en la plantación de la Corporación Kallary, ubicada en la provincia de Napo sector Tena, en el año 2015. Se realiza un análisis de red de medio voltaje, para determinar si la potencia del transformado seleccionado puede dar respuesta a la demanda de potencia de la planta, además se realiza el cálculo para la selección de conductores y protecciones en general.

8.2 Marco Teórico

8.2.1 Sistema Eléctrico

Todo sistema eléctrico tiene el propósito común de proporcionar energía eléctrica al equipo de utilización, en forma segura, confiable y económica. La planeación inicial de un sistema involucra la preparación de un diagrama unifilar que muestre las interconexiones entre las componentes básicas, la parte más importante de cualquier sistema eléctrico es el alambrado que conecta todos los componentes, que se puede dividir entre secciones como el servicio de entrada, alimentadores y circuitos derivados [7].

“Mediante la regulación No. 004/001 del ARCONEL obtenemos los parámetros eléctricos a considerar en la calidad del producto son: Nivel de Voltaje, Perturbaciones, y factor de potencia” [8].

8.2.2 Las Instalaciones Eléctricas Industriales

“El análisis de los sistemas, es un conjunto de técnicas que se basan en las leyes fundamentales de la electricidad aplicadas principalmente a circuitos trifásicos de corriente alterna. Estas técnicas facilitan el cálculo del comportamiento de los sistemas bajo condiciones específicas, para auxiliar en el diseño de nuevos sistemas para rediseñar los sistemas existentes, o bien, para hacer ajustes y modificaciones a partes de las instalaciones.” [9].

La característica más importante de realizar estos estudios es realizar un análisis de las condiciones de la instalación y de las cargas existentes se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Seguridad.
- Confiabilidad de servicio.
- Calidad de suministro de energía.
- Diseño de instalaciones fáciles de operar y mantener
- Facilidad en la aplicación, cuando se necesaria.

8.2.3 Diagrama Unifilar

En el estudio de sistemas eléctricos de potencia o para aplicaciones Industriales, el uso de diagramas Unifilares resulta de gran utilidad y representa un elemento básico para el diseño y los estudios de sistema eléctricos. El diagrama unifilar se define como “Un diagrama que indica por medio de líneas sencilla y símbolos simplificados, la interconexión y partes componentes de un circuito o sistema eléctricos. El propósito de un diagrama Unifilar es que el diseñador diseñe desarrollo a través de una manera sencilla sus ideas y tenga una forma simple de comunicar a otros su proyecto para comentarios y aprobaciones. [9].

8.2.4 Eficiencia energética

“La eficiencia energética es la obtención de los mismos bienes y servicios energéticos, pero con mucha menos energía, con la misma o mayor calidad de vida, con menos contaminación, a un precio inferior al actual, alargando la vida de los recursos y con menos conflicto.” [10].

8.3 Factores Eléctricos

Para tener cargas reales de una instalación eléctrica es de gran importancia los factores, igualmente facilita la realización de cálculos, a continuación, se definirá varios factores:

8.3.1 Factor de Demanda.

“Es la relación entre la demanda máxima del sistema y la carga total conectada a ella durante un intervalo de tiempo considerado. La carga conectada es la suma de las potencias nominales continuas de los aparatos consumidores de energía eléctrica. El factor de demanda es, generalmente, menor que la unidad.” [11].

$$F_d = \frac{D_{\max}}{P_{\text{inst}}} \quad (8.1)$$

Donde:

$D_{\text{máx}}$ = Demanda máxima de instalación en Kw o KVA.

P_{inst} = Potencia de carga conectada en Kw o KVA.

Tabla 8.1 Factores de demanda para cada agrupación de motores.

Número de motores en Operación	Factor de demanda en %
1-10	70-80
11-20	60-70
21-50	55-60
51-100	55

Fuente: [11].

8.3.2 Factor de Carga

“Se define como la razón entre la demanda promedio en un intervalo de tiempo dado y la demanda máxima observada en el mismo intervalo de tiempo” [12]. El factor de carga siempre es mayor a cero y menor o igual a uno. El factor de carga mide el grado en el que la demanda máxima fue mantenida durante el intervalo de tiempo considerado, como también la energía está siendo utilizada en forma racional por parte de una determinada instalación.

Mantener un elevado factor de carga en el sistema significa obtener los siguientes beneficios:

- Optimización de la inversión de la instalación eléctrica
- Aprovechamiento racional y aumento de la vida útil de la instalación eléctrica, incluidos los motores y equipos.
- Reducción del valor de demanda pico.

$$F_{cd} = \frac{D_{med}}{D_{max}} \quad (8.2)$$

Donde:

F_{cd} = Factor de Carga diaria

D_{med} = Demanda media de periodo calculada a través de la integración de la curva de carga lo que equivale al valor del lado del rectángulo correspondiente al eje de la ordenada. El área del rectángulo es numéricamente igual al consumo de energía del periodo.

D_{max} = Demanda máxima para un mismo período en kW.

8.3.3 Factor de simultaneidad

“Es la relación entre la demanda máxima de un grupo de equipos y la suma de las demandas individuales de estos aparatos, en un intervalo de tiempo considerado.” [11]

La aplicación del factor de simultaneidad en instalaciones industriales debe ser procedida de un estudio minucioso a fin de evitar el subdimensionamiento de los circuitos de los equipos.

$$\text{Factor de simultaneidad} = \frac{1}{\text{Factor de diversidad}} \quad (8.3)$$

Afirma que normalmente, la operación simultánea de todas las cargas de un sistema, nunca ocurre, apareciendo siempre determinado grado de diversidad, que se expresa para cada grupo de cargas, mediante el factor de simultaneidad. “El mismo se define como el cociente entre la demanda máxima del grupo j, y la suma de las demandas máximas de cada carga (i) del grupo (j) [13].

Dentro de una industria no se dispone de información precisa, es así que pueden manejarse los siguientes valores para el factor de simultaneidad: Para tableros de distribución que alimentan determinado número de circuitos, se especifican los siguientes factores de simultaneidad, cuando no se conoce como se distribuye la carga total entre los circuitos.

Tabla 8.2 Factores de simultaneidad para tableros de distribución

Número de Circuitos	Factor de Simultaneidad
2 a 3	0.9
4 a 5	0.8
6 a 9	0.7
10 o mas	0.6

Fuente: [13].

Si las cargas son principalmente cargas de iluminación, es recomendable considerar factor de simultaneidad = 1

Tabla 8.3 Indica los factores de simultaneidad de un sistema.

Tipo de Carga	Factor de Simultaneidad
Iluminación	1
Calefacción y Aire Acondicionado	1
Toma Corrientes	0,1 o 0,2
Elevación y Carga	
Motor mayor	1
2do Motor	0,75
Resto de los Motores	0,6

Fuente: [13].

- La tasa de variación de disminución del factor de simultaneidad en general depende de heterogeneidades de las cargas. El factor de simultaneidad es siempre menor a la unidad.
- La aplicación del factor de simultaneidad en instalaciones industriales debe ser precedida de un estudio minucioso a fin de evitar el sub-dimensionamiento de los circuitos de los equipos, estos valores valen para más de 20 tomas en industrias u otros casos puede ser mayor.

Tabla 8.4 Factores de simultaneidad.

APARATOS	Número de Aparatos							
	2	4	5	8	10	15	20	50
Motores de 3/4 a 2,5 cv	0,85	0,8	0,75	0,7	0,6	0,55	0,5	0,4
Motores de 3 a 15 cv	0,85	0,8	0,75	0,75	0,7	0,65	0,55	0,45
Motores de 20 a 40 cv	0,8	0,8	0,8	0,75	0,65	0,6	0,6	0,5
Arriba de 40 cv	0,9	0,8	0,7	0,7	0,65	0,65	0,65	0,60
Rectificadores	0,9	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,7	0,7
Soldadoras	0,45	0,45	0,45	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
Hornos	1	1						

Fuente: [11].

8.3.4 Factor de Utilización

“Es la razón entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema (capacidad instalada) en un intervalo de tiempo t ”. [13]

$$F_{\text{util}} = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Capacidad del Sistema}} = \frac{D_{\text{max}}}{C_s} \quad (8.4)$$

“En una instalación industrial, este factor se puede estimar en una media de 0,75 para los motores. Para cargas de luz incandescente, el factor siempre es igual a 1”. [14]

Tabla 8.5 Factores de utilización.

Aparatos	Factores de Utilización
Hornos	1
Secadoras y Calderas	1
Horno de Inducción	1
Motores de 3/4a 2,5 cv	0,7
Motores de 3 a 15cv	0,83
Motores de 20 a 40 cv	0,85
Arriba de 40 cv	0,87
Rectificadores	1
Soldadores	1

Fuente: [5].

8.4 Selección de Transformador

8.4.1 Transformador

Es una máquina eléctrica estática la cual mediante inducción electromagnética transforma voltajes y corrientes eléctricas alternas o pulsantes entre dos o más devanados a la misma frecuencia y usualmente a valores diferentes voltajes y corrientes.

“El transformador por ser una máquina estática tiene ventajas sobre las máquinas rotativas debido a que no tiene pérdidas mecánicas, las únicas pérdidas del transformador son eléctricas y de hierro, por tal razón su rendimiento es alto” [15].

8.4.2 Pérdidas de un transformador

Las pérdidas que ocurren en los transformadores reales deben tener en cuenta para obtener un modelo exacto del comportamiento de un transformador.

Las pérdidas en el vacío se debe que en el núcleo se presenta corrientes parásitas o Foucault y también por el efecto de histéresis;

$$P_{cu} = (F_u)^2 * \Delta P_{cu \text{ nominal}} \quad (8.5)$$

Las pérdidas con carga se produce en el cobre y se debe a la circulación de corrientes por los devanados provocando que se calienten, estas pérdidas son proporcionales la resistencia de cada devanado.

Pérdidas en el Cobre: Las pérdidas en el cobre son causadas por el calentamiento resistivo en los devanados del primario y secundario.

Pérdidas por corriente parasito: Las pérdidas de por corriente parasitas son provocadas por el calentamiento resistivo en el núcleo del transformador. Son proporcionales al cuadrado del voltaje aplicado al transformador.

Pérdidas por histéresis: Las pérdidas por histéresis están asociadas con la reubicación de los dominios magnéticos en el núcleo durante cada semiciclo, son una función compleja y no lineal del voltaje aplicado en los transformadores.

Flujo de disparo: Los flujos que escapan del núcleo y pasan a través de solo uno de los devanados del transformador son flujos dispersos. Estos flujos que escapan producen una autoinductancia en las bobinas primarias y secundarias; se deben tomar en cuenta los efectos de esta inductancia [16].

Pérdidas en el núcleo.

Solo depende del nivel de voltaje y se considera como constantes las pérdidas del núcleo están relacionados directamente con la capacidad del transformador, las pérdidas resistivas en el núcleo son despreciables debido a que no existe corriente en el bobinado secundario y la corriente del primario es demasiado pequeño.

$$PT_{pot_{nucleo}} = \sum (P_o * t) \quad (8.6)$$

Donde:

$PT_{pot_{nucleo}}$ = Pérdidas de potencia en el núcleo de todos los transformadores asociados en un alimentador primario.

t = tiempo h (8760 h año).

Pérdidas de energía

Mediante los flujos de potencia se obtiene la magnitud de pérdidas debido a la resistencia de componentes eléctricos, estas pérdidas no pueden ser eliminadas del todo pero se puede ser eliminadas por todo pero si pueden ser minimizadas mediante estudios de energía.

$$\text{Pérdidas Energía} = \frac{\text{Potencia (promedio semanal)}}{1\text{semana}(120\text{h})} \quad (8.7)$$

Pérdidas resistivas

Estas pérdidas se generan en los devanados del transformador, se producen debido a la resistencia de los conductores esto depende de la carga para calcular las pérdidas resistivas se utiliza la demanda de intervalo de tiempo con la demanda máxima y los factores de potencia del intervalo del máximo.

$$D_{RLi} = \frac{D_{pi} * \cos\varphi_{\max}^2}{D_{p\max} * \cos\varphi_i} * D_{RL\max} \quad (8.8)$$

Donde

D_{RLi} = Pérdidas resistivas de potencia en el sistema i [kW].

$D_{RL\max}$ = Pérdidas resistivas de potencia a demanda máxima [kW].

$\cos\varphi_i$ = Factor de potencia en el intervalo i.

$D_{p\max}$ = Demanda máxima. [kW].

D_{pi} = Demanda en el instante i. [kW].

8.4.3 Cargabilidad del transformador

La cargabilidad del transformador está basado con el crecimiento de la demanda eléctrica, y con el fin de satisfacer la misma, se incrementa la carga de los transformadores por encima de su capacidad nominal, lo cual implica que se rebase el límite de temperatura de operación [16].

$$\% \text{Cargabilidad} = \frac{S \text{ media (kVA)}}{S \text{ Transformador (kVA)}} * 100 \quad (8.9)$$

8.5 Cálculo para la selección de transformador

El cálculo o diseño de transformadores se puede decir que es un aspecto suficientemente tratado, en el que intervienen algunas variantes dependiendo del tipo de transformador y de los materiales empleados.

Las normas para transformadores cuando hablan de potencia nominal se refieren a una potencia que es el producto de la corriente por el voltaje en vacío. La potencia nominal es por lo tanto una “potencia aparente” que es la misma, ya sea que se considere el devanado primario o el devanado secundario. La potencia aparente que puede soportar el transformador en funcionamiento [17].

Continuo sin sobrepasar los límites de calentamiento es:

$$S_N = \sqrt{3V_N * I_N} \quad (8.10)$$

Cálculo de la capacidad del transformador

$$CT = \frac{kVA}{1,3} \quad (8.11)$$

Como el transformador no siempre funciona bajo condiciones nominales, entonces se debe establecer el índice de carga C:

$$C = \frac{I_1}{I_{N_1}} = \frac{I_2}{I_{N_2}} \quad (8.12)$$

Este índice de carga se relaciona con las pérdidas en el transformador.

Si $C < 1$ El transformador funciona descargado.

Si $C > 1$ El transformador estará funcionando sobrecargado.

8.6 Selección de Conductores.

La función básica de un cable consiste en transportar energía eléctrica en forma segura y confiable desde la fuente de potencia a las diferentes cargas. Existe una gran cantidad de terminología referente a este tema. En el caso general, la figura muestra los componentes que pueden distinguirse en un cable [14].

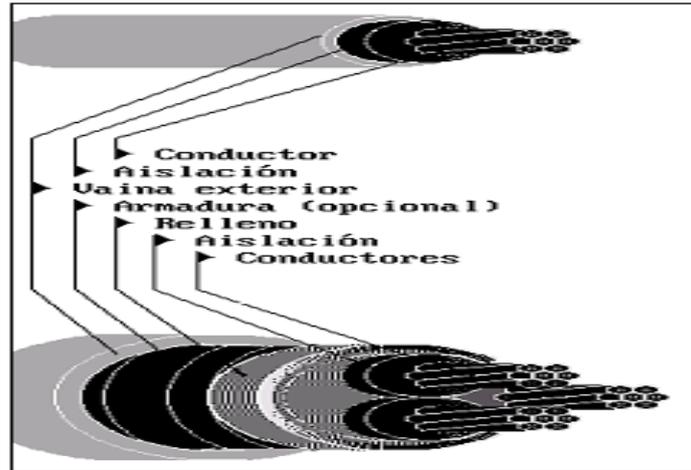


Figura 8.1 Conductores.

Fuente: [13].

Para la selección de un conductor se debe tener en cuenta las consideraciones eléctricas, térmicas, mecánicas y químicas. Las principales características de cada una de ellas se pueden resumirse de la siguiente forma:

Consideraciones eléctricas: tamaño (capacidad de corriente), tipo y espesor de la aislación, nivel de tensión (baja, media o alta), capacidad dieléctrica, resistencia de aislación, factor de potencia.
 Consideraciones térmicas: compatibilidad con el ambiente, dilatación de la aislación, resistencia térmica.

Consideraciones mecánicas: flexibilidad, tipo de chaqueta exterior, armado, resistencia impacto, abrasión, contaminación.

Consideraciones químicas: aceites, llamas, ozono, luz solar, ácidos [15].

8.6.1 Criterios para el dimensionamiento de la selección de mínima de los Conductores

La selección de conductores mínima de los conductores debe establecer en forma simultánea a 4 criterios:

- La capacidad de conducción de corriente
- Límite de caída de voltaje
- Capacidad de conducción de la corriente de cortocircuito por un tiempo limitado.
- La efectividad económica.

CALIBRE	CONSTRUCCIÓN		ESPEORES		DIAMETRO EXTERIOR Aprox. Mm	PESO Kg./Km	CAP. MAXIMA DE CORRIENTE				
	N° HEBRAS	Ø mm	AISL. mm	REV. mm			THWN (75°)		THHN (90°)		
							A	B	A	B	
ALAMBRES											
14	AWG	1	1,63	0,38	0,10	2,69	22,48	20	30	25	35
12		1	2,05	0,38	0,10	3,01	34,17	25	35	30	40
10		1	2,59	0,51	0,10	3,81	54,52	35	50	40	55
CABLES											
14	AWG	7	0,61	0,38	0,10	2,81	24,06	20	30	25	35
12		7	0,77	0,38	0,10	3,30	36,62	25	35	30	40
10		7	0,97	0,51	0,10	4,17	58,35	35	50	40	55
8		7	1,23	0,76	0,13	5,48	94,85	50	70	55	80
6		7	1,56	0,76	0,13	6,45	145,62	65	95	75	105
4		7	1,96	1,02	0,15	8,22	232,62	85	125	95	140
3		7	2,20	1,02	0,15	8,95	288,14	100	145	110	165
2		7	2,47	1,02	0,15	9,76	357,49	115	170	130	190
1		19	1,69	1,27	0,18	11,33	460,73	130	195	150	220
1/0		19	1,89	1,27	0,18	12,36	569,79	150	230	170	260
2/0		19	2,13	1,27	0,18	13,50	707,59	175	265	195	300
3/0		19	2,39	1,27	0,18	14,80	882,09	200	310	225	350
4/0		19	2,68	1,27	0,18	16,30	1.101,60	230	360	260	405
250		37	2,09	1,52	0,20	18,04	1.314,00	255	405	290	455
300		37	2,29	1,52	0,20	19,44	1.564,00	285	445	320	505
350		37	2,47	1,52	0,20	20,74	1.815,00	310	505	350	570
400		37	2,64	1,52	0,20	21,94	2.063,00	355	545	380	615
500		37	2,95	1,52	0,20	24,14	2.562,0	380	620	430	700
750		61	2,82	1,78	0,25	29,10	3.740,00	475	785	535	885

Figura 8.2 Tabla de conductores eléctricos Industriales.

Fuente: [5].

8.6.2 Circuitos trifásicos

Pueden ser circuitos de 3 o 4 conductores. Considerando que los equipos están conectados equilibradamente entre fases o entre fase y neutro, la corriente se determina [11].

$$I_c = \frac{P_c}{\sqrt{3} * V_f * \cos\phi} \quad (8.13)$$

Donde:

V_f = Voltaje entre fases.

P_c = Potencia Activa que demanda la carga.

V_f = Voltaje de Fase.

$\cos \phi$: factor de potencia.

8.7 Factor de Potencia

El factor de potencia de una carga, que puede ser un elemento único que consume energía o varios elementos (por ejemplo, toda una instalación), lo da la relación de P/S, es decir, kW divididos por kVA en un momento determinado. El valor de un factor de potencia está comprendido entre 0 y 1 [18].

El valor mínimo de factor de potencia recomendado es de 0.92.

$$\cos \phi = \frac{P}{S} \quad (8.14)$$

Donde:

$\cos \varphi$: factor de potencia.

P : Potencia activa en kW.

S : Potencia aparente en kVA.

8.7.1 Causas de un bajo Factor de Potencia

La causa de que el factor de potencia disminuya con poca carga se debe a que la corriente de magnetización permanece prácticamente constante. Con el incremento de carga por arriba de la nominal, el factor de potencia disminuye porque aumenta el flujo de dispersión.

Consumo de energía superior al que se precisaría, de ser correcto el factor de potencia.

- Mayor valor de energía consumida.
- Consumen Mucha energía radiactiva
- Las bobinas de los aparatos de telemando
- Motores de que funcionan en vacío o a poca carga
- Motores sobredimensionados.
- Motores con velocidades pequeñas
- Motores a los que llega la tensión superior a la prevista.
- Elementos inductivos.

8.7.2 Elevación de Factor de Potencia

“Para mejorar el factor de potencia, es necesario reducir la energía reactiva de autoinducción a base de conectar condensadores a la red, (energía reactiva de capacidad)” [15].

La elevación del factor de potencia tiene una gran importancia como reducir pérdidas en los conductores y transformadores y ahorro de energía de forma notable.

El método de compensación más utilizado es el capacitor está formado por dos o más placas conductoras adyacentes separadas por hojas de materiales aislantes. Los capacitores tienen pequeñas pérdidas de energía que van desde 0.3 a 0.5% de su potencia nominal [19].

Calculo del capacitor:

Potencia reactiva a reducir en la Red, con los condensadores (P_{xc})

$$P_{xc} = kW(\operatorname{tg}\varphi_2 - \operatorname{tg}\varphi_1) \text{ en kVAr} \quad (8.15)$$

Donde:

kW = Potencia activa de la red.

$\varphi 1$ = Angulo que se desea obtener.

$\varphi 2$ = Angulo que se tiene y que se desea mejorar.

8.8 Determinación de pérdidas.

8.8.1 NIVELES DE VOLTAJE

Uno de los índices principales de la calidad de la energía eléctrica es el voltaje y, por lo tanto, este se debe ofrecer al usuario dentro de los límites normalizados. En las líneas de distribución y en otros elementos se presentan caídas de tensión que deben evaluarse con todo cuidado, con el propósito de que en las variaciones normales de carga el voltaje se mantenga dentro del rango normal [20].

Tabla 8.6 Niveles de voltaje.

Nivel de tensión – NT	Grupo	Voltaje de suministro en el punto
Baja		$NT < 0,6 \text{ Kv}$
Media		$0,6 \text{ kV} \leq NT \leq 40 \text{ kV}$
Alta	AT2	$40\text{kV} < NT \leq 138 \text{ Kv}$
	AT2	$NT > 138 \text{ Kv}$

Fuente: [21].

Regulación de Caída de Voltaje

$$\Delta V_k(\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100 \quad (8.16)$$

Donde:

ΔV_k : Variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo K de 10 minutos.

V_k : Voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición K de 10 minutos.

V_n : Voltaje nominal en el punto de medición.

Mediciones

“La calidad de voltaje se determinara como las variaciones de los valores eficaces (rms) medidos cada 10 minutos, con relación al voltaje nominal en los diferentes niveles” [22].

Límites de variación de voltaje.

En la siguiente tabla emite los voltajes de acuerdo a su valor nominal para cada nivel de voltaje.

Tabla 8.7 Límite de porcentaje de variación de voltaje.

Nivel de Voltaje	ΔV
Alto Voltaje	$\pm 5\%$
Medio Voltaje	$\pm 8\%$
Bajo Voltaje urbanas	$\pm 8\%$
Bajo voltaje rurales	$\pm 10\%$

Fuente: [22].

Desbalance de Voltaje

La norma IEE 1159-1995 define el desbalance de voltaje de un sistema trifásico como la máxima desviación de la tensión que una de las fases de la tensión promedio dividido por la tensión promedio de las tres fases. [23].

$$\% \text{ PUR} = \frac{\text{maxima desviación del valor de promedio del voltaje de fase}}{\text{voltaje de fase promedio}} * 100 \quad (8.17)$$

Donde:

%PUVR = Porcentaje de desbalance de voltaje de Fase.

Límite de desbalance de voltaje

Límite de desbalance de voltaje

La norma europea EN 50160 establece que, tanto para baja tensión como para media tensión, en condiciones normales de explotación, para cada periodo de una semana, el 95% de los valores eficaces promediados en 10 minutos de la componente inversa de la tensión de alimentación debe situarse entre el 0% y el 2% de la componente directa. Se establece la salvedad, en baja tensión, que en algunas regiones equipadas con líneas parcialmente monofásicas o bifásicas, los desequilibrios pueden alcanzar el 3% en los puntos de suministros trifásicos” [24].

Desbalance de corriente

El desbalance de corrientes es cuando no circulan las mismas corrientes por cada fase provocando sobrecargas en los conductores y protecciones y circulan corrientes por el neutro la norma UNE-EN-50160 una tolerancia del 10% del valor registrado.

$$D(\%) = \frac{I_m - I_{pro}}{I_{pro}} * 100 \quad (8.18)$$

Donde:

D% = Porcentaje de desbalance de corriente.

I_m = Corriente máxima entre la tres fase: A, B y C.

I_{prom} = Corriente promedio entre las tres fases.

8.8.2 Índice de Calidad

Uno de los índices principales de la calidad de la energía eléctrica es el voltaje y, por lo tanto, este se debe ofrecer al usuario dentro de los límites normalizados. En las líneas de distribución y en otros elementos se presentan caídas de tensión que deben evaluarse con todo cuidado, con el propósito de que en las variaciones normales de carga el voltaje se mantenga dentro del rango normal [25].

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * (R * I * \cos \varphi) * L}{100 * \# \text{conductores por fase}} \quad (8.19)$$

Donde:

R: resistencia del conductor (Ω).

I: corriente nominal (A).

X: reactancia del conductor (Ω).

φ : Angulo del factor de potencia de carga.

L: Longitud (m).

8.8.3 Determinación de corriente de cortocircuito.

La selección de conductores por cortocircuito para seleccionar la sección técnicamente estable en corto circuito del cable es necesario conocer el valor de la corriente permanente de corto circuito y el tiempo probable que pasara dicha corriente a través de él [25].

$$I_{cc} = \frac{\# \text{conductores por fases} * kV * 1000 * 1000}{\sqrt{3} * \sqrt{R^2 + X^2} * L} \quad (8.20)$$

Donde:

I_{cc} : Corriente del conductor (A).

R : Resistencia (Ω).

X : Reactancia del conductor (Ω).

L : Longitud (m).

8.9 Instrumento para Medición

8.9.1 Fluke 435

El registrador Fluke 435 es el medidor de potencia ideal para los electricistas o técnicos, ya que permite realizar estudios de la energía eléctrica y registros de datos básicos de la calidad eléctrica. Configure el registrador en segundos gracias a su pantalla en color y a sus sondas de corriente flexibles. Además, el analizador de calidad eléctrica es capaz de medir la inmensa mayoría de los parámetros de energía eléctrica y armónica, y de capturar eventos de tensión. Estos medidores de calidad de energía trifásica lo ayudan a localizar, predecir, prevenir y solucionar problemas en los sistemas de distribución de energía. Estas herramientas de calidad de energía fáciles de usar son "imprescindibles para cualquier persona que mantenga o solucione problemas de energía trifásica [26].



Figura 8.3 Analizador Fluke.

Fuente: [26]

- **Solución de problemas en primera línea:** diagnostique rápidamente los problemas en la pantalla para volver a poner su operación en línea.
- **Cumplimiento de la calidad del servicio:** valide la calidad de la energía entrante a la entrada del servicio.

- **Estudios de carga:** verifique la capacidad del sistema eléctrico antes de agregar cargas.
- **Evaluaciones de energía:** cuantifique el consumo de energía antes y después de las mejoras para justificar los dispositivos de ahorro de energía.

8.10 Programas

8.10.1 Software de simulación

Durante 30 años, ETAP ha sido la solución empresarial más completa y ampliamente utilizada para el diseño, simulación, operación, control, optimización y automatización de la generación, transmisión, distribución y sistemas industriales de potencia. En ETAP para realizar sus proyectos más exigentes, sin importar el sector. Es una solución para alta y baja tensión, corriente continua y alterna, trifásica y monofásica, desequilibrada o equilibrada, etc. Su carácter modular le permite ajustarse a las necesidades de cada cliente, pudiendo ampliar en cualquier momento la capacidad de su software.

Esta herramienta dispone de una gran cantidad de módulos como son:

- Redes AC o DC.
- Tendido y rutado de cables.
- Redes a tierra.
- Coordinación y selectividad de protecciones.
- Diagramas de control de sistema AC Y DC.

Dentro las empresas e industrias, los operadores y gerentes utilizan ETAP para supervisar, controlar y optimizar, los sistemas de potencias propias de la actividad en la cual se desempeña.



Figura 8.4 Programa ETAP.

Fuente: Software [27]

9. HIPÓTESIS.

Si se realiza las mediciones y se determina la cargabilidad que tiene los transformadores de la empresa INPLASTICO entonces se podrá conocer si es factible la incorporación de un nuevo equipamiento o la selección de un nuevo transformador.

Variable Independiente: Carga Instalada

Tabla 9.1 Variable Independiente.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Es la suma de las potencias nominales individuales de todos los elementos consumidores de energía de la instalación eléctrica.	Análisis de la demanda eléctrica	Potencia Activa Potencia Reactiva Potencia Aparente	[W] [VAR] [VA]	Observación software Excel. Medición Analizador Fluke 435.
	Variaciones y desbalances de voltajes y corrientes	Variación de voltaje. [V] Índice de desbalance de voltaje y corriente. [V][I]	kV %	Software ETAP y Excel.
	Factor de utilización de los transformadores. $Kc = \frac{P_{inst}}{Pr}$	Factor de potencia, Cos ϕ Variación de Potencia. Variación de Energía. [ΔE] min y max. Energía consumida en un intervalo de tiempo [E].	% ΔkW kWh kWh	Por formulas y en la simulación.

Variable Dependiente: Disponibilidad del transformador.

Tabla 9.2 Variable Dependiente.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
<p>Es la capacidad que tiene el elemento de brindar potencia a sus cargas.</p> <p>Los transformadores se diseñan para tener la máxima eficiencia con capacidad del orden del 70% de la nominal, puesto que pasan más tiempo con cargas de este orden que con las nominales.</p>	Capacidad del transformador.	Potencia Activa Potencia Reactiva Potencia Aparente	[W] [VAR] [VA]	Observación de datos de placa.
	Pérdidas de potencia.	Factor de potencia. $\cos \phi$ Variación de Potencia.	[%] [ΔkW]	Software ETAP y Excel.
	Pérdidas de Energía.	Energía consumida en un intervalo de tiempo.	[kWh min.] [kWh Max.]	Software ETAP y Excel.

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En la presente investigación, se realiza un estudio del sistema eléctrico conectado en la empresa INPLASTICO de la ciudad de Latacunga, en todos sus bloques, tanto técnicos como administrativos, determinando todos los parámetros y factores eléctricos necesarios en nuestra investigación, y las técnicas, métodos y tipos de investigación estarán directamente relacionados al estudio.

Tipos de investigación.

Investigación bibliográfica.

Se la realizo mediante la recopilación de información en libros, artículos científicos, páginas web, tesis y papers dedicados a sistemas eléctricos industriales siendo de guía para la realización de nuestra investigación. Además, manuales de las maquinarias instaladas en la empresa como son: Compresores, Secadoras, Fajilla doras, Inyectores, Molinos, Sopladoras.

Investigación descriptiva

Con el fin de describir nuestro proyecto, se dividió en tres fases para la recolección de datos: la primera fase el levantamiento de cargas, la realización del diagrama unifilar de la empresa, la segunda fase la instalación del analizador Fluke 435 en el tablero de distribución general o principal hacia las cargas, finalizando con la tercera fase que es el análisis e interpretación de resultados para introducir el levantamiento de carga en el software ETAP y así poder brindar una propuesta sobre si los transformadores están en la capacidad de asumir más carga de nuevas maquinarias en la industria.

Investigación de campo.

Se la utilizo para la recolección de parámetros eléctricos en el área de trabajo en horario laborable, en donde todas las líneas de proceso se encuentran en funcionamiento. Así también se pudo interactuar con el personal técnico de la empresa, la cual nos expuso en síntesis el proceso de fabricación de envases de plástico y nos dio a conocer las necesidades eléctricas que se podrían venir con la instalación de las nuevas líneas de proceso a conectarse.

Para el desarrollo del presente trabajo, es obligatorio contar con información exacta y actualizada, debido a que los resultados dependerán de estas, en ese sentido la realización del diagrama unifilares de suma importancia, para ello se realizara levantamiento de información,

principalmente nos enfocaremos en las capacidades de los transformadores, el calibre de los conductores, y mediante el FLUKE se podrá contar con los valores de las cargas conectadas a cada transformador y por ende la carga total. Para la realización se necesita parte de una base teórica que servirá como fundamento, para el proceso del análisis que permite la determinación de la adquisición de un nuevo transformador está fundamentado en la información contenida en tesis, libros, proyectos y publicaciones que han sido publicados sobre la temática tratada.

Método inductivo.

El método inductivo es utilizado para recopilar y enlistar las cargas instaladas actualmente y las que están por instalarse en la empresa INPLASTICO, con lo expuesto se logra tener conclusiones y recomendaciones referentes al porcentaje de cargabilidad y el factor de utilización de los dos transformadores de 200 kVA.

Método deductivo.

Con el método deductivo se logra tener la cargabilidad de los dos transformadores de 200 kVA para así conocer el porcentaje de carga de estos en función de la carga que actualmente está instalada expresada en kVA. Con esto verificaremos si estos transformadores soportaran las nuevas cargas a incorporar. Adicionalmente se logra realiza el levantamiento eléctrico con las nuevas maquinarias para realizar el diagrama unifilar y con esto simularlo en el software ETAP.

Método analítico.

Con la ayuda de este método nos ayudó a tener una metodología para el análisis entre las mediciones que se obtienen mediante el analizar de caga Fluke 435 y las cargas encontradas con la ayuda del método inductivo. Que nos ayudaran a dimensionar y diseñar las variables eléctricas en el área donde se instalaran las nuevas máquinas.

Método descriptivo.

Con la recolección, tabulación y análisis de datos se precederá a realizar una presentación esquemática pudiendo conocer los resultados propios de la investigación.

Instrumentos.

Analizador Fluke 435

El registrador Fluke es el medidor de potencia ideal para los electricistas o técnicos, ya que permite realizar estudios de la energía eléctrica y registros de datos básicos de la calidad eléctrica.

Me permite medir todos los parámetros eléctricos a tiempo real.

Programa AutoCAD.

Me permite realizar los diferentes diagramas eléctricos unifilares necesarios para mi estudio de la empresa INPLASTICO.

Programa ETAP.

Durante 30 años, ETAP ha sido la solución empresarial más completa y ampliamente utilizada para el diseño, simulación, operación, control, optimización y automatización de la generación, transmisión, distribución y sistemas industriales de potencia.

Me permitirá simular con datos reales obtenidos del analizador de red el funcionamiento eléctrico de la empresa INPLASTICO.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

11.1 Generalidades de la empresa INPLASTICO.

La empresa legalmente constituida, que se encuentra ubicada en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, dedicada desde el 15 de octubre del 2010, a la fabricación de productos plásticos tales como: envases de distintos tamaños, utilizados en la industria láctea, agropecuaria y química de acuerdo con los requerimientos de mercado, las conocidas bebas, refrescos de funda y demás artículos de plástico. Hoy en día la empresa INPLASTICO se encuentra laborando en sus instalaciones, con una extensión aproximadamente de 8.851.78 mts^2 , en donde se realiza el diseño y la fabricación de los envases plásticos. La empresa está dividida en varias áreas como muestra en la ilustración.

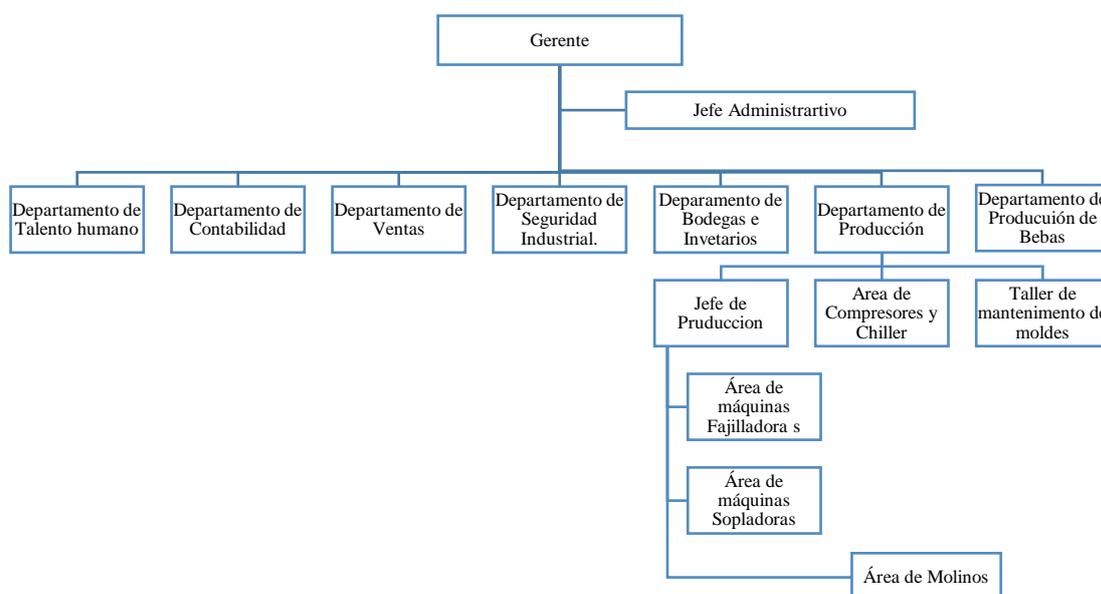


Ilustración 11.1 Distribución de Departamentos de la Empresa INPLASTICO.

Su jornada laboral son las 24 horas de lunes a viernes con turnos rotativos para sus empleados. En estos años se ha presentado la necesidad de incrementar su trabajo debido a la demanda que se ejerce hacia sus productos, tales como tarrinas plásticas, envases de yogurt, tapas de envases, vasos plásticos entre otras, viéndose en la necesidad de realizar una inversión y adquirir nueva maquinaria las cuales ya se encuentran junto al hangar de bebas donde sería su área de trabajo para de esta forma, satisfacer las necesidades de mercado y demostrar su compromiso hacia sus clientes.

11.1.1 Análisis de las actividades del proceso de elaboración de envases plásticos.

Recepción de materia prima.

Esta actividad es una de las más importantes dentro del proceso, ya que, de no existir el aprovisionamiento de la materia prima para ser procesada, las demás actividades serían una pérdida de tiempo, dinero para la empresa, por esta razón INPLASTICO toma seriamente esta actividad, siendo así que el jefe de producción revisa el inventario tanto de materia prima como de producto

terminado en la noche del día anterior al día de labor, para no tener ningún percance tanto en no poseer materia para producir como en saber qué tipo de producto está agotándose del stock o que pedido solicito el cliente. De esa manera se garantiza la distribución de materia prima para las áreas de soplado e inyectado dentro de la empresa.

Cambio de molde

Dada a la planificación antes mencionada por el jefe de producción de INPLASTICO se determina qué tipo de producto será el producido durante el día. De esta manera se comunica al personal operativo para que realice el cambio de molde tanto en la maquinaria de soplado como en la de inyección de ser necesario se lo reemplaza por la matriz a producir de otra manera se continua con la misma del día anterior hasta completar el número de unidades planificadas por el encargado de Producción.

Se almacenan estos moldes en estanterías donde son ordenados y codificados, para tener un fácil acceso a cada uno de ellos.

Soplado de envases.

Esta actividad se la realiza completando las dos primeras actividades en caso de haber colocado un molde distinto al del día anterior se realizan pruebas y calibraciones para que el producto cumpla con las características establecidas.

En la máquina de soplado se inserta la materia prima la cual es calentada con un tornillo sin fin conformado por unas niquelinas que calienta el material al punto exacto para luego ser

expulsadas en barras, las cuales son rígidas pero a la vez flexibles siendo aquellas colocadas en medio del molde, donde se inserta aire comprimido el cual abre en medio a las barras de plástico dando así la forma del molde en las paredes de la mismo, este se encuentra rodeado de un circuito de enfriamiento, el que ayuda a conservar la forma del envase para luego ser expulsado a un costado de la maquina esto en el caso de la sopladora.

Inyección de tapas.

Para la inyección de las tapas de los envases la materia prima se calienta en un tornillo sin fin calentado por niquelinas las cuales calienta el material para luego ser expulsado y llenado en el molde, donde este también posee un método de enfriamiento para solidificar la pieza en este caso la tapa, la misma que expulsada por aire comprimido del molde y es arrojada a un costado de la inyectora.

Control de calidad.

Tanto para el producto procesado de la máquina de soplado como la inyectora se realiza un control de calidad visual del producto en el momento en el cual es retirada de rebaba (excesos de material) para proceder a almacenarlo o etiquetarlo ya sea el caso. En lo referente a control de calidad se retiran las unidades que no se encuentren bajo los parámetros establecidos, estos desperfectos pueden ser diferencias de color del envase producto mal soplado o inyectado, producto contaminado por contacto con fluidos de maquinaria o humanos.

Molido

El producto que no cumpla con los parámetros del control de calidad es enviado a el área de molido donde es reutilizado de acuerdo al desperfecto que este tenga en caso contrario es enviado a reciclaje para venderlo para otro tipo de usos.

Etiquetado

En la máquina de etiquetado del producto se coloca un tipo de funda impresa la cual es colocada en el exterior del envase donde pasa por un túnel donde se calienta la funda y esta se acopla al envase quedando así este con su respectiva etiqueta de acuerdo con el cliente y su diseño solicitado.

Empacado.

El producto terminado se lo empaca contabilizado tanto envases como tapas en fundas selladas para garantizar la esterilización del producto. Estos empaques son codificados para colocar en la bodega de producto terminado sin generar inconvenientes entre productos. Una vez colocada la etiqueta se procede a empacar los envases siendo estos colocados en fundas con una cantidad de 100 unidades.

Almacenado.

El producto sellado es llevado al lugar de almacenaje donde este es copilado en pales, específicamente ordenados por tipos productos.

El almacenaje es otro punto clave dentro del proceso de elaboración de envases ya que la empresa mantiene siempre un stock de productos de sus clientes potenciales, esto se da gracias a la planificación del jefe de producción. El almacenado de las tapas se realiza por colores para que cada cuando el cliente realice la compra sea despachado su producto en poco tiempo. Los envases son apilados por tipo de producto, en la bodega de producto terminado.

Todo este proceso se encuentra resumido en un diagrama de flujos en el (Anexo 1).

11.2 Situación actual del sistema eléctrico.

La red de medio voltaje que suministra a la empresa INPLASTICO proporcionada por la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A. (ELEPCO SA), con una red trifásica desde la Subestación San Rafael – 02SR, con alimentador primario 02SR13B1S1 – Brigada Patria - La Calera hasta pasar por la planta industrial a un nivel de voltaje de 13,8 [KV] entre fases alimentando de esta manera a los transformadores de 200 kVA 13.8 kV/220 V y 200 kVA 13.8 kV/440 V trifásicos de marca TRANSUNEL ubicados en una cámara de transformación de estructura de hormigón de 4 metros cuadrados acorde al manual del ministerio de electricidad y energía renovable (MEER), para instalación interior, con sus equipos de protección y seccionamiento para dicho nivel de voltaje.

Desde la acometida de la empresa eléctrica existe una distancia de 30 mts hasta la cámara de transformación en donde se encuentran ubicados los dos transformadores. Desde ahí se distribuye toda la energía eléctrica hacia todas las cargas conectadas en la empresa.

La acometida del transformador de 200 kVA 13.8 kV/220 V se encuentra de la siguiente manera:

Desde la cámara de transformación en donde se encuentra ubicado el transformador de 200 kVA 13.8 kV/220 V con una distancia de 3 metros desde el secundario del transformador a 220/127 voltios se dirige a el Tablero de Distribución General (TDG) con un conductor tipo THHN Cu 3 x 2/0 AWG, el calibre del conductor neutro es THHN Cu 1 x 2/0 AWG. Hay que añadir que a este transformador se encuentra conectado un banco de capacitores de 25 kVAR.

Desde el TDG a nivel de 220/127 V se distribuyen para los siguientes tableros:

El primer tablero a una longitud de 15 metros a 220 V desde el Tablero de Distribución General (TDG) hacia el subtablero del área de Chiller y Compresores con un conductor de tipo THHN Cu 3 x 1/0 AWG, el calibre del neutro es THHN Cu 1 x 1/0 AWG.

El segundo tablero ubicado en los departamentos residenciales, desde el secundario del transformador a 220/127 V con una distancia de 150 metros con conductor tipo THHN Cu 3 x 1 AWG, el calibre del neutro es tipo THHN Cu 1 x 1 AWG.

El tercer tablero o tablero general de producción que va desde el del transformador hacia el hangar de producción a 220 V con una longitud de 100 metros con conductor tipo THHN Cu 3 x 250 MCM, el calibre del conductor neutro es tipo THHN Cu 1 x 4/0 AWG.

Ahora la acometida del transformador de 200 kVA 13.8 kV/440 V se encuentra de la siguiente manera:

De la cámara de transformación en donde se encuentra ubicado el transformador de 200 kVA 13.8 kV/440 V con una distancia de 3 metros desde el secundario del transformador a 440/220 voltios se dirige al Tablero de Distribución General (TDG) con un conductor tipo THHN Cu 3 x 350 MCM, el calibre del conductor neutro es THHN Cu 1 x 350 MCM.

Desde el TDG a nivel de 440/220 con una distancia de 15 metros llega al tablero 1 destinado al hangar de Compresores y Chiller con conductor tipo THHN Cu 3 x 1/0 AWG, el neutro es THHN Cu 1 x 1/0 AWG.

Desde el lado secundario del transformador de 200 kVA 440/220 con una longitud de 85 metros con conductor tipo THHN Cu 3 x 1/0 AWG, el conductor neutro es THHN Cu 1 x 1 AWG, llega hasta un transformador reductor 440/380 V de 100 kVA marca CHINA, que del lado del secundario con una longitud de 15 metros se dirige hacia el tablero número 2 de 380 V con conductor tipo THHN Cu 3 x 1/0 AWG.

Desde el lado secundario del transformador de 200 kVA 440/220 con una longitud de 100 metros con conductor tipo THHN Cu 3 x 2 AWG, el conductor neutro es THHN Cu 1 x 2 AWG, llega hasta el subtablero de producción.

11.3 Informe de carga instalada por tablero, del transformador de 200 kVA (13,8 kV/220V).

Esta información se lo recoge mediante el levantamiento de carga por tablero de toda la empresa que se detalla en las tablas del anexo 3, para después resumir las cargas por tableros como se muestra en la (tabla 11.2) y en la (figura 11.2)

Tabla 11.1 Resumen de potencia de cada tablero a 220 V.

CARGAS	POTENCIA (kW)	FACTOR DE POTENCIA TÍPICO	POTENCIA APARENTE (kVA)	PORCENTAJE (%)	POTENCIA ACTIVA TOTAL (kW)	POTENCIA APARENTE TOTAL (kVA)
Tablero #1	11,7	0,97	12,06	5,41	216,16	223,12
Tablero #2	71,49		74,01	33,16		
Tablero #3	70,14		72,30	32,40		
Tablero #4	32		32,98	14,78		
Tablero #5	13,23		13,63	6,11		
Tablero #6	6,6		6,80	3,05		
Tablero #7	1		1,03	0,46		
Tablero #8	10		10,31	4,62		
TOTAL	216,16	0,97	223,12	100%		

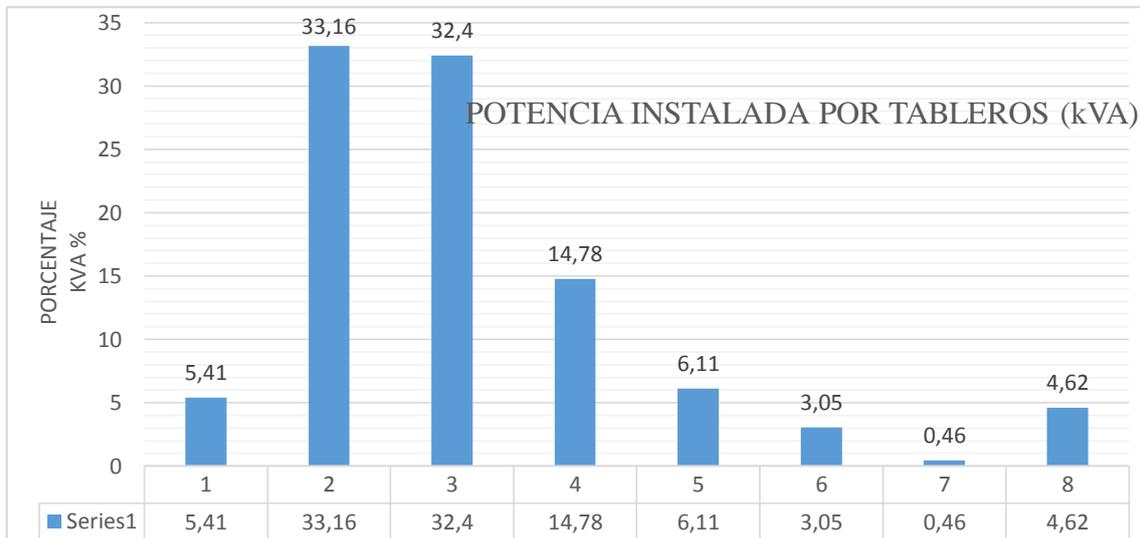


Figura 11.2 Potencia instaladas por tablero (kVA).

11.3.1 Mediciones Realizadas.

Las mediciones se las realiza mediante el analizador de carga Fluke 435 en intervalos de 10 minutos mediante 5 días consecutivos que opera la empresa, según dice la regulación del CONELEC (ARCONEL) 004/01 para garantizar eléctricamente la calidad en el producto. Los datos recopilados por el analizador son de mucha importancia ya que permitirán conocer el

comportamiento de la curva diaria que se obtiene con la medición realizada en los bornes del secundario de los transformadores, obtener la cargabilidad del transformador de 200 kVA 13.8 kV/220 V, además se verán los desbalances de voltaje y corriente por fase de cada uno de los transformadores y estimar las condiciones se encuentra el sistema de suministro eléctrico.

11.3.2 Curva de carga diaria del transformador trifásico de 200 kVA (13.8 kVA/220 V).

Esta curva representa el comportamiento del sistema eléctrico conectado a los bornes del secundario del transformador. Realizamos la medición y descarga de datos con el analizador Fluke 435 y se procede a realizar mediante el método de análisis los histogramas de frecuencia en donde se obtiene los valores que más se repiten en un intervalo de 10 minutos, obteniendo la curva promedio de lunes a viernes que labora la empresa. Para esto se realiza los histogramas de frecuencia desde el día 22/1/2018 hasta el 26/1/2018, estos histogramas se los realiza de la siguiente manera, a forma de ejemplo colocamos la (Tabla 11.2).

Tabla 11.2 Ejemplo de la realización del histograma.

HORA	6		Intervalos de clase					
# datos	30		Límite Inferior	Límite Superior	Clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %	Frecuencia R. Acumulada %
valor max	51,26		27,59	32,324	32,324	6	20,00%	20,00%
valor min	27,59		32,324	37,058	37,058	5	16,67%	36,67%
Rango	23,67		37,058	41,792	41,792	3	10,00%	46,67%
# intervalos (sturger)	5,906996808	5	41,792	46,526	46,526	7	23,33%	70,00%
amplitud de clase	4,734	4,734	46,526	51,26	51,26	9	30,00%	100,00%

En la (Anexo 4) se muestra la representación de los datos de potencia de la curva de carga diaria del transformador durante la semana operativa de la empresa desde el día 22/1/2018 hasta el día 26/1/2018 evidenciando un valor máximo de registro de 145,61 kW en la hora 1:00, un valor mínimo de 95,64 kW y un valor promedio de 126,47 kW durante las 24 horas.

La carga máxima se da a las 01:00 am con 145.61 kW debido a que la empresa arranca con todas sus sopladoras, inyectoras, compresores, chiller, iluminación, molinos bomba de agua en si con todo su equipo productivo ya que su mayor consumidor de envases de yogurt Alpina S.A. recibe su producto en la mañana, además trabajan a esa hora porque según la regulación Del Pliego Tarifario 2018 emitido por el ARCONEL se está trabajando en hora Valle y por ello se recibe un incentivo económico de reducción en la factura mensual. En la (Figura 11.3) se observa el comportamiento de la curva diaria de transformadores de 200 kVA-13,8 kV/220 V

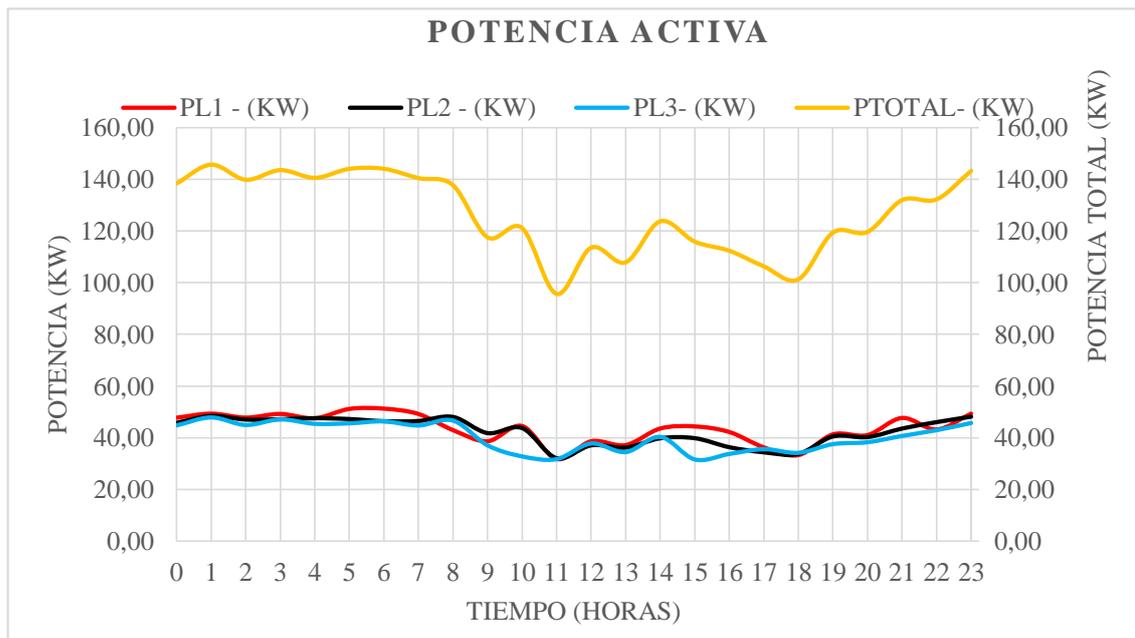


Figura 11.3 Comportamiento de la curva diaria de transformadores de 200 kVA-13,8 kV/220 V.

A continuación en el (Anexo 5) se observa que el comportamiento de la curva con las tres potencias de carga diaria del transformador trifásico de 200 kVA-13.8 kV/220 V que alimenta a la empresa tiende a ser industrializado ya que su potencia de línea se comparte casi uniforme en sus 24 horas.

Se observa que la potencia reactiva con relación a las demás potencias se encuentra por debajo, reflejando que el sistema no está inyectado reactivos encontrándose en condiciones óptimas de funcionamiento.

11.3.3 Límites de voltaje registrados del secundario del transformador trifásico de 220 kVA-220 V.

En el (Anexo 6) se indica los voltajes por fase recopilados por el analizador conectado al secundario del transformador, determinando el índice de variación de voltaje establecido por la regulación 004/01 emitida por el ARCONEL.

Los límites de voltaje que se observa en la (Figura 11.4) se puede apreciar que están dentro de los rangos del $\pm 8\%$ del nivel de voltaje base que es 127 voltios, que dicta la regulación ARCONEL 004/01 para la zona urbana, concluyendo que el sistema está dentro de los límites permitidos. En la medición realizada se registraron un voltaje máximo de 131,90 V en la línea 1 a las 17:00, 130,42 en la línea 2 a las 14:00 y 130,02 en la línea 3 a las 18:00 los cuales no están por encima del límite establecido por el ARCONEL. Además, se registraron valores mínimos en la línea 1 de 127,17 V dado a las 10:00 am, en la línea 2 tenemos 126,23 ocurrido a las 10:00 am y en la línea 3 de 126,10 ocurrido a las 04:00 am, finiquitando que no existen valores por debajo del 8% del voltaje nominal establecido por el ARCONEL, definiendo que el sistema se encuentra en buenas condiciones de voltaje.

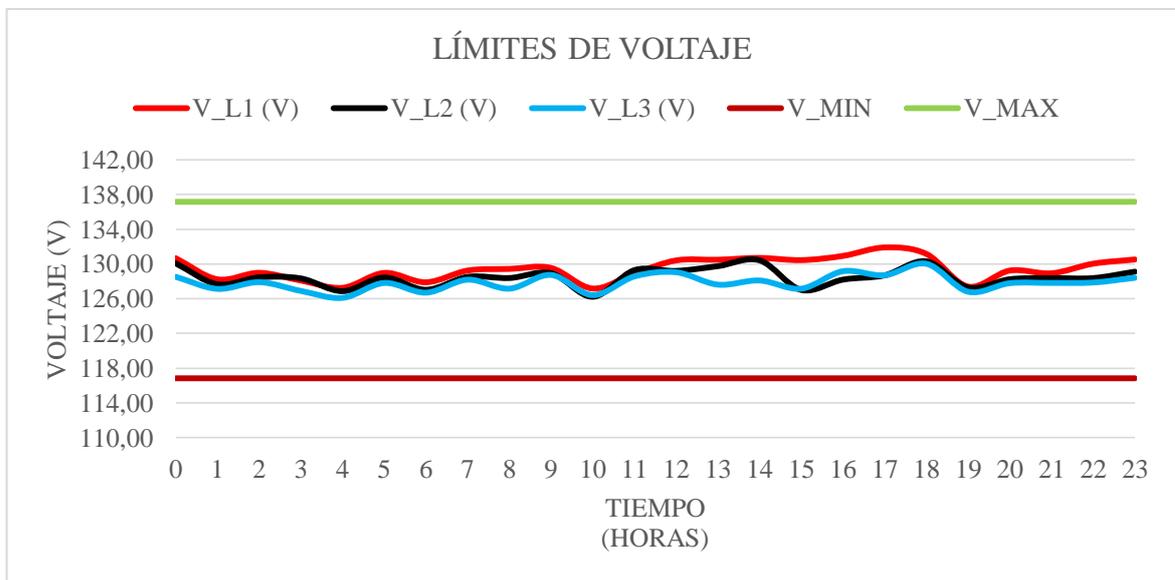


Figura 11.4 Límites de voltaje.

11.3.4 Factor de Potencia.

Según el pliego tarifario emitido por el ARCONEL a enero 2018 establece que el factor de potencia como mínimo es de 0,92 y observamos en nuestro sistema dos eventos máximo, mínimo durante las 24 horas mostrado en la (Figura 11.5) siendo el valor máximo dado a la hora 0:00 am con un factor de potencia de 0,98 debido a que en esta hora entran a operar la

mayoría de equipos y conforme van entrando al sistema, el banco de capacitores de 25 kVAR conectado, ingresa y mejora el factor de potencia además de que la mayoría de los equipos contienen niquelinas y estas son consideradas como cargas resistivas. El valor mínimo registrado es a las 23:00 con un factor de potencia de 0,94 debido a que a esa hora solo se encuentran trabajando compresores, bomba de agua, chiller, iluminación y molinos. Como resultado de esto se obtiene un factor de potencia promedio del sistema de 0,97 dentro de las 24 horas.

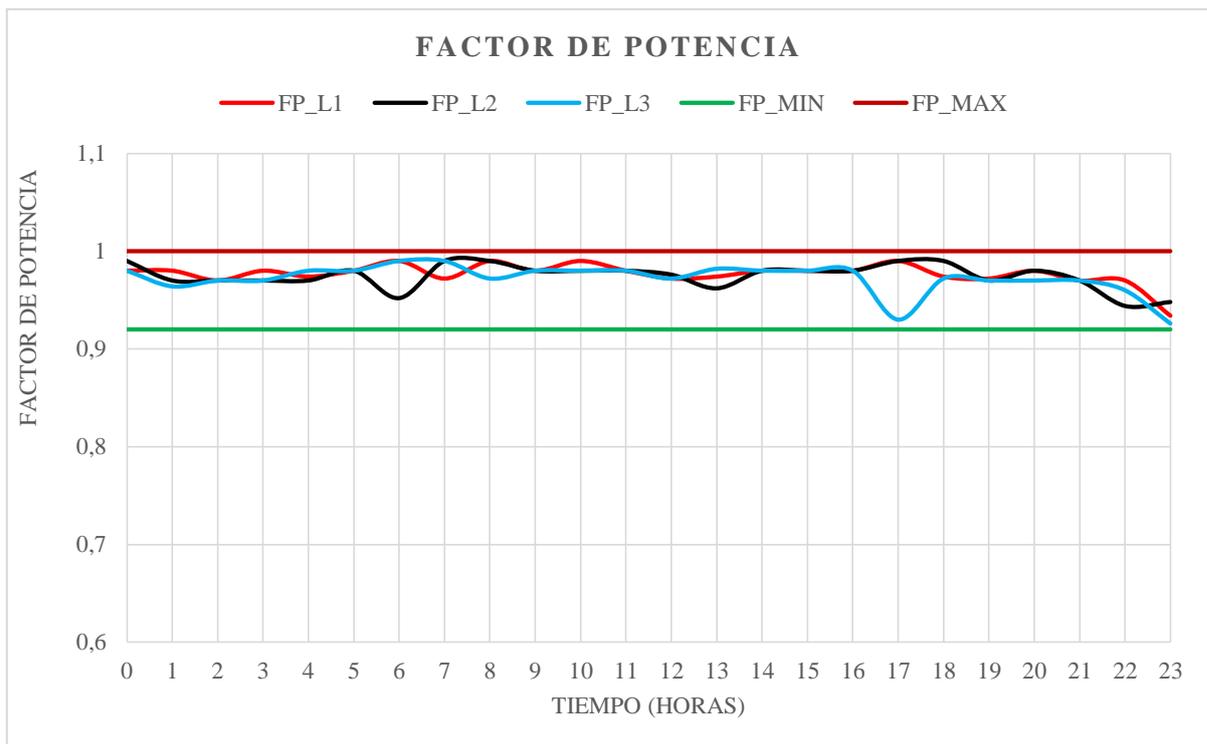


Figura 11.5 Factor de Potencia.

11.3.5 Perfil y desbalance de voltaje.

De acuerdo con el periodo de medición realizado desde el 22/1/2018 hasta el 26/1/2018 se saca un promedio total mostrado en un día típico con los valores que más veces se repiten.

El desbalance de voltaje suscitado en los bornes del secundario se determina mediante la ecuación de la norma europea EN 50160 que establece como límite de desbalance hasta de un 3% admitido. En el (Anexo 7) se muestra los desbalances por fase dados en el secundario del transformador de 200 kVA, reflejando como desbalance máximo a la línea 1 un valor de 131,90 a las 17:00, en la línea 2 un valor máximo de 130,42 a las 14:00 y en la línea 3 de 130,02 a las 18:00.

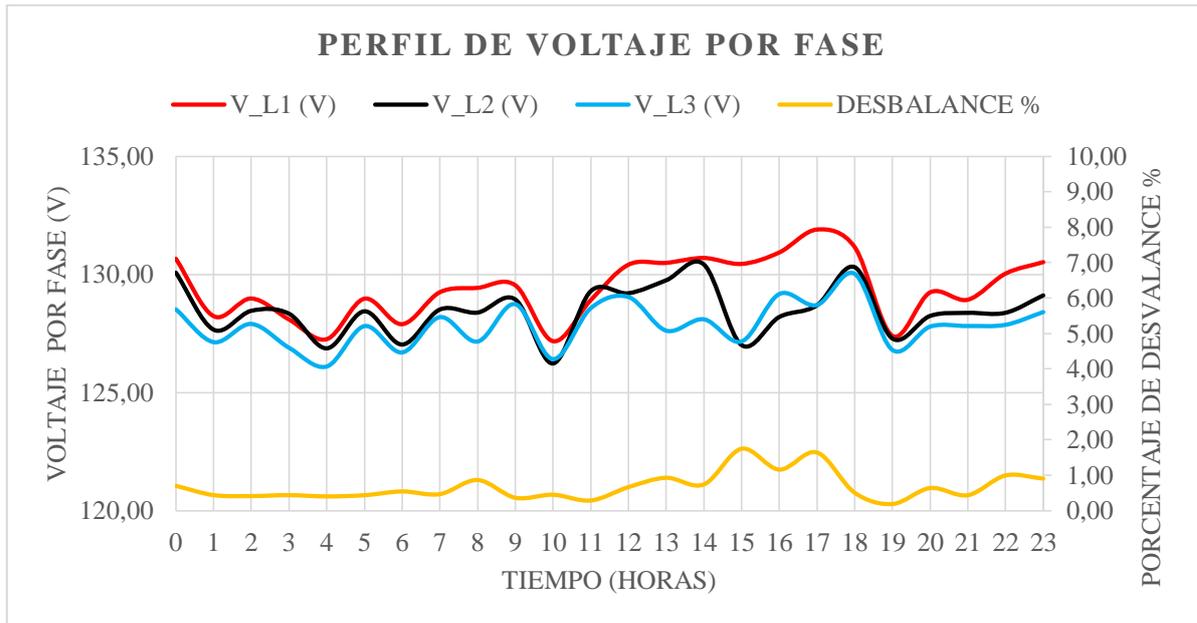


Figura 11.6 Perfil de voltaje por fase.

En la (Figura 11.6) podemos apreciar que los dos máximos desbalances que se representan a la hora 14:00 con 1,75% y a la hora 17:00 con 1,64%, el valor mínimo que se presenta a la hora 19:00 con un 0,19% y un valor promedio típico de un día de 0,68, dichos valores se encuentran por debajo de la norma europea EN 50160 que me permite hasta un 3% de desbalance.

11.3.6 Perfil y desbalance de corriente en el secundario del transformador trifásico de 200 kVA.

El desbalance de corriente es medido en el mismo periodo de el voltaje realizado desde el 22/1/2018 hasta el 26/1/2018 se saca un promedio total mostrado en un día típico con los valores que más veces se repiten.

En el (Anexo 8) se muestra las corrientes por fase de cada hora obtenidos a través del analizador Fkuke 435 en el secundario del transformador trifásico de 200 kVA, mostrando que el valor de desbalance de corriente no sobrepasa el 10%.

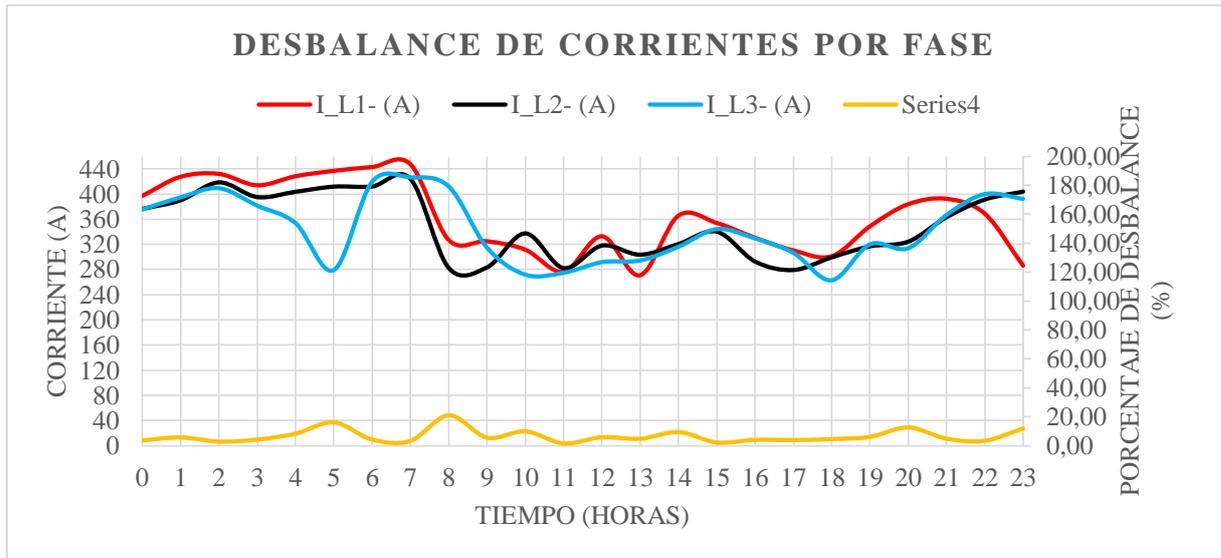


Figura 11.7 Corrientes por fase.

El desbalance de corriente mostrado en la (Figura 11.7) de las tres líneas tomado del secundario del transformador de 200 kVA tiene un valor máximo de 447,28 A que representa el 21,02% en la hora 07:00 am, un valor mínimo de 282,32 A que representa el 1,59% a la hora 11:00 am y con ello se tiene un promedio durante el día típico de 375,40 A que representa el 6,71% estando por debajo del desbalance de corriente emitido por la norma UNE-EN50160 que es del 10%, como se muestra en la (Figura 11.10)

11.3.7 Determinación del factor de carga.

En la (Tabla 11.3) se muestra el factor de carga que pertenece al transformador de 200 kVA 13.8 kV/220 V, en donde la demanda máxima registrada es de 160,17 kVA que se da a las 07:00 am, una demanda mínima suscitada a las 11:00 de 104,34 y una demanda promedio que se da en un día típico de 134,75 kVA.

Tabla 11.3 Datos de potencia aparente por línea.

Hora	SL1 - (KVA)	SL2 - (KVA)	SL3- (KVA)	STOTAL - (KVA)
7	55,44	52,29	52,44	160,17
11	34,78	35,26	34,30	104,34
MAX	55,442	52,93	52,436	160,17
MIN	34,78	31,73	34,12	104,34
PROMEDIO	46,66	45,24	42,85	134,75

Para ello se utiliza la ecuación (8,2):

$$FC = \frac{\text{Demanda Promedio}}{\text{Demanda máxima}} = \frac{134,75 \text{ kVA}}{160,17 \text{ kVA}} = 0,84$$

Con esto decimos que el factor de carga es de 0,84, teniendo una curva de carga diaria sin muchas variaciones y valles.

11.3.8 Determinación del factor de utilización.

Esto se determina mediante la ecuación (8.4), siendo necesario los datos de la capacidad en kVA del transformador y la carga máxima presentada en el día típico.

- Capacidad del Transformador: 200 kVA
- Carga máxima: 160,17 kVA

De esta manera se expone dos conclusiones en las que se detallan a continuación:

- a) $F_u \leq 0,5$ entonces los transformadores se encuentran sub cargados.
- b) $F_u > 0,8$ entonces los transformadores se encuentran sobrecargados.

$$F_u = \frac{\text{Carga maxima}}{\text{Capacidad instalada}} = \frac{160,17 \text{ kVA}}{200 \text{ kVA}} = 0,80$$

El transformador se encuentra trabajando con un factor de utilización del 0,8 verificando que no se encuentra dentro del rango establecido y ya no se puede incrementar más carga.

11.3.9 Cargabilidad del transformador trifásico de 200 kVA 13.8 kV/220 V.

Esto se determina mediante la ecuación (8,9):

$$\% \text{ Cargabilidad} = \frac{S \text{ medida (kVA)}}{S \text{ transformador (kVA)}} * 100$$

$$\% \text{ Cargabilidad} = \frac{160,17 \text{ (kVA)}}{200 \text{ (kVA)}} * 100$$

$$\% \text{ Cargabilidad} = 80,0$$

Con esto observamos que el transformador se encuentra con una cargabilidad del 80% y no estando dentro del rango establecido ya que se encuentra sobrecargado sin poder ya incrementar carga futura y estando técnicamente en un estado crítico de cargabilidad.

11.3.10 Pérdidas del Transformador de 200 kVA (13.8 kV/220 V) de la empresa INPLASTICO.

Para determinar estas pérdidas se utiliza lo detallado anteriormente [28]. Lo propuesto por Mentor Poveda se aplica a todos los sistemas eléctricos que tengan que evaluar pérdidas resistivas por efecto Joule, que para el estudio se lo aplicaría en el transformador.

Para efectuar el cálculo de pérdidas de potencia se toma los registros de demanda tomados por el analizador Fluke 435 en el secundario del transformador, con datos de una semana laborable, que mediante los histogramas de frecuencia se lo redujo a un día promedio.

En la (Tabla 11.4) se muestra las fórmulas para calcular pérdidas en transformadores de diversas potencias.

Tabla 11.4 Fórmulas de pérdidas en vacío y bajo carga de transformadores.

TRANSFORMADORES	FORMULAS
Desde: 15 KVA hasta 150 KVA	$\sqrt{P_o} = 10,514 * P_n^{0,7486}$
Mayores de: 150 KVA hasta 800 KVA	$P_o = 13,27 * P_n^{0,7093}$
Desde: 15 KVA hasta 150 KVA	$P_c = -0,0103 * P_n^2 + 13,892 * P_n + 106,65$
Mayores de: 150 KVA hasta 800 KVA	$P_c = 10,465 * P_n + 537$

Pérdidas de energía en el núcleo (Fe).

Las pérdidas en el núcleo se dan por el producto entre las pérdidas en vacío por el tiempo, como muestra la ecuación (8,6). Par esto necesitamos determinar las pérdidas en vacío del transformador de 200 kVA.

$$P_{energia} = (P_o * t)$$

Pérdidas en vacío.

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

$$P_o = 13,27 * 200 \text{ kVA}^{0,7093}$$

$$P_o = 568 \text{ W}$$

Resolviendo la ecuación decimos que:

Para el transformador de 200 kVA las pérdidas en vacío son de 568, y asumimos un tiempo de un año.

$$\text{tiempo} = \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = 8760 \text{ h}$$

Entonces:

$$P_{\text{energia}} = (0,568 * 8760)$$

$$P_{\text{energia}} = (4975,68 \text{ W año})$$

Pérdidas con carga.

$$P_c = 10,465 * P_n + 537$$

$$P_c = 10,465 * 200 \text{ kVA} + 537$$

$$P_c = 7712,705 \text{ W}$$

Estas pérdidas con carga son de 7712,705 W, son relacionadas directamente con la carga que está en operación.

Pérdidas en el cobre (Cu) o Perdidas resistivas.

Son las producidas por el efecto Joule efectuado en los devanados y que están directamente relacionados con la carga conectada al transformador de 200 kVA. Se determinan mediante la ecuación (8.5).

$$P_{cu} = (F_u)^2 * \Delta P_{cu \text{ nominal}}$$

$$P_{cu} = (0,80)^2 * 7712,705 \text{ W}$$

$$P_{cu} = 4936.13 \text{ W}$$

En el (Anexo 9) podemos observar las pérdidas resistivas medidas en el secundario del transformador calculado mediante lo establecido por Mentor Poveda, dándonos como una pérdida total de 39,292 kW semanal, esta potencia la obtenemos con la sumatoria de las pérdidas

en el hierro (Fe) y cobre (Cu). Según la regulación del pliego tarifario emitido por el ARCONEL 2018 debemos tener en cuenta que las pérdidas en el hierro (Fe) aún no están tomadas en cuenta para el su cobro y son omitidas, tan solo las empresas distribuidoras cobran de pérdidas en el cobre (Cu), siendo tan solo en el caso de INPLASTICO de 25,66 kW semana, y unas pérdidas mensuales de 102,64 kW mes.

En la (Figura 11.8) visualizamos que las pérdidas en el hierro (Fe) son constantes, y las pérdidas en el cobre (Cu) varían de acuerdo con la carga conectada. Las pérdidas totales son la sumatoria de las pérdidas en el hierro (Fe) y cobre (Cu).

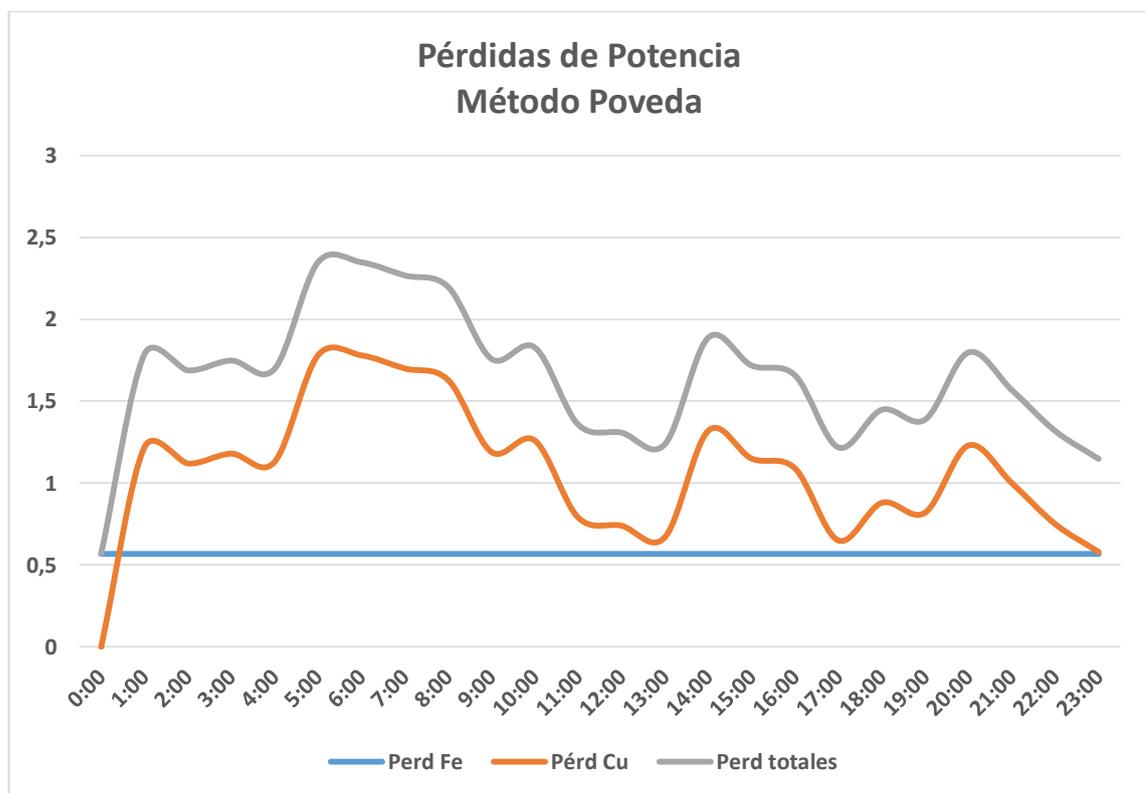


Figura 11.8 Porcentaje de Pérdidas.

Con esto podemos realizar un cálculo de pérdidas en dinero aproximado que está pagando la empresa INPLASTICO por sus cargas resistivas.

Decimos que; la empresa tiene unas pérdidas diarias de 25,66 kW día.

$$\text{Pérdidas Energía} = \frac{25,66 \text{ kW promedio semanal}}{1 \text{ semana}(120\text{h})} = 0,21 \text{ kWh}$$

$$\text{Pérdidas Energía} = 0,21 \text{ kWh} * 24\text{h} = 5,13 \text{ kW día}$$

$$\text{Pérdidas Energía} = 5,13 \text{ kW día} * 22 \text{ días} = 112,90 \text{ kW mes}$$

$$\text{Pérdidas Energía} = 112,90 \text{ kW mes} * 12 \text{ meses}(1 \text{ año}) = 1354,8 \text{ kW año}$$

$$\text{Pérdidas Energía} = 1354,8 \text{ kWh año} * 0.083\$ \text{ kWh}$$

$$\text{Pérdidas Energía} = 112,44 \$ \text{ año}$$

Con el cálculo determinamos que la empresa está pagando por pérdidas resistivas anualmente la cantidad de 112,44 dólares americanos.

11.3.11 Simulación del sistema actual de la red del transformador de 200 kVA (13,8 kV/220 V) de la empresa INPLASTICO en el software ETAP 12.6.0.

Mediante el levantamiento de carga de los equipos conectados en la empresa se realizó la actualización del diagrama unifilar que se muestra en el anexo 10 para con esto poder realizar la simulación del sistema en estado actual como muestra la (Figura 11,9) pudiendo efectuar el análisis del sistema mediante los reportes que nos da el software, determinando conductores sobrecargados, corrientes, caídas de voltaje y más variables eléctricas.

Realizada la simulación se observa en la figura que el transformador se encuentra sobrecargado tal y como se calculó con la ecuación (8.2) del factor de carga. En la simulación podemos observar que:

El circuito residencial se encuentra en buenas condiciones, el dimensionamiento de protecciones y conductores son los apropiados. El TDG 2 que consta de los circuitos de chiller y compresores, de iluminación de oficinas, se encuentran operando en condiciones críticas con sus conductores como se observa en el anexo 11.

Además, en el anexo 12 se muestra el reporte del estado de cargabilidad del sistema pudiendo constatar lo anteriormente expuesto.

A este transformador ya no se le va añadir cargas debido a dos factores:

- Las condiciones de cargabilidad del transformador técnicamente están al límite del rango establecido por la norma.
- La nueva carga que se desea incorporar trabaja a un voltaje de 440 voltios, por lo que el transformador de 220 voltios quedaría desertado para trabajar con este nuevo equipamiento debido a su voltaje en el secundario.

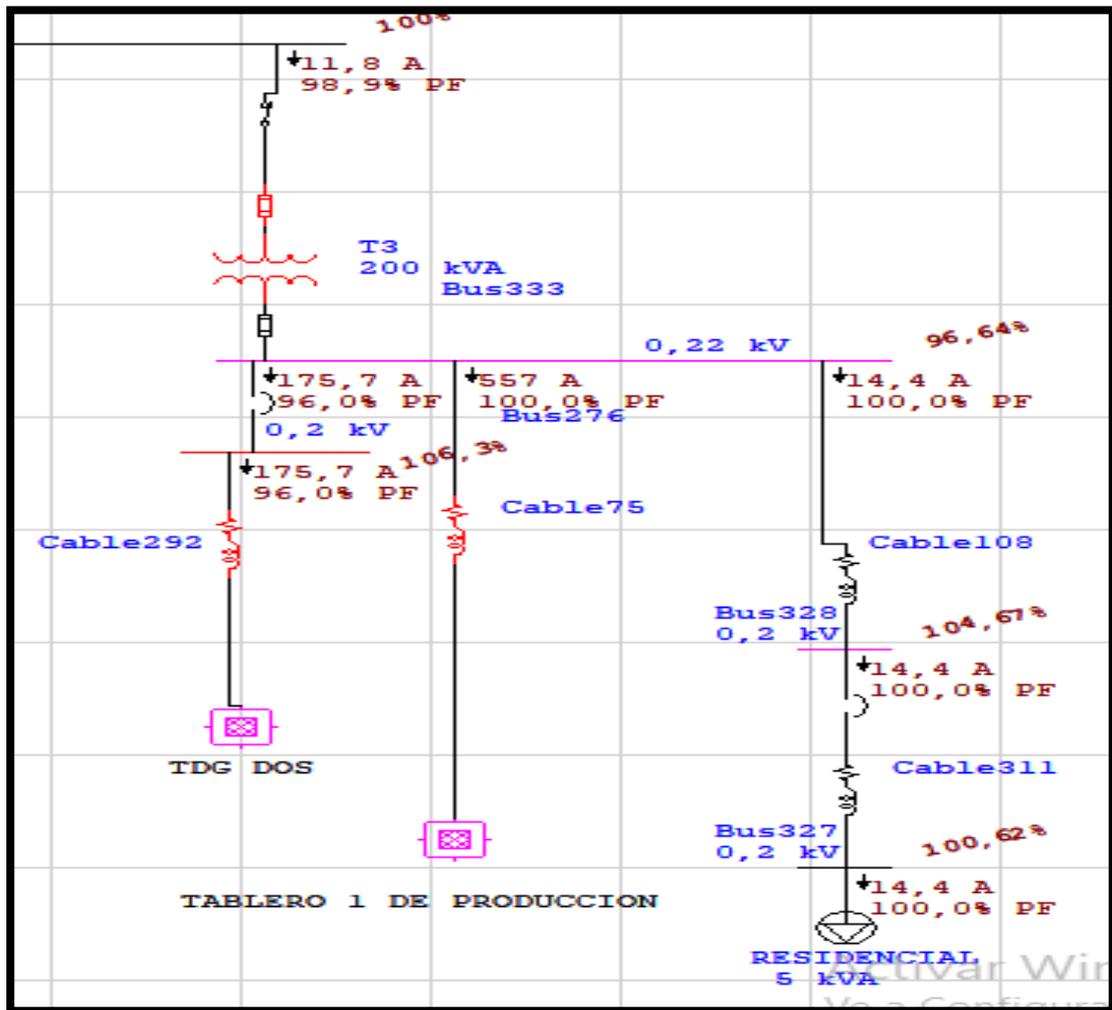


Figura 11.9 Simulación del transformador 220 V.

11.4 Levantamiento de carga transformador de 200 kVA 13.8 kV/440 V.

El levantamiento de carga desarrollado en la industria INPLASTICO es de vital importancia para recopilar información como: datos de placa de motores, niquelinas, longitud, sección y calibre de los conductores, datos de placa del transformador trifásico de 200 kVA 13.8 kV/440 V y más datos que se utiliza para la determinación de la carga instalada, tal propósito se obtuvo con la técnica de la observación directa que nos permitió constatar y recopilar información para la posterior simulación en el software ETAP 12.6.0 de todo el sistema eléctrico para determinar los parámetros actuales del sistema. A lo expuesto se detalla continuación en la (Tabla 11.5):

Tabla 11.5 Levantamiento de carga Transformador 200 kV/440 V

LEVANTAMIENTO DE CARGA TRANSFORMADOR 200 kVA (13.8 Kv/440 V)				
NOMBRE	DESIGNACIÓN	CANTIDAD	MAQUINA	POTENCIA (kW)
TS1	QA29	1	COMPRESOR 5	30
	QA30	1	COMPRESOR 4	15
	QA31	1	CHILLER 1	20
	QA32	1	CHILLER 2	26
TOTAL				91
TRANSFORMADOR (440V/380V)	QA33	1	INYECTORA	50
	QA34	1	BANDA TRANSPORTADORA ETIQUETADO FALILLADORA	10
	QA35	1	HORNO	22
TOTAL				72
TS3	QA36	1	S6	45
	QA37	1	S7	47
TOTAL				92

11.4.1 Informe de carga instalada por tablero del transformador de 200 kVA (13,8 kV/440 V).

Esta información se lo recoge mediante el levantamiento de carga por tablero de toda la empresa que se detalla en las tablas anteriores.

El tablero #1 tiene una potencia instalada de 91 kW que representa tener un 35,68 % de las cargas que funcionan en el hangar de compresores y chiller, encargados de generar aire frío y caliente para los procesos de producción necesarios en las sopladoras y taller de mantenimiento.

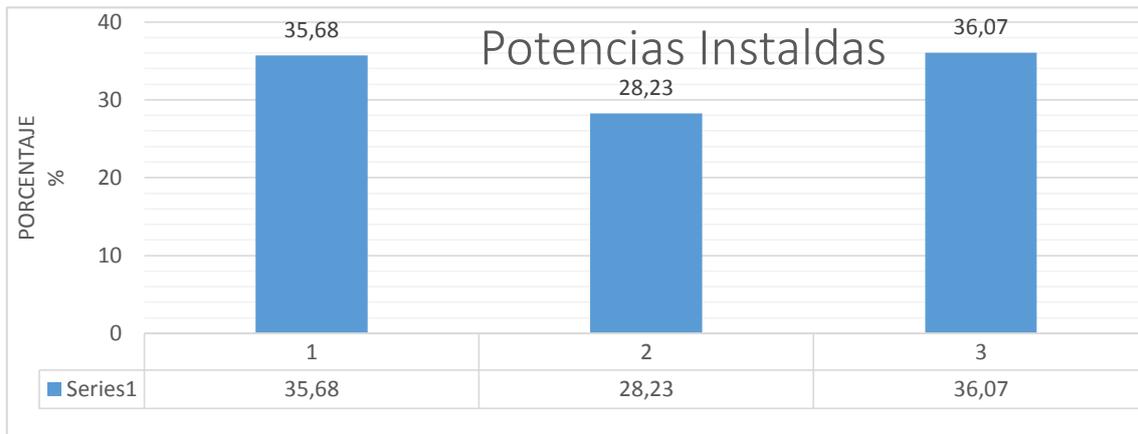
El tablero #2 tiene una potencia instalada de 72 kW que representa un 28,23% del hangar de producción en donde se encuentran la narita, horno e inyectora.

El tablero #3 tiene una potencia instalada de 92 kW que representa el 36,07 % que ocupa en el proceso de producción de las sopladoras S6 y S7 que realizan los envases plásticos.

En la (Tabla 11.6) y la (Figura 11.10) se resume la carga instalada en el transformador a 440 V.

Tabla 11.6 Resumen de potencia de cada tablero (440 V).

CARGAS	POTENCIA (kW)	FACTOR DE POTENCIA TÍPICO	POTENCIA APARENTE (kVA)	PORCENTAJE (%)	POTENCIA ACTIVA TOTAL (kW)	POTENCIA APARENTE TOTAL (kVA)
Tablero #1	91	0,93	97,84	35,68588832	255	274,17
Tablero #2	72		77,41	28,23430718		
Tablero #3	92		98,92	36,0798045		
TOTAL	255		274,17	100		

**Figura 11.10** Resumen de Potencias Instaladas.

11.4.2 Mediciones realizadas

Las mediciones se las realiza mediante el analizador de carga Fluke 435 en intervalos de 10 minutos mediante 5 días consecutivos según dice la regulación del CONELEC (ARCONEL) 004/01 para garantizar eléctricamente la calidad en el producto. Los datos recopilados por el analizador son de mucha importancia ya que permitirán conocer el comportamiento de la curva diaria que se obtiene con la medición realizada en los bornes del secundario de los transformadores, obtener la cargabilidad del transformador de 200 kVA 13.8 kV/440 V, además se verán los desbalances de voltaje y corriente por fase de cada uno de los transformadores y estimar las condiciones se encuentra el sistema de suministro eléctrico.

11.4.3 Curva de carga diaria del transformador trifásico de 200 kVA (13.8 kVA/440 V)

Esta curva representa el comportamiento del sistema eléctrico que está conectado a los bornes del secundario del transformador. Realizamos la medición y descarga de datos con el analizador Fluke 435 y se procede a realizar mediante el método de análisis los histogramas de frecuencia en donde se obtiene los valores que más se repiten en un intervalo de 10 minutos, obteniendo la curva promedio de lunes a viernes que labora la empresa. Para esto se realiza los histogramas

de frecuencia desde el día 05/2/2018 hasta el 09/2/2018, dando como resultado los siguientes valores de potencia por fase.

11.4.4 Representación de la curva de carga diaria del transformador trifásico de 200 kVA (13.8 kVA/440 V).

La (Tabla 11.7) siguiente muestra la representación de la curva de carga diaria durante la semana operativa de la empresa desde el día 05/2/2018 hasta el 09/2/2018, evidenciando un valor máximo de registro de 70,36 kW en la hora 1:00 am, un valor mínimo de 43,59 kW y un valor promedio de 55,70 kW durante las 24 horas.

Tabla 11.7 Datos de la representación de la curva diaria.

Hora	PL1 - (KW)	PL2 - (KW)	PL3- (KW)	PTOTAL- (KW)
0	21,48	23,70	23,04	68,22
1	21,50	23,68	23,70	68,88
2	17,75	19,25	14,32	51,32
3	14,88	15,99	15,57	46,44
4	13,84	15,74	15,29	44,87
5	13,98	15,38	14,98	44,33
6	14,93	16,43	14,27	45,62
7	20,43	22,25	23,98	66,66
8	19,54	20,26	22,70	62,51
9	22,62	24,17	23,57	70,36
10	20,57	21,84	19,62	62,03
11	20,04	23,57	21,54	65,16
12	18,19	19,30	21,93	59,41
13	19,28	20,38	18,69	58,36
14	18,01	18,99	19,86	56,86
15	21,13	22,14	20,17	63,45
16	17,71	18,98	19,59	56,28
17	18,54	19,14	19,62	57,30
18	19,52	20,91	20,60	61,03
19	13,56	15,27	14,76	43,59
20	12,98	19,48	13,92	46,38
21	14,36	16,27	16,23	46,85
22	14,58	15,94	15,63	46,14
23	14,04	15,64	15,01	44,69
MAX	22,62	24,17	23,98	70,36
MIN	12,98	15,27	13,92	43,59
PROMEDIO	17,64	19,36	18,69	55,70

La carga máxima como muestra la (Figura 11.11) se da a las 09:00 am con 70,36 kW debido a que la empresa arranca con la sopladora S7 dedicada la realización de envases plásticos para yogurt y químicos agrícolas, compresores y chiller que son las cargas más incidentes en el sistema. La demanda mínima la tenemos a las 19:00 pm con 43,59 kW donde por lo general

solo están trabajando los compresores y chiller y no existe gran incidencia de carga, el comportamiento del sistema en un día típico es de 55,70 kW como se muestra en la (Tabla 11.7)

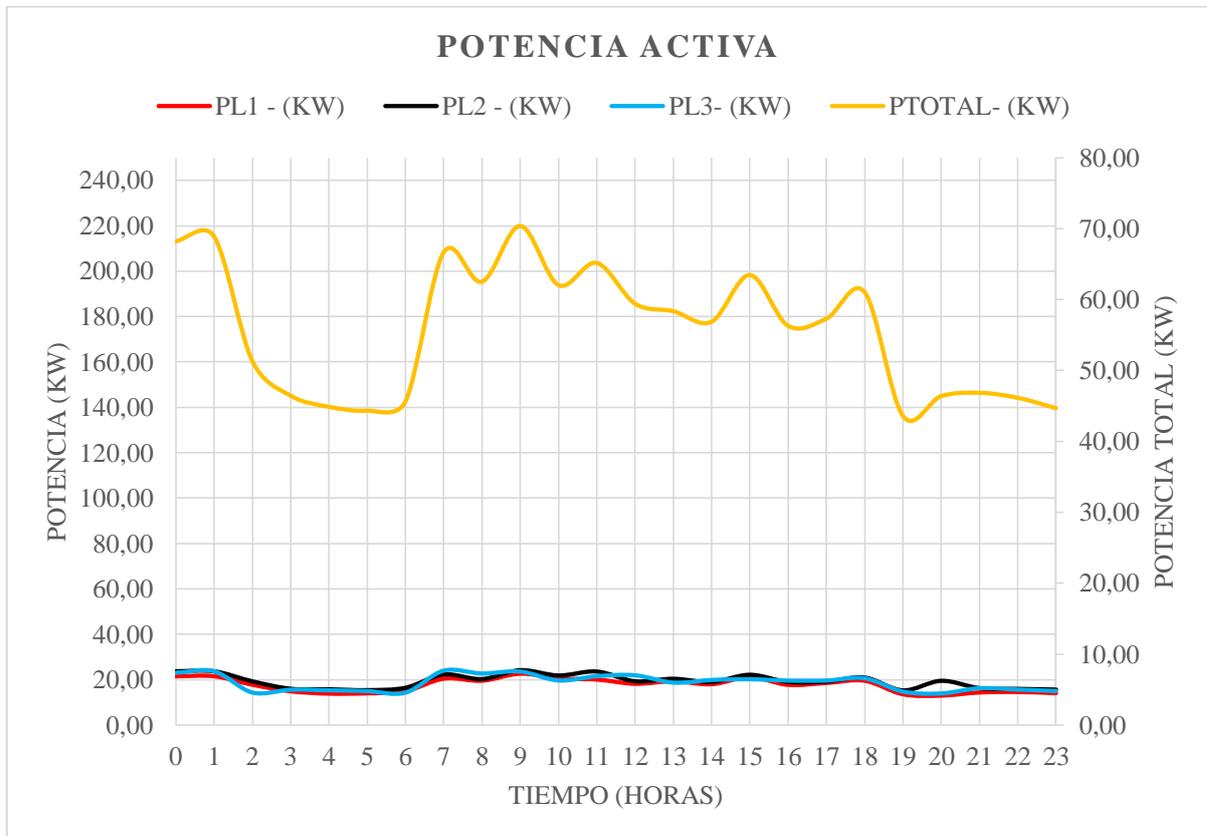


Figura 11.11 Comportamiento de la curva diaria del transformador trifásico de 200 kVA-13,8/440.

Se observa que el comportamiento de la curva de carga diaria del transformador trifásico de 200 kVA-13.8 kV/440 V que alimenta a la empresa, este tiende a ser industrializado ya que su potencia de línea se comporta casi uniforme en sus 24 horas, considerando las variaciones que existen por el ingreso y salida de carga en el lapso de 7:00 am a 08:00 am.

En el (Anexo 13) podemos observar las curvas de potencia activa, reactiva y aparente. En donde la potencia reactiva en varios periodos se encuentra por encima de la potencia activa, desde las 02:00 am hasta las 06:00 am la potencia reactiva está por encima de la activa, desde las 07:00 am hasta las 18:00 pm el sistema se encuentra trabajando en condiciones normales y desde la 19:00 pm hasta las 23:00 pm de nuevo la potencia reactiva se encuentra por encima de la potencia activa esto hace que se me inyecte reactivos al sistema debido a que en esas hora solo están trabajando motores capacitivos de compresores y chiller y al no tener un banco de capacitores me produce esta variación de potencia, haciendo del sistema defectuoso.

11.4.5 Límites de voltaje registrados del secundario del transformador trifásico de 200 kVA.

Los límites de voltaje que se observa en la figura se puede apreciar que están dentro de los límites del $\pm 8\%$ del nivel de voltaje base que es 127 voltios, que dicta la regulación ARCONEL 004/01 para la zona concluyendo que el sistema está dentro de los límites permitidos como muestra la (tabla 11.8).

Tabla 11.8 Datos de Voltaje.

Hora	V_L1 (V)	V_L2 (V)	V_L3 (V)
0	249,70	251,95	253,23
1	249,15	251,32	250,60
2	250,13	252,14	253,46
3	249,79	250,80	252,18
4	249,83	250,62	251,91
5	245,97	250,11	251,44
6	250,72	244,20	253,05
7	249,52	249,86	251,06
8	245,29	247,30	250,34
9	244,73	248,78	249,10
10	244,29	245,86	245,46
11	243,86	245,56	245,68
12	248,49	250,53	252,18
13	250,75	251,06	251,37
14	249,76	249,32	250,79
15	249,58	247,81	253,12
16	250,04	250,19	251,68
17	252,03	252,06	252,36
18	252,24	252,24	255,40
19	247,60	248,10	250,30
20	248,30	247,51	251,30
21	247,13	247,68	249,76
22	249,66	250,11	252,33
23	250,49	251,35	253,05
MAX	252,24	252,24	255,40
MIN	243,86	244,20	245,46
PROMEDIO	248,71	249,44	251,30

Los límites de voltaje que se observa en (Figura 11,12) se puede apreciar que están dentro de los rangos del $\pm 8\%$ del nivel de voltaje base que es 220 voltios, que dicta la regulación ARCONEL 004/01 para la zona urbana, concluyendo que el sistema está dentro de los límites permitidos. En la medición realizada se registraron un voltaje máximo de 252,24 V en la línea 1 y 2 las 18:00 pm y 255,40 en la línea 3 a las 18:00 pm los cuales no están por encima del límite establecido por el ARCONEL.

Además, se registraron valores mínimos en la línea 1 de 243,86 V dado a las 11:00 am, en la línea 2 tenemos 244,20 ocurrido a las 06:00 am y en la línea 3 de 245,46 ocurrido a las 10:00 am, finiquitando que no existen valores por debajo del 8% del voltaje nominal establecido por el ARCONEL, definiendo que el sistema se encuentra en buenas condiciones de voltaje.

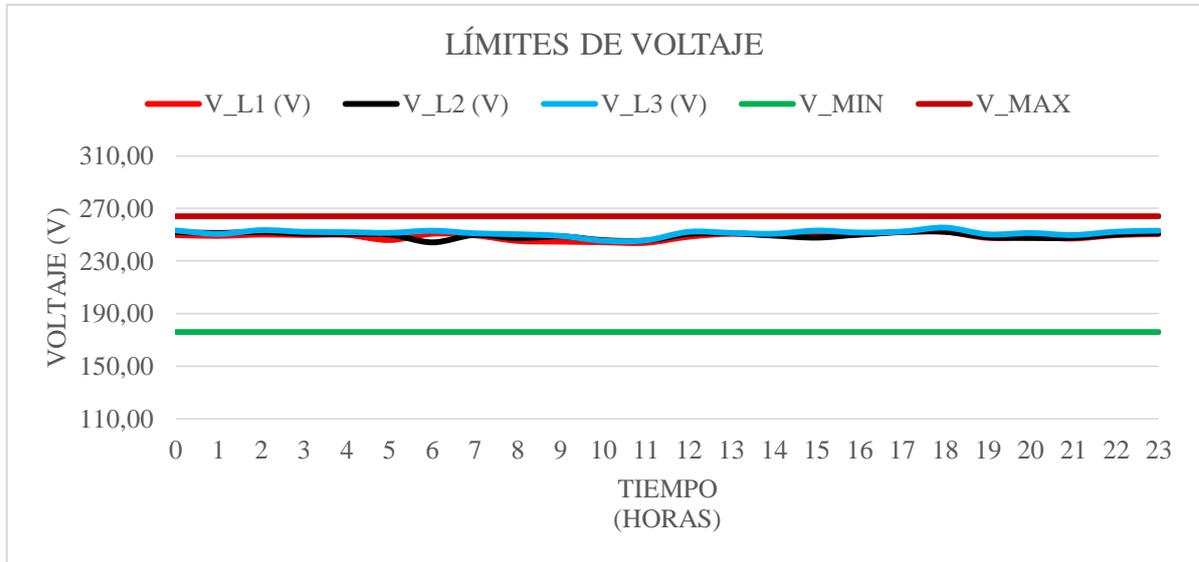


Figura 11.12 Límites de Voltaje.

11.4.6 Factor de Potencia.

Según el pliego tarifario emitido por el ARCONEL a enero 2018 establece que el factor de potencia como mínimo es de 0,92, y observamos en nuestro representado en la (Figura 11.13) sistema dos eventos máximo, mínimo y promedio durante las 24 horas siendo el valor máximo dado a la hora 07:00 am con un factor de potencia de 0,99 debido a que en esta hora entran a operar las sopladoras que poseen cargas resistivas grandes. El valor mínimo registrado es a las 06:00 am con un factor de potencia de 0,80 debido a que a esa hora solo se encuentran trabajando compresores y chiller que constan como cargas capacitivas. Además, hay que añadir que este transformador no posee banco de capacitores y por ende su factor de potencia mínimo va a ser bajo. Como resultado de esto se obtiene un factor de potencia promedio del sistema de 0,93 dentro de las 24 horas estando por encima del factor de potencia establecido por el ARCONEL y libre de penalización.

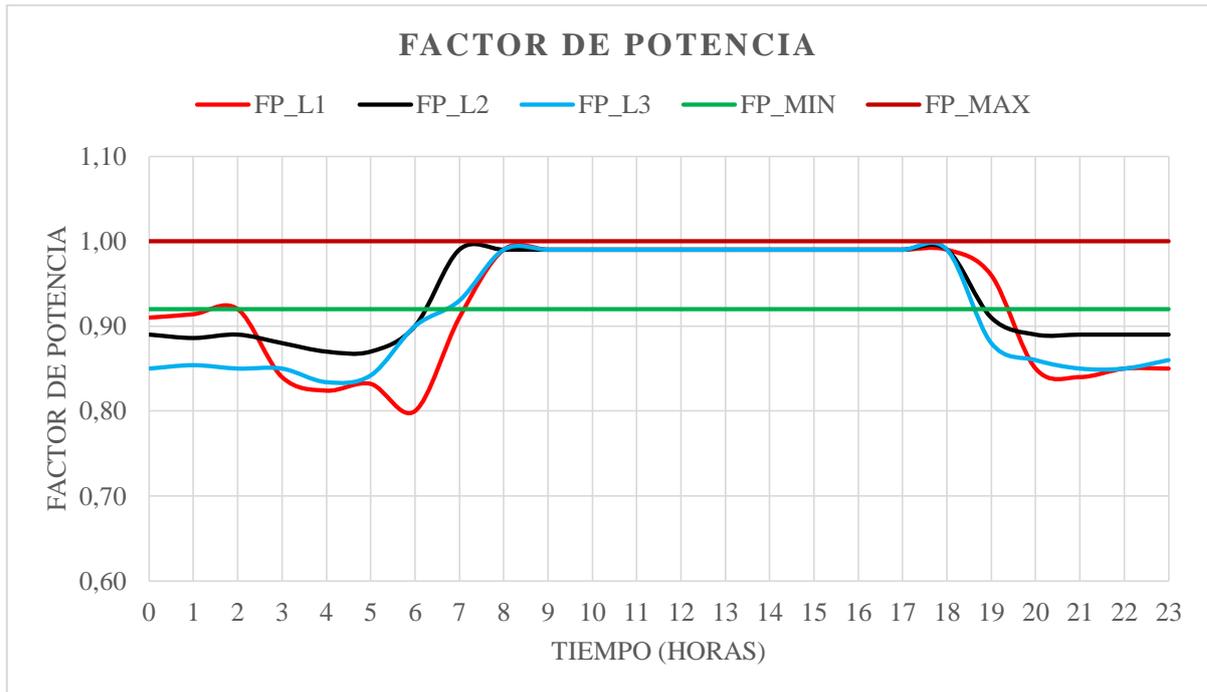


Figura 11.13 Factor de Potencia.

11.4.7 Perfil y desbalance de voltaje.

De acuerdo con el periodo de medición realizado desde el 05/2/2018 hasta el 09/2/2018 se saca un promedio total mostrado en un día típico con los valores que más veces se repiten. El desbalance de voltaje suscitado en los bornes del secundario se determina mediante la ecuación de la norma europea EN 50160 que establece como límite de desbalance hasta de un 3% admitido. En la (Tabla 11.9) se muestra los desbalances por fase dados en el secundario del transformador de 200 kVA, reflejando como desbalance máximo a la línea 1 y 2 con un valor de 252,24 a las 18:00 pm, y en la línea 3 de 255,40 a las 18:00 pm.

Tabla 11.9 Datos de desbalance de voltajes.

Hora	V_L1 (V)	V_L2 (V)	V_L3 (V)	PROMEDIO	MÁXIMO	DESBALANCE %
0	249,70	251,95	253,23	251,63	253,23	0,64
1	249,15	251,32	250,60	250,36	251,32	0,38
2	250,13	252,14	253,46	251,91	253,46	0,62
3	249,79	250,80	252,18	250,92	252,18	0,50
4	249,83	250,62	251,91	250,79	251,91	0,45
5	245,97	250,11	251,44	249,17	251,44	0,91
6	250,72	244,20	253,05	249,32	253,05	1,49
7	249,52	249,86	251,06	250,15	251,06	0,36
8	245,29	247,30	250,34	247,64	250,34	1,09
9	244,73	248,78	249,10	247,54	249,10	0,63
10	244,29	245,86	245,46	245,20	245,86	0,27

11	243,86	245,56	245,68	245,03	245,68	0,27
12	248,49	250,53	252,18	250,40	252,18	0,71
13	250,75	251,06	251,37	251,06	251,37	0,12
14	249,76	249,32	250,79	249,96	250,79	0,33
15	249,58	247,81	253,12	250,17	253,12	1,18
16	250,04	250,19	251,68	250,63	251,68	0,41
17	252,03	252,06	252,36	252,15	252,36	0,08
18	252,24	252,24	255,40	253,29	255,40	0,83
19	247,60	248,10	250,30	248,67	250,30	0,66
20	248,30	247,51	251,30	249,04	251,30	0,91
21	247,13	247,68	249,76	248,19	249,76	0,63
22	249,66	250,11	252,33	250,70	252,33	0,65
23	250,49	251,35	253,05	251,63	253,05	0,56
MAX	252,24	252,24	255,40	253,29	255,40	1,49
MIN	243,86	244,20	245,46	245,03	245,68	0,08
PROMEDIO	248,71	249,44	251,30	249,81	251,34	0,61

A manera de comprobación se realizara el cálculo de desbalance a la hora 12:00 de la (Tabla 11.9) de la información recopilada por el Fluke 435 conectado al secundario del transformador de 200 kVA.

Datos:

V L1: 248,49 V;

V L2: 250,53 V;

V L3: 252,18 V;

Promedio: 250,40 V

Valor máximo por línea: 252,18 V

Y se calcula mediante la ecuación:

$$\%PUVR = \frac{\text{maxima desviacion del valor promedio del voltaje por fase}}{\text{voltaje de fase promedio}} * 100$$

$$\%PUVR = \frac{\text{valor maximo} - \text{voltaje de fase promedio}}{\text{voltaje de fase promedio}} * 100$$

$$\%PUVR = \frac{252,18 - 250,40}{250,40} * 100$$

$$\%PUVR = 0,71\%$$

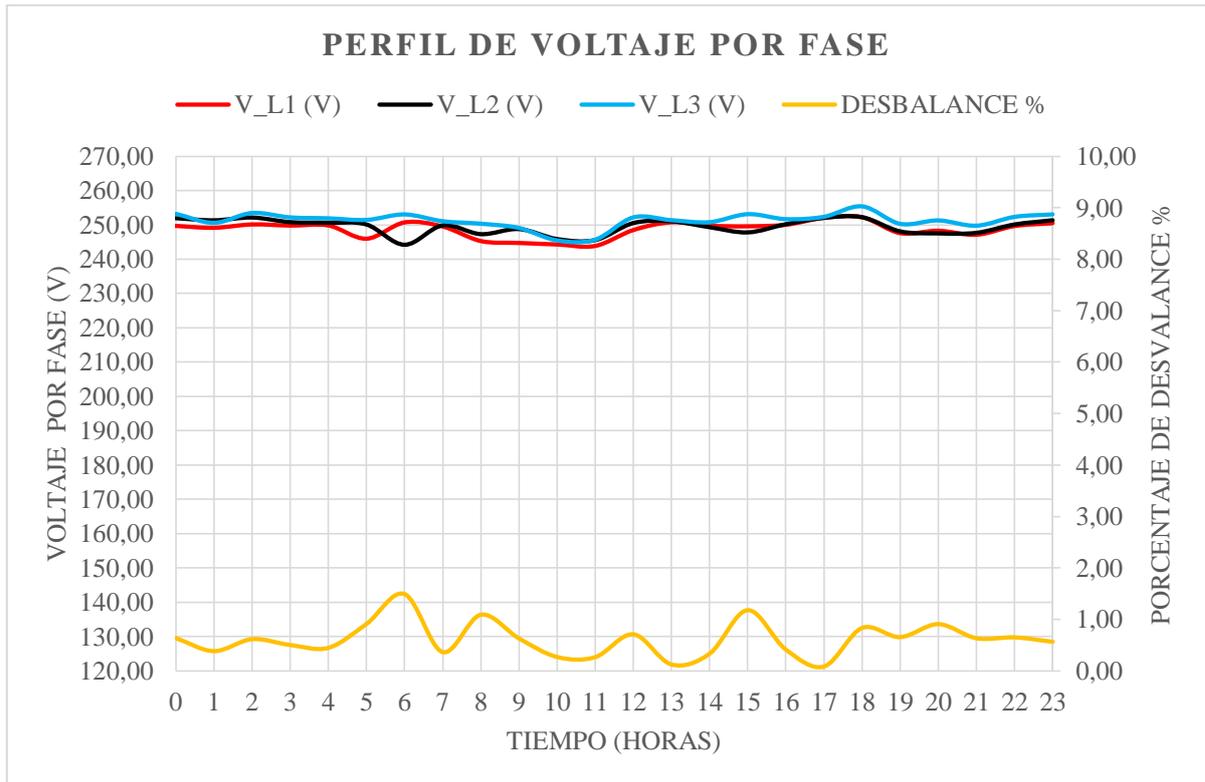


Figura 11.14 Perfiles de voltaje por fase.

En la (figura 11.13) podemos apreciar que los dos máximos desbalances se representan a la hora 06:00 am con 1,49% y a la hora 15:00 pm con 1,18%, el valor mínimo se presenta a la hora 17:00 pm con un 0,08% y un valor promedio típico de un día de 0,61, dichos valores se encuentran por debajo de la norma europea EN 50160 que me permite hasta un 3% de desbalance.

11.4.8 Perfil y desbalance de corriente del transformador trifásico de 220 kVA 440 V.

El desbalance de corriente es medido en el mismo periodo de el voltaje realizado desde el 05/2/2018 hasta el 09/2/2018 se saca un promedio total mostrado en un día típico con los valores que más veces se repiten.

En la (Tabla 11.10) se muestra las corrientes por fase de cada hora obtenidos a través del analizador Fkuke 435 en el secundario del transformador trifásico de 200 kVA, mostrando que el valor de corriente máxima de la línea 1 es de 164,24 A, en la línea 2 de 145,50 A y en la línea 3 de 146,80 A. Los valores de corriente mínimos registrados por fase son los siguientes, en la línea 1 de 40 A, en la línea 2 de 117,02 A y en la línea 3 con 119,42 A.

Tabla 11.10 Datos de desbalance de corriente por línea.

Hora	I_L1-(A)	I_L2-(A)	I_L3-(A)	PROMEDIO	MÁXIMO	DESBALANCE %
0	124,46	124,00	239,63	162,70	239,63	47,28%
1	110,28	120,26	121,20	117,25	121,20	3,37%
2	111,92	122,28	122,66	118,95	122,66	3,12%
3	111,40	122,46	122,58	118,81	122,58	3,17%
4	107,20	117,02	119,42	114,55	119,42	4,25%
5	110,56	119,30	121,08	116,98	121,08	3,50%
6	114,50	121,00	123,44	119,65	123,44	3,17%
7	132,50	145,50	146,80	141,60	146,80	3,67%
8	118,24	141,90	126,60	128,91	141,90	10,08%
9	129,86	139,48	140,30	136,55	140,30	2,75%
10	124,00	133,40	126,84	128,08	133,40	4,15%
11	126,36	135,20	133,98	131,85	135,20	2,54%
12	164,64	132,02	133,90	143,52	164,64	14,72%
13	137,40	136,32	130,92	134,88	137,40	1,87%
14	126,06	134,14	136,28	132,16	136,28	3,12%
15	128,90	136,12	137,06	134,03	137,06	2,26%
16	139,60	130,88	132,32	134,27	139,60	3,97%
17	125,16	133,14	125,54	127,95	133,14	4,06%
18	124,00	130,48	133,22	129,23	133,22	3,09%
19	40,00	117,54	119,60	92,38	119,60	29,47%
20	108,04	123,30	120,18	117,17	123,30	5,23%
21	105,98	120,60	122,76	116,45	122,76	5,42%
22	109,76	120,30	120,12	116,73	120,30	3,06%
23	109,68	121,96	121,66	117,77	121,96	3,56%
MAX	164,64	145,50	239,63	162,70	239,63	0,47
MIN	40,00	117,02	119,42	92,38	119,42	0,02
PROMEDIO	118,35	128,28	132,42	126,35	135,70	0,07

A manera de comprobación se realizara el cálculo de desbalance de corriente a la hora 12:00 de la (Tabla 11.10) de la información recopilada por el Fluke 435 conectado al secundario del transformador de 200 kVA.

Datos:

I L1: 164, 64 A;

I L2: 132,02 A;

I L3: 133,90 A;

Promedio: 143,52 A

La corriente máxima de las 3 líneas es de: 164,64 A.

Y se calcula mediante la ecuación.

$$D\% = \frac{I_{\text{maxima}} - I_{\text{promedio}}}{I_{\text{promedio}}} * 100$$

$$D\% = \frac{164,64 - 143,52}{143,52} * 100$$

$$D\% = 14,72\%$$

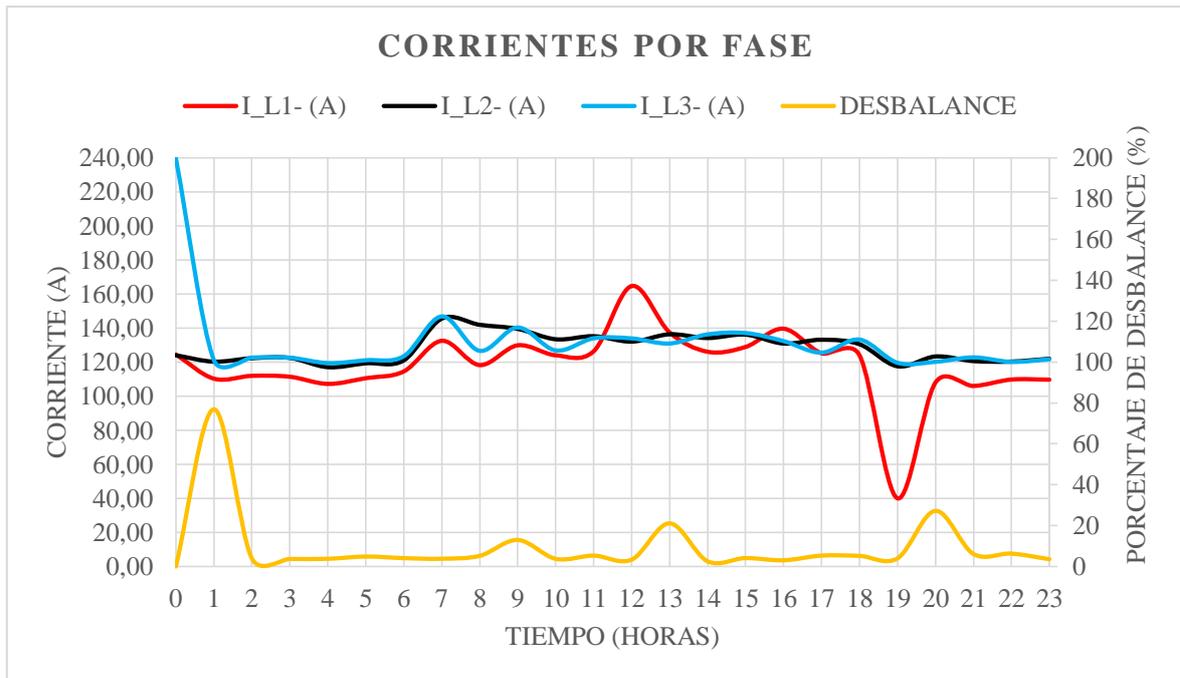


Figura 11.15 Corriente por bases.

El desbalance de corriente mostrado en la figura (Figura 11.14) de las tres líneas tomado del secundario del transformador de 200 kVA tiene un valor máximo de 239,63 A que representa el 47,28% en la hora 00:00 am, un valor mínimo de 119,42 A que representa el 1,87% a la hora 04:00 am y con ello se tiene un promedio durante el día típico de 135,70 A que representa el 7,12% estando por debajo del desbalance de corriente emitido por la norma UNE-EN50160 que es del 10%, como se muestra en la (Figura 11.15).

11.4.9 Determinación del factor de carga.

En la (Tabla 11.11) se muestra el factor de carga que pertenece al transformador de 200 kVA 13.8 kV/440 V, en donde la demanda máxima registrada es de 102,54 kVA que se da a las 07:00 am, una demanda mínima suscitada a las 19:00 pm de 83,17 y una demanda promedio que se da en un día típico de 91,92 kVA.

Tabla 11.11 Datos de desbalance de corriente por línea.

Hora	SL1 - (KVA)	SL2 - (KVA)	SL3- (KVA)	STOTAL - (KVA)
0	30,48	30,48	35,74	96,69
1	27,06	29,54	29,89	86,49
2	27,19	29,76	30,01	86,95
3	26,98	29,74	30,02	86,75
4	26,00	30,76	29,26	86,02
5	26,78	28,77	29,46	85,01
6	27,57	29,03	30,00	86,60
7	32,02	34,98	35,54	102,54
8	28,77	34,30	30,78	93,85
9	30,85	33,11	33,52	97,48
10	29,96	32,23	31,02	93,22
11	30,42	32,44	35,27	98,12
12	30,72	31,99	32,62	95,34
13	33,04	32,93	36,09	102,06
14	30,40	32,27	33,14	95,81
15	31,21	32,90	33,32	97,43
16	33,98	31,96	32,22	98,16
17	30,67	32,56	33,06	96,29
18	30,08	31,46	32,39	93,94
19	26,09	28,40	29,18	83,67
20	25,77	29,87	29,38	85,02
21	25,96	29,60	30,36	85,92
22	26,98	29,34	29,83	86,15
23	26,87	29,80	29,89	86,56
MAX	33,98	34,98	36,092	102,54
MIN	25,77	28,40	29,18	83,67
PROMEDIO	28,99	31,18	31,75	91,92

Para ello se utiliza la ecuación 8.9:

$$FC = \frac{\text{Demanda Promedio}}{\text{Demanda máxima}} = \frac{91,92 \text{ kVA}}{102,54 \text{ kVA}} = 0,89$$

Con esto decimos que el factor de carga es de 0,89, teniendo una curva de carga diaria con pocas variaciones y valles.

11.4.10 Determinación del factor de utilización.

Esto se determina mediante la ecuación (8,7), siendo necesario los datos de la capacidad en kVA del transformador y la carga máxima presentada en el día típico.

- Capacidad del Transformador: 200 kVA
- Carga máxima: 102,54 kVA

De esta manera se expone dos conclusiones en las que se detallan a continuación:

- $F_u \leq 0,5$ entonces los transformadores se encuentran sub cargados.
- $F_u > 0,8$ entonces los transformadores se encuentran sobrecargados.

$$F_u = \frac{\text{Carga maxima}}{\text{Capacidad instalada}} = \frac{102,54 \text{ kVA}}{200 \text{ kVA}} = 0,51$$

El transformador se encuentra trabajando con un factor de utilización del 0,51 verificando que si se encuentra dentro del rango establecido y si se puede incrementar más carga al sistema del transformador.

Cargabilidad del transformador trifásico de 200 kVA.

$$\% \text{ Cargabilidad} = \frac{S \text{ medida (kVA)}}{S \text{ transformador (kVA)}} * 100$$

$$\% \text{ Cargabilidad} = \frac{102,54 \text{ (kVA)}}{200 \text{ (kVA)}} * 100$$

$$\% \text{ Cargabilidad} = 51,27\%$$

Con esto observamos que el transformador se encuentra con una cargabilidad del 51,27% estando dentro del rango establecido ya que no se encuentra sobrecargado pudiendo incrementar carga futura, carga que se conectara al momento en que dos máquinas que están en mantenimiento entren a operar.

11.4.11 Pérdidas del Transformador de 200 kVA (13.8 kV/440 V) de la empresa INPLASTICO.

Para determinar estas pérdidas se utiliza lo propuesto por MENTOR, POVEDA [28].

Lo propuesto por Mentor Poveda se aplica a todos los sistemas eléctricos que tengan que evaluar pérdidas resistivas por efecto Joule, que para el estudio se lo aplicaría en el transformador.

Para efectuar el cálculo de pérdidas de potencia se toma los registros de demanda tomados por el analizador Fluke 435 en el secundario del transformador, con datos de una semana laborable, que mediante los histogramas de frecuencia se lo redujo a un día promedio.

Pérdidas de energía en el núcleo (Fe).

Las pérdidas en el núcleo se dan por el producto entre las pérdidas en vacío por el tiempo, como muestra la ecuación. Par esto [28]necesitamos determinar las pérdidas en vacío del transformador de 200 kVA.

$$PT_{energía_{núcleo}} = \sum (P_o * t)$$

Donde:

P_o = Pérdidas en vacío del transformador.

t = tiempo en horas.

Pérdidas en vacío.

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

$$P_o = 13,27 * 200 \text{ kVA}^{0,7093}$$

$$P_o = 568 \text{ W}$$

Resolviendo la ecuación decimos que:

Para el transformador de 200 kVA las perdidas en vacío son de 568 W y asumimos un tiempo de un año.

$$tiempo = \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ dias}} \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ h}} = 8760 \text{ h}$$

Entonces:

$$P_{energia} = (0,568 * 8760)$$

$$P_{energia} = (4975,68 \text{ Waño})$$

Pérdidas con carga.

$$P_c = 10,465 * P_n + 537$$

$$P_c = 10,465 * 200 \text{ kVA} + 537$$

$$P_c = 7712,705 \text{ W}$$

Estas pérdidas con carga son de 7712,705 W, son relacionadas directamente con la carga que está en operación.

Pérdidas en el cobre (Cu) o Pérdidas resistivas.

Son las producidas por el efecto Joule efectuado en los devanados y que están directamente relacionados con la carga conectada al transformador de 200 kVA.

Se determinan mediante la ecuación (8,5).

$$P_{cu} = (Fu)^2 * \Delta P_{cu \text{ nominal}}$$

$$P_{cu} = (0,51)^2 * 7712,705 \text{ W}$$

$$P_{cu} = 2006,07 \text{ W}$$

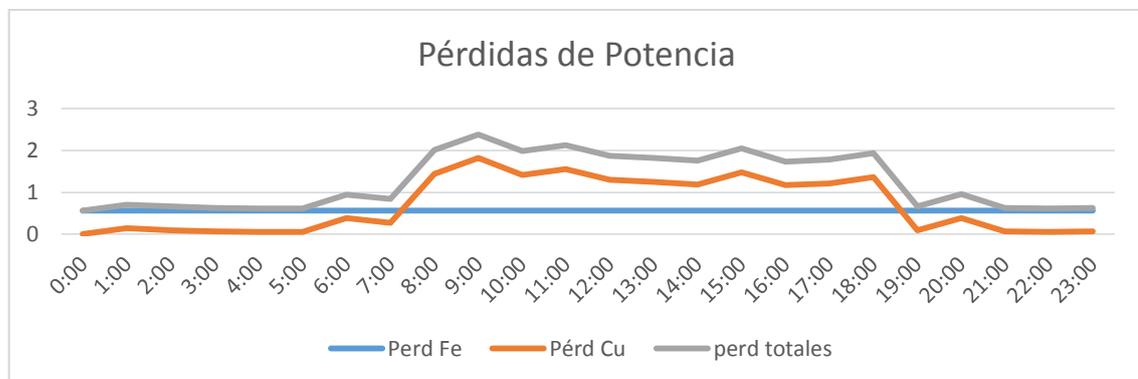
En la (Tabla 11.12) podemos observar las pérdidas resistivas medidas en el secundario del transformador calculadas mediante lo establecido por Mentor Poveda, dándonos como una pérdida total de 30,532 kW semanal, esta potencia la obtenemos con la sumatoria de las pérdidas en el hierro (Fe) y cobre (Cu). Según la regulación del pliego tarifario emitido por el ARCONEL 2018 debemos toma en cuenta que las pérdidas en el hierro (Fe) aún

no están tomadas en cuenta para el su cobro y son omitidas, tan solo las empresas distribuidoras cobran de pérdidas en el cobre (Cu), siendo tan solo en el caso de INPLASTICO de 16,9 kW semanal, y unas pérdidas mensuales de 67,6 kW mes.

Tabla 11.12 Pérdidas de Potencia Transformador 200 kVA (13,8 kV/440 V)

PÉRDIDAS DE POTENCIA TRANSFORMADOR 200 KVA (13,8 KV/440 V)								
Tiempo	kW	FP	KVA	kWh en intervalo	kWh acum	Perd Fe	Pérd Cu	Pérdidas totales
0:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,568	0	0,568
1:00	68,88	0,88	77,86	17,22	17,220	0,568	0,14	0,708
2:00	51,316	0,89	57,88	12,83	30,050	0,568	0,09	0,658
3:00	46,436	0,86	54,21	11,61	41,66	0,568	0,06	0,628
4:00	44,872	0,84	53,25	11,22	52,88	0,568	0,05	0,618
5:00	44,332	0,85	52,28	11,08	63,96	0,568	0,05	0,618
6:00	45,624	0,87	52,64	11,41	75,37	0,568	0,38	0,948
7:00	66,66	0,94	70,66	16,67	92,04	0,568	0,27	0,838
8:00	62,508	0,99	63,14	15,63	107,67	0,568	1,44	2,008
9:00	70,364	0,99	71,07	17,59	125,26	0,568	1,82	2,388
10:00	62,028	0,99	62,65	15,51	140,77	0,568	1,42	1,988
11:00	65,156	0,99	65,81	16,29	157,06	0,568	1,56	2,128
12:00	59,412	0,99	60,01	14,85	171,91	0,568	1,3	1,868
13:00	58,356	0,99	58,95	14,59	186,5	0,568	1,25	1,818
14:00	56,864	0,99	57,44	14,22	200,72	0,568	1,19	1,758
15:00	63,448	0,99	64,09	15,86	216,58	0,568	1,48	2,048
16:00	56,284	0,99	56,85	14,07	230,65	0,568	1,17	1,738
17:00	57,296	0,99	57,87	14,32	244,97	0,568	1,21	1,778
18:00	61,028	0,99	61,64	15,26	260,23	0,568	1,37	1,938
19:00	43,588	0,92	47,55	10,9	271,13	0,568	0,09	0,658
20:00	46,38	0,87	53,52	11,6	282,73	0,568	0,39	0,958
21:00	46,852	0,86	54,48	11,71	294,44	0,568	0,06	0,628
22:00	46,144	0,86	53,45	11,54	305,98	0,568	0,05	0,618
23:00	44,688	0,87	25,00	11,17	317,15	0,568	0,06	0,628
Total						13,632	16,900	30,532
							67,6	

En la (Figura 11.16) visualizamos que las pérdidas en el hierro (Fe) son constantes, y las pérdidas en el cobre (Cu) varían de acuerdo con la carga conectada. Las pérdidas totales son la sumatoria de las pérdidas en el hierro (Fe) y cobre (Cu).

**Figura 11.16** Pérdidas de Potencia.

Con esto podemos realizar un cálculo de pérdidas en dinero aproximado que está pagando la empresa INPLASTICO por sus cargas resistivas.

Decimos que; la empresa tiene unas pérdidas diarias de 25,66 kW día.

$$\text{Pérdidas Energía} = \frac{16,9 \text{ kW promedio semanal}}{1 \text{ semana}(120\text{h})} = 0,148 \text{ kWh}$$

$$\text{Pérdidas Energía} = 0,148 \text{ kWh} * 24\text{h} = 3,55 \text{ kW dia}$$

$$\text{Pérdidas Energía} = 3,55 \text{ kW dia} * 22 \text{ dias} = 78,1 \text{ kW mes}$$

$$\text{Pérdidas Energía} = 78,1 \text{ kW mes} * 12 \text{ meses}(1 \text{ año}) = 937,78 \text{ kW año}$$

$$\text{Pérdidas Energía} = 937,78 \text{ kWh año} * 0.083\$ \text{ kWh}$$

$$\text{Pérdidas Energía} = 77,83 \$ \text{ año}$$

Con el cálculo determinamos que la empresa está pagando por prdidias resistivas anualmente la cantidad de 77,83 dólares americanos.

11.4.12 Simulación del sistema actual de la red del transformador de 200 kVA (13,8 kV/440 V) de la empresa INPLASTICO en el software ETAP 12.6.0

Mediante el levantamiento de carga de los equipos conectados en la empresa se realizó la actualización del diagrama unifilar que se muestra en el Anexo 1 para con esto poder realizar la simulación del sistema en estado actual como muestra la (Figura 11,17) siendo efectuar el análisis del sistema mediante los reportes que nos da el software, determinando conductores sobrecargados, corrientes, caídas de voltaje y más variables eléctricas.

El análisis muestra que el sistema se encuentra en óptimas condiciones, el transformador se encuentra por debajo del límite de cargabilidad, al igual que los respectivos tableros, como el de Compresores y Chiller, el de Producción a 440 V y el de Producción a 380 V

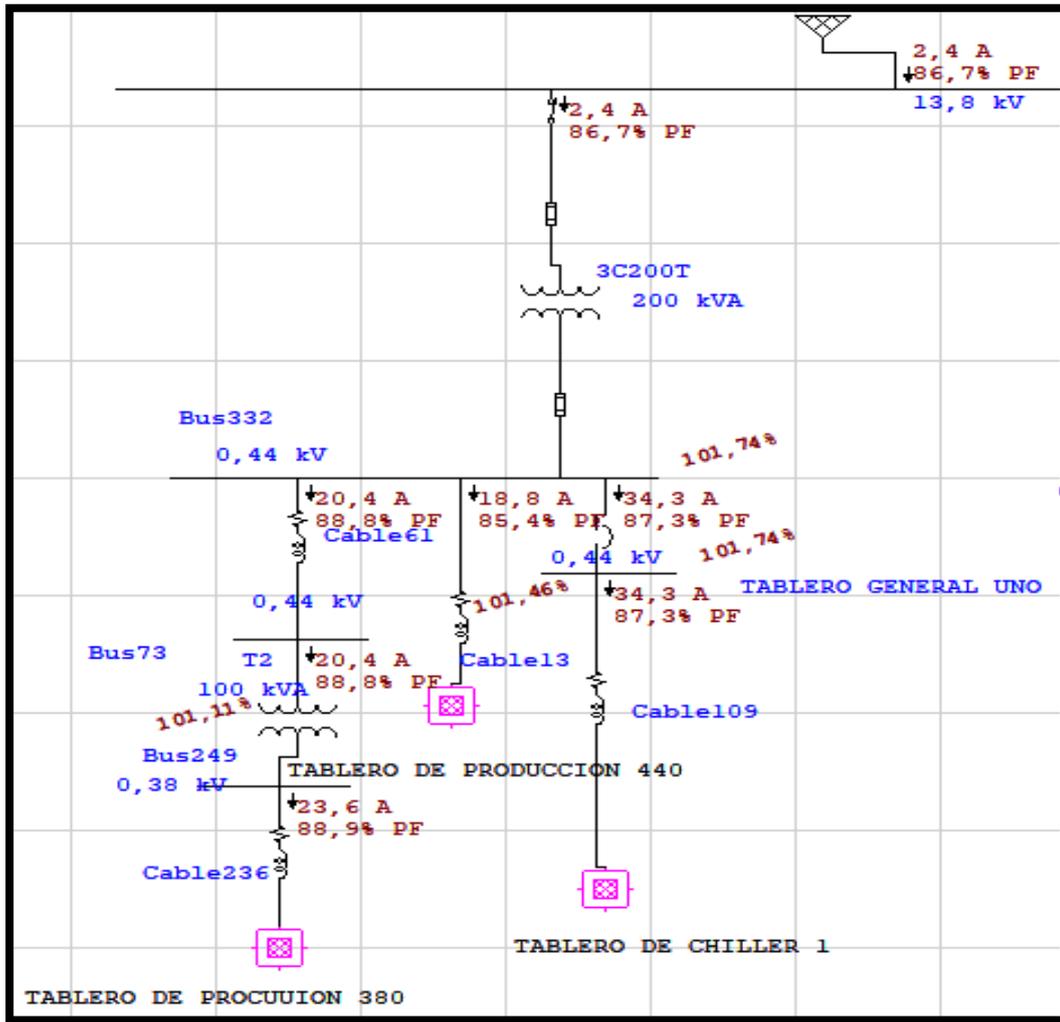


Figura 11.17 Simulación del transformador (440 kV).

La (Tabla 11.13) muestra en el estado de los conductores de todos los equipos conectados al suministro de 440 V.

Se muestra que el compresor 5 que trabaja a 440 V con una potencia de 30 kW y una corriente nominal de 46,31 A tiene un conductor # 4 y está en óptimas condiciones de servicio.

Se muestra que el compresor 4 que trabaja a 440 V con una potencia de 15 kW y una corriente nominal de 23,16 A tiene un conductor # 1/0 y está en óptimas condiciones de servicio.

Se muestra que el chiller 1 que trabaja a 440 V con una potencia de 20 kW y una corriente nominal de 30,87 A tiene un conductor # 2 y está en óptimas condiciones de servicio.

Se muestra que el chiller 2 que trabaja a 440 V con una potencia de 26 kW y una corriente nominal de 40,14 A tiene un conductor # 1/0 y está en óptimas condiciones de servicio.

Se muestra que la inyectora que trabaja a 440 V con una potencia de 50 kW y una corriente nominal de 72,90 A tiene un conductor # 1/0 y está en óptimas condiciones de servicio.

Se muestra que la narita que trabaja a 440 V con una potencia de 10 kW y una corriente nominal de 15,14 A tiene un conductor # 2 y está en óptimas condiciones de servicio.

Se muestra que el horno que trabaja a 440 V con una potencia de 22 kW y una corriente nominal de 33,96 A tiene un conductor # 2 y está en óptimas condiciones de servicio.

Se muestra que la sopladora S6 que trabaja a 440 V con una potencia de 45 kW y una corriente nominal de 69,97 A tiene un conductor # 2 y está en óptimas condiciones de servicio.

Se muestra que la sopladora S7 que trabaja a 440 V con una potencia de 47 kW y una corriente nominal de 72,55 A tiene un conductor # 2 y está en óptimas condiciones de servicio.

En la (Tabla 11.14) se muestra el reporte del estado de los conductores del circuito a 440 V.

Tabla 11.13 Tabla de conductores.

Máquinas	VOLTAGE [kV]	Potencia	f(Hz)	UNIDAD	PF [%]	KW	KVA	I nom [A]	Utilización factor (%)	Nc por fase	I nom [A]	%V	X	r	Sección del conductor(mm^2)	AWG	Sección Sc	AWG Sc
Compresor 5	0,44	30	60	KW	85%	30	35,29	46,31	30%	3	5,79	5%	0,00707	2,23112	0,12	14	20,882	4
Compresor 4	0,44	15	60	KW	85%	15	17,65	23,16	30%	3	2,89	5%	0,00471	4,46808	0,04	14	52,057	1/0
Chiller 1	0,44	20	60	KW	85%	20	23,53	30,87	30%	3	3,86	5%	0,00471	3,35033	0,053	14	31,298	2
Chiller 2	0,44	26	60	KW	85%	26	30,59	40,14	30%	3	5,02	5%	0,00565	2,57592	0,083	14	52,057	1/0
Inyectora	0,44	50	60	KW	90%	50	55,56	72,9	20%	3	6,07	5%	0,0589	1,98342	1,125	14	52,057	1/0
Banda transportadora	0,44	10	60	KW	85%	10	11,76	15,44	20%	3	1,29	5%	0,01885	10,0481	0,071	14	31,298	2
Horno	0,44	22	60	KW	85%	22	25,88	33,96	10%	3	1,42	5%	0,03534	9,12332	0,147	14	31,298	2
S6	0,44	45	60	KW	85%	45	52,94	69,47	10%	3	2,89	5%	0,00942	4,46516	0,08	14	31,298	2
S7	0,44	47	60	KW	85%	47	55,29	72,55	10%	3	3,02	5%	0,01037	4,27432	0,092	14	31,298	2

Tabla 11.14 Tabla de reportes del programa ETAP.

Type	Amp Flow	% PF	% Loading
Transf. 2W	3,688	87,98	36,1
Cable	19,67	86,73	20,6
Cable	20,86	86,63	21,7
Cable	17,09	79,28	12
Cable	10,79	85,01	15,4
Cable	14,64	98,72	10,6
Cable	3,888	77,9	4
Cable	7,101	93,92	7,4
Cable	22,31	95,73	11,1
Cable	74,15	86,73	53,4
Cable	25,7	91,41	18,5
Cable	10,69	87,91	11,1
Cable	10,69	87,93	6,3
Cable	8,994	85,03	5,3
Cable	8,994	85,02	5,3
Cable	25,2	95,82	17,7
Transf. 2W	22,31	95,73	13,8

11.5 Levantamiento de la carga a instalarse.

Mediante un dialogo con el gerente de la empresa se solicitó un estudio en el transformador de 200 kVA, 13.8 kV/400 V para poder establecer sus condiciones de cargabilidad y poder incrementar una nueva carga. Se desarrolló un levantamiento de carga con datos de placa de las nuevas máquinas a incorporarse, detallándolas en la (Tabla 11.15) para la posterior simulación en el software ETAP 12.6.0 de todo el sistema eléctrico a 440 V para determinar los parámetros nuevos del sistema. Determinando que al transformador de 200kVA 13.8 kV/440 V ya no se le podría incrementar carga por dos motivos:

- Al momento de realizar nuestro estudio dos equipos del área de producción con una potencia instalada de 50 kW y la otra de 10 kW que se encontraban en mantenimiento y por ende no fueron consideradas en el estudio y al momento de terminar su mantenimiento e ingresar a trabajar la carga en el transformador se elevaría.
- Los nuevos equipamientos de nuevo hangar a incorporar tienen como una carga mínima una maquinaria de 24,76 kW de potencia instalada haciendo que el transformador actualmente se encuentra operando quede descartado para por lo menos alimentar un equipo del nuevo hangar.

Tabla 11.15 Levantamiento de carga maquinaria nueva.

LEVANTAMIENTO DE CARGA MAQUINARIA NUEVA					
NOMBRE	DESIGNACIÓN	CANTIDAD	POTENCIA C/U (kW)	POTENCIA TOTAL (kW)	Factor de Potencia
INYECTORA Ekou-HS-180	NIQUELINAS	15	1,25	18,75	1
	MOTOR	1	22,38	22,38	0,8
			P.T. INYECTOR (1,2,3,4)	41,13x 4 164,52	0,9
SHINI PLASTICS STRECH BLOW MOLDING MACHINE ASB-DPH	SECADORAS	4	24,6	98,4	0,95
	MOTOR 1	1	45	45	0,8
	MOTOR 2	1	3,8	3,8	0,8
	MOTOR 3	1	1,4	1,4	0,8
	HEATER BARREL	1	18	18	1
	HEATER MOLD	1	5,8	5,8	1
				P.T. SOPLADORA 1	74
STRECH BLOW MOLDING MACHINE ASB-250EXHT	MOTOR 380	1	45	45	0,8
	HEATER BARREL	1	14,5	14,5	1
	HEATER MOLD	1	12	12	1
				P.T. SOPLADORA 2 Blanca	71,5
REHEAT BLOW MOLDING MACHINE ASB-NB20MC	MOTOR 440	1	2	11	0,8
	HEATER	1	64	64	1
				P.T. SOPLADORA 3 pet	75
LINEA DE PROCESO DE VASOS	MOTORES	1	4,36	4,36	0,8
	NIQUELINAS	1	19,9	19,9	1
				P.T. DE VASOS	24,26
MÁQUINA DE PROCESO DE TARRINAS	BLOQUE NIQUELINAS 1	10	1,25	12,5	1
	BLOQUE MOTORES 2	15	15	15	0,8
	BLOQUE MOTORES 3	96,2	8,7	105	0,8
	BLOQUE MOTORES 4	4	5,4	5,4	0,8
	MOTOR BLOQUE 1	2	80	80	0,8
			P.T. TARRINAS	217,8	0,84
					FP Promedio 0,9

11.5.1 Informe de la nueva carga del transformador de 200 kVA (13,8 kV/440 V)

En un área de 628 metros cuadrados se va a instalar 9 máquinas destinadas a la fabricación de tarrinas vasos y botellas plásticas, estos equipos operaran de acuerdo con los requerimientos de mercado, es decir no estarán operando permanentemente.

A esta carga que se va a instalar se la multiplicara con un factor de utilización del 0,60 y un factor de potencia del 0.93 como muestra la (Tabla 11.16) ya que no se cuenta con datos reales de factor de potencia debido a que la maquinaria es seminueva, pero la mayoría de los equipos poseen niquelinas y son consideradas como cargas resistivas.

Tabla 11.16 Factores de la nueva maquinaria.

Potencia en kW	Factor de Utilización	Factor de Potencia	Potencia en kVA
725,48	0,6	0,9	483,6533333

11.5.2 Calculo de la Capacidad del Transformador.

Mediante el cálculo de la ecuación (8,11)

$$CT = \frac{kVA}{1,3}$$

$$CT = \frac{483,65}{1,3}$$

$$CT = 372,04 \text{ kVA}$$

Determinación del transformador adecuado para el nuevo hangar de Producción. Me dirijo a la tabla de transformadores. El transformador adecuado y que se aproxima es el de 500 kVA.

Dimensionamos la cargabilidad del transformador al 80 % que indica la regulación antes mencionada.

500 kVA	100%
372,04 kVA	X

$$\text{Cargabilidad} = 74,41 \%$$

Con esto determinamos que el transformador operara en un rango inferior al límite establecido de cargabilidad sin tener inconvenientes.

Denominada tasa de crecimiento geométrico, o por

$$D_n = D_0(1 + r * n)$$

Denominada tasa de crecimiento Geométrico.

Dónde:

D_0 = Demanda actual.

D_n = Demanda para el período de proyección (cargas de diseño).

n = Período de proyección.

DESARROLLO

Para un $r = 0,03$ equivalente al 3% de crecimiento

Crecimiento de la demanda en tres años

$$D_n = 372,038 * (1 + 0.03 * 3)$$

$$D_n = 405.52 \text{ KVA}$$

Crecimiento de la demanda en seis años

$$D_n = 372,038 * (1 + 0.03 * 6)$$

$$D_n = 439.00 \text{ KVA}$$

Crecimiento de la demanda en ocho años

$$D = 372,038 * (1 + 0.03 * 8)$$

$$D_n = 461,32 \text{ KVA}$$

Crecimiento de la demanda en 10 años

$$D_n = 372,038 * (1 + 0.03 * 10)$$

$$D_n = 483,64 \text{ KVA}$$

Ahora teniendo en cuenta que la empresa tendrá una proyección de crecimiento en unos 10 años e implementara nuevos equipos indicamos que el transformador necesario para suplir la carga será de 500 kVA. Igualmente para llegar el factor de potencia 0,93 para que no exista

penalización se efectuó el cálculo de corrección de factor de potencial utilizando la formula (8.15) el correspondiente desarrollo se encuentra en el Anexo 18.

11.5.3 Simulación del sistema añadiendo la nueva carga a la red del transformador de 200 kVA (13,8 kV/440 V) de la empresa INPLASTICO en el software ETAP 12.6.

Mediante el levantamiento de carga de los nuevos equipos que se van a conectar en la empresa se realizó la actualización del diagrama unifilar que se muestra en el Anexo 1 para con esto poder realizar la simulación del sistema añadiendo la nueva carga como muestra la (Figura 11,23) pudiendo efectuar el análisis del sistema mediante los reportes que nos da el software, determinando si soporta el transformador la nueva carga y si se tiene conductores sobrecargados, corrientes, caídas de voltaje y más variables eléctricas.

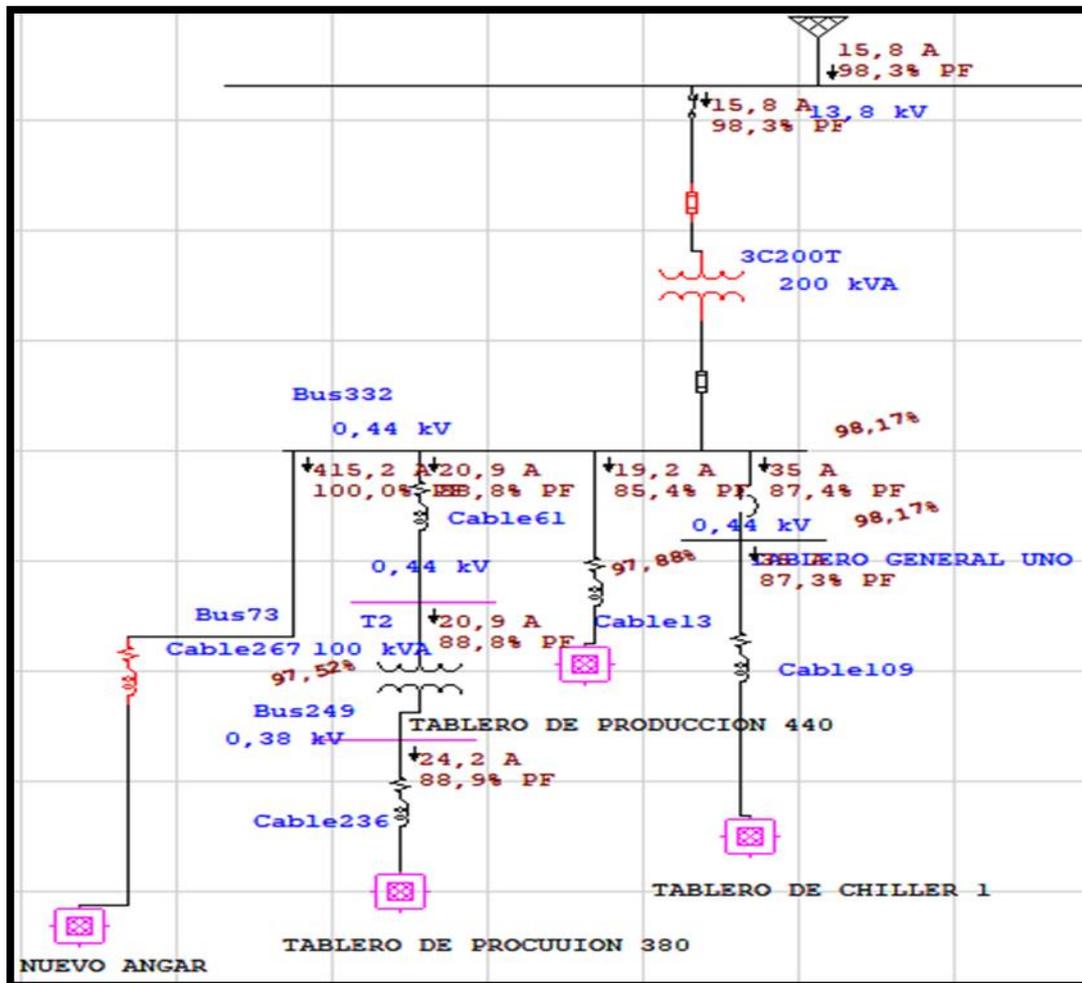


Figura 11.17 Simulación en el programa con la nueva carga al transformador 440 V

El análisis muestra que el sistema no operaría porque el transformador se encuentra muy por encima del límite de cargabilidad, siendo necesario buscar alguna alternativa para solucionar este problema

Las características de instalación de la nueva carga están consideradas en el software ETAP.

En la (Tabla 11.17) siguiente se describe el reporte del transformador de 200 kVA 13.8 kV/440 V, añadiendo la nueva carga, visualizando un estado de sobrecarga del 122,7 % que esta fuera de los límites establecidos y destruiría el transformador.

Tabla 11.17 Reportes de programa ETAP.

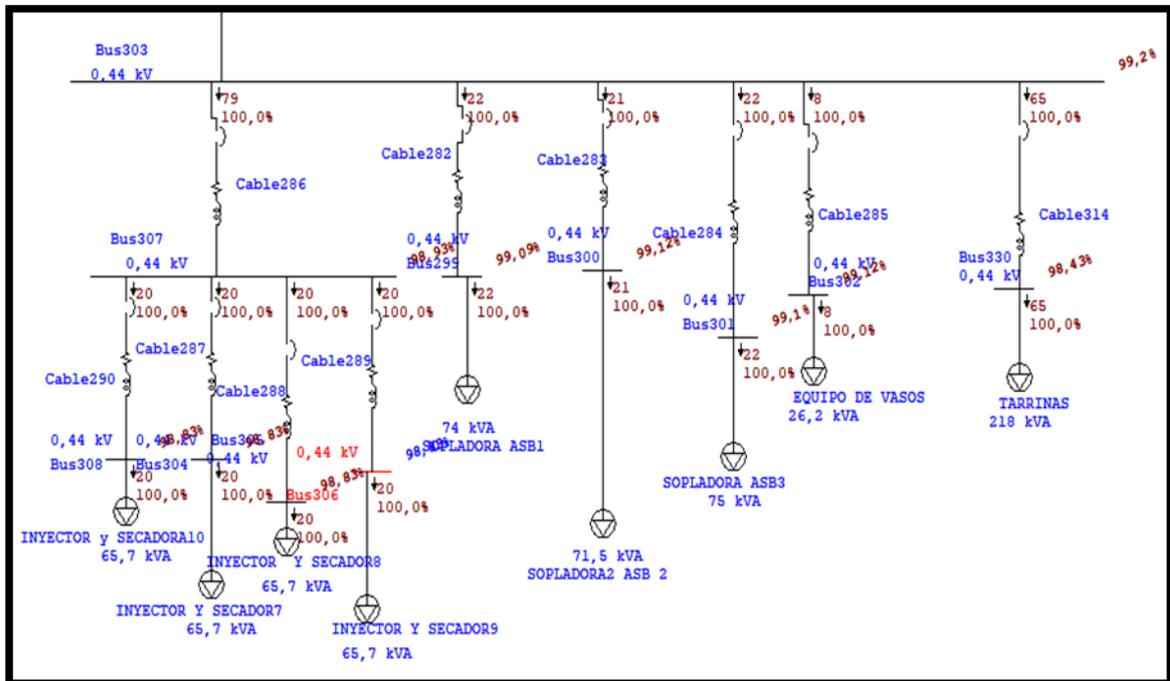
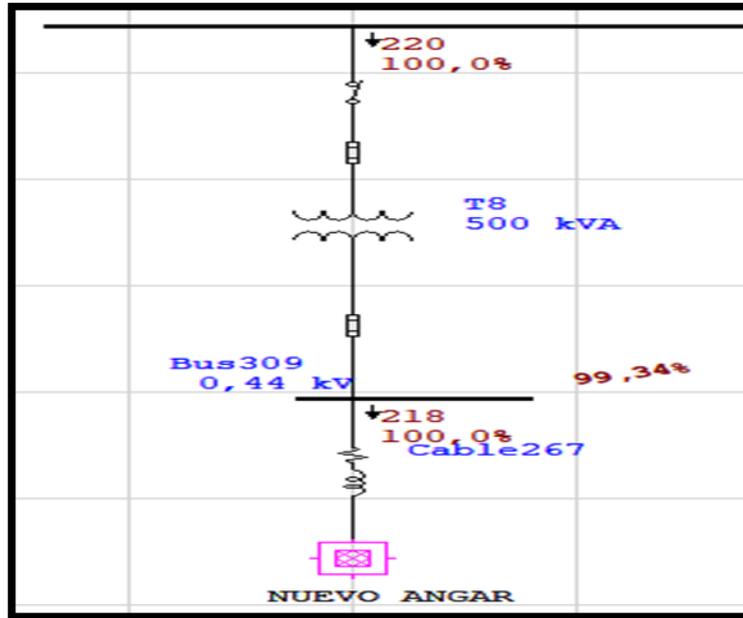
pe	Allowable	Amp Flow	% PF	% Loading
Transf. 2W	0,24 MVA	12,86	97,66	122,7
Cable	95,57 A	19,98	86,73	20,9
Cable	96,33 A	21,18	86,63	22
Cable	142,3 A	17,35	79,28	12,2
Cable	70,05 A	10,96	85,02	15,6
Cable	138,7 A	14,89	98,72	10,7
Cable	96,33 A	3,955	77,9	4,1
Cable	96,33 A	7,222	93,92	7,5
Cable	200,2 A	22,69	95,72	11,3
Cable	138,7 A	75,27	86,73	54,3
Cable	138,7 A	26,09	91,41	18,8
Cable	96,33 A	10,85	87,91	11,3
Cable	168,9 A	10,85	87,93	6,4
Cable	168,9 A	9,132	85,03	5,4
Cable	0 A	9,132	85,02	5,5
Cable	142,3 A	25,63	95,82	18
Cable	512,6 A	295,1	100	57,6
Cable	96,33 A	29,95	100	31,1
Cable	138,7 A	28,93	100	20,9
Cable	138,7 A	30,35	100	21,9
Cable	96,33 A	10,62	100	11
Cable	168,9 A	106,6	100	63,1
Cable	138,7 A	26,65	100	19,2
Cable	138,7 A	26,65	100	19,2
Cable	138,7 A	26,65	100	19,2
Cable	138,7 A	26,65	100	19,2
Cable	96,33 A	88,62	100	92
Transf. 2W	0,12 MVA	22,69	95,73	13,7

En la (Tabla 11,18) se describe los conductores necesarios para la instalación del nuevo equipamiento desde el TDG hasta las cargas.

Tabla 11.18 Selección de conductores de nueva maquinaria

MÁQUINAS	Número	VOLTAGE [kV]	Potencia	Unidad	Factor de potencia [%]	Distancia [m]	HP	KW	KVA	I nom [A]	Utilización factor (%)	I nom [A]	X	r	Sección del conductor(mm^2)	k	Isc	Sección Sc	AWG Sc
Inyectora	4	0,44	41	KW	90%	25	55,13	41,13	45,70	59,97	68%	16,99	0,012	0,714	0,626	257	12000	20,8816	4
Secadoras	4	0,44	24,6	KW	90%	25	32,98	24,60	27,33	35,87	68%	10,16	0,012	1,197	0,373	163	12000	52,0569	1/0
Sopladora 1	1	0,44	74	KW	90%	15	99,20	74,00	82,22	107,89	68%	30,57	0,007	0,396	0,676	210	12000	31,2984	2
Sopladora 2	1	0,44	71,5	KW	90%	18	95,84	71,50	79,44	104,24	68%	29,54	0,008	0,41	0,785	163	12000	52,0569	1/0
Sopladora 3	1	0,44	75	KW	90%	20	100,54	75,00	83,33	109,35	68%	30,98	0,009	0,39	0,916	163	12000	52,0569	1/0
Maq. Vasos	1	0,44	24,26	KW	90%	30	32,52	24,26	26,96	35,37	68%	10,02	0,014	1,213	0,442	210	12000	31,2984	2
Maq. Tarrina	1	0,44	217,8	KW	90%	35	291,96	217,80	242,00	317,54	68%	89,97	0,016	0,128	4,888	210	12000	31,2984	2

11.5.4 Simulación del sistema añadiendo la nueva carga y nuevo transformador a la red del transformador de 200 kVA (13,8 kV/440 V) de la empresa INPLÁSTICO en el software ETAP 12.6.0.



11.5.5 Reporte del estado de la red conectada a la nueva carga en el software ETAP.

En la (Tabla 11,19) se verifica que el dimensionamiento de los conductores respecto a la carga está bien efectuados teniendo las variables de voltaje por debajo del límite del 2% y además las pérdidas de potencia son mínimas demostrando que el sistema simulado es aplicable.

Tabla 11.19 Reporte del estado de la red conectada a la nueva carga en el software ETAP.

ID	Amp Flow	% Loading	% Voltage Drop	kW Losses	kvar Losses
Cable267	288,5	56,3	0,14	0,313	0,606
Cable282	29,29	30,4	0,11	0,025	0,004
Cable283	28,3	20,4	0,08	0,018	0,004
Cable284	29,68	21,4	0,1	0,022	0,005
Cable285	10,38	10,8	0,08	0,006	0,001
Cable286	104,2	61,7	0,27	0,213	0,065
Cable287	26,06	18,8	0,1	0,021	0,005
Cable288	26,06	18,8	0,1	0,021	0,005
Cable289	26,06	18,8	0,1	0,021	0,005
Cable290	26,06	18,8	0,1	0,021	0,005
Cable314	86,64	89,9	0,77	0,507	0,082
T8	9,2	43,7	0,66	1,361	5,391

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

Impacto técnico

El trabajo de investigación del estudio del sistema eléctrico para el incremento de potencia, en la empresa INPLASTICO en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, se determinó corrientes, voltajes, potencia activa, potencia aparente, factor de potencia y energía igualmente el desarrollo del diagrama unifilar permitió realizar el estudio técnico y un análisis completo del sistema para el incremento de potencia.

Impacto social

Está relacionado directamente con los propietarios y trabajador del área eléctrica de la empresa en el análisis que se realizó existe ciertos conductores presenta problemas de cargabilidad, caídas de voltajes elevados esto produce un error en las maquinas genera problemas técnicos y económicos.

Impacto económico

El proyecto de investigación se realizó con el propósito del mejoramiento sistema eléctrico de la empresa el comportamiento del suministro eléctrico existe muchas falencias como

conductores sobrecargados, caídas de voltaje. Con el cambio de calibre de conductores y del transformador con más capacidad mejorara la confiabilidad del sistema eléctrico. Son costo e inversiones.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

Transformador 200 kVA 13.8 kV/440 V

El transformador ubicado en la cámara de transformación de la empresa INPLASTICO se encuentra en un nivel de cargabilidad del 80% estando al límite del rango establecido, con un factor de utilización del 0,8 con una variación de voltaje del 0,68 estando por debajo del límite que es del 3% y un factor de potencia del 0,97 que está por encima del límite que es de 0,92, con esto se determina mi único inconveniente presentado es la cargabilidad, para solucionar esto será necesario realizar el incremento del TAP para mejorar el voltaje y reducir la cargabilidad, a más de eso es necesario el cambio de conductores de las máquinas de mayor consumo del hangar de producción para reducir perdidas por calentamiento de conductores, pero aquello no será suficiente por lo que a este transformador ya no se le puede incrementar más carga y el sistema funcionaria como hasta ahora sin problemas.

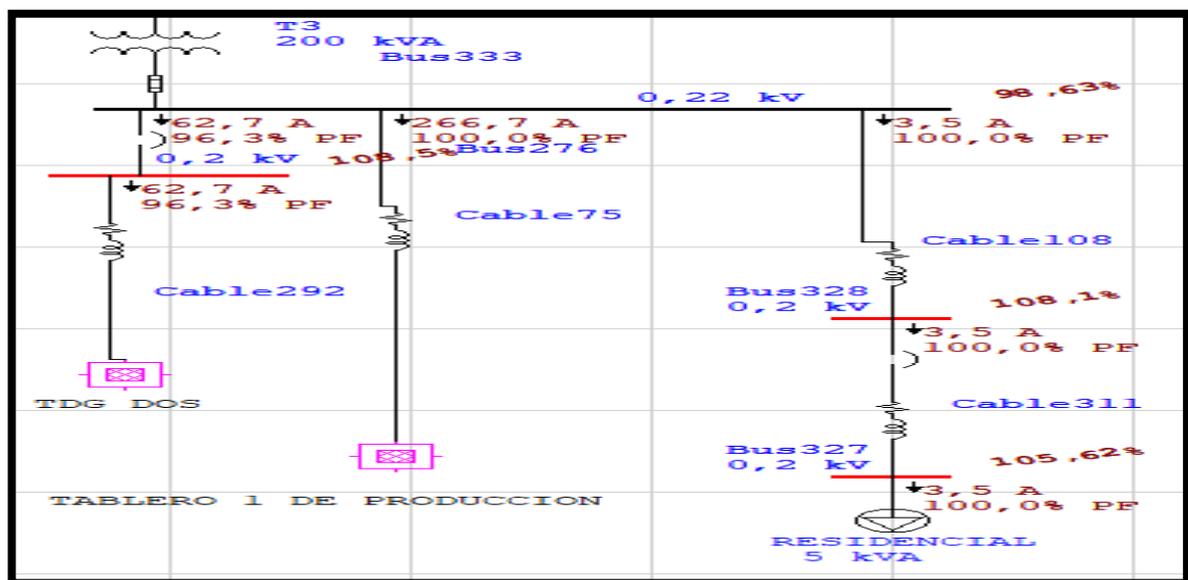


Figura 13.1 Simulación de la propuesta.

En la (figura 13.1) se observa que el transformador ya no está sobrecargado, pero tengo problemas en los tableros de compresores y chiller y en el del circuito residencial en donde habría que cambiar conductores a de un diámetro mayor a los instalados.

Transformador 200 kVA 13.8 kV/440 V

El transformador ubicado en la cámara de transformación de la empresa INPLASTICO se encuentra en un nivel de cargabilidad del 51% estando por debajo del límite establecido, con un factor de utilización del 0,89 con una variación de voltaje del 0,61% y un factor de potencia del 0,93 estado en óptimas condiciones si tener problemas en los circuitos del sistema. A esto hay que detallar que al momento de realizar el estudio dos máquinas se encontraban en mantenimiento, siendo esta una carga representativa al momento de entrar a operar elevando la cargabilidad del transformador.

Transformador 200 kVA 13.8 kV/440 V añadiendo la nueva carga.

Con la nueva carga a instalarse el transformador no soportaría ni siquiera la mitad de los equipos a instalar ya que sus consumos son elevados, como pudimos apreciar el transformador inmediatamente se sobre carga a limites elevados, siendo necesaria para la nueva carga adquirir un nuevo transformador como se muestra en la simulación de ETAP de la (Figura 13,2) y realizar una alimentación independiente, con esto elevaríamos el nivel de confiabilidad de producción con máquinas a 440 V de la empresa a un 50% siendo esta la única opción.

En la figura 13.2 observamos el transformador que necesitaríamos un trifásico tipo subestación de 600 kVA ya que lo recomendable es que cualquier transformador trabaje máximo al 80% de su capacidad nominal.

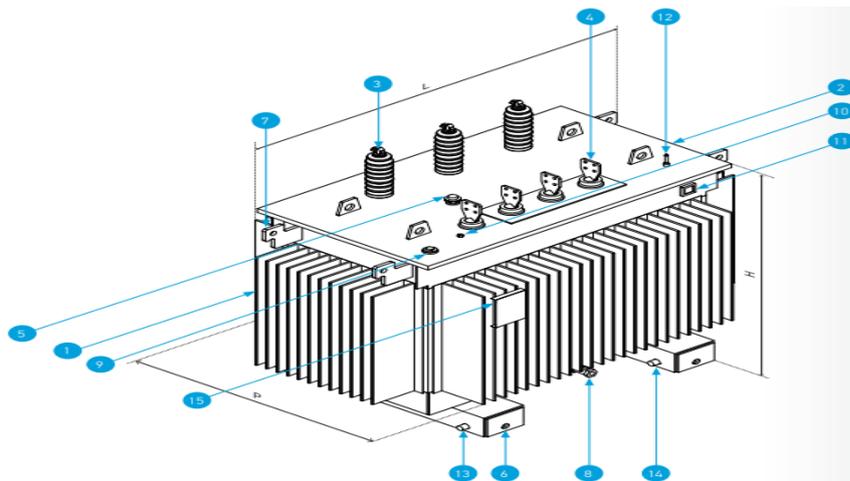


Figura 13.2 Transformador 440 kV/ 500KVA.

En la (Tabla 13,1) se describe las características de construcción de sus componentes que debe tener el transformador de 500 kVA, para su correcto funcionamiento

Tabla 13.1 Componentes del Transformador.

ÍTEM	Cantidad	Descripción	ITEM	Cantidad	Descripción
1	1	Cuba del transformador	9	1	tapón lleno
2	1	Tapa empernada	10	1	Válvula de sobrepresión
3	3	Pasatapas de media tensión	11	1	Nivel de aceite
4	4	Pasatapas de baja tensión	12	1	Válvula de nitrógeno
5	1	Cambiador de derivaciones de 5 pos	13	4	Ruedas bidireccionales
6	2	Chasis	14	2	Conectores a tierra
7	4	Soporte de izado	15	1	Paca de características
8	1	Válvula de drenaje			

El valor de este transformador en la marca ABB oscila de acuerdo al (anexo 14) donde describe su costo.

La inversión en el transformador según la (Tabla 13.3) sería de 50.108,00 dólares americanos sin contar el IVA, a esto hay que añadirle el precio de sus componentes.

Tabla 13.2 Inversión en el Transformador.

Transformador	Unidad	Precio
Transformador 13,8 KVA/440 V (600KVA)	50108	50108
Elementos de transformador	6000	6000
	Total	56108
	12%	6732,96
	Total	62840,96

Montaje e instalación del transformador de 500 kVA

El trabajo lo debe realizar una persona calificada, utilizar las herramientas y quipos apropiados y con las medidas de seguridad pertinentes para evitar accidentes. Antes de manipular el equipo hay que asegurarse de que en el transformador no existan golpes, deformaciones, fugas y que sus accesorios estén en óptimas condiciones.

Para su levantamiento los transformadores poseen de soportes de izado.

Montaje

- Para manipular, levantar y montar el transformador, se debe tomar en cuenta su peso, determinando la necesidad de utilizar un equipo adecuado para su descarga, siendo una grúa, tecla o montacargas.
- Para levantar o manipular el transformador hacerlo siempre se sus soportes de izado jamás de sus accesorios.

Instalación

- Este transformador deberá ser ubicado en una cámara de transformación de acuerdo con las regulaciones emitidas por el ARCONEL, en una base de hormigón.
- Antes de conectarlo a la red de la empresa distribuidora, leer cuidadosamente sus instructivos de voltaje, frecuencia, potencia entre otros.
- Dimensionar e instalar protecciones adecuadas para sobretensiones, sobrecargas y corto circuitos para seguridad del equipo.
- Obligatoriamente se debe realizar una puesta de malla a tierra para proteger a todos los equipos.
- Los terminales de los conductores del secundario de línea y tierra deben estar bien ajustados.
- Una vez realizado todo lo anterior, energizamos el transformador y comprobamos voltajes en el secundario comparándolos con los de placa del transformador.

Basándonos en los costos de los conductores del (Anexo 15) en la marca Centelsa del 2018, se realizó el cálculo del costo total de todos los conductores necesarios para la instalación de la nueva maquinaria detallado en la (tabla).

Tabla 13.3 Costo de los conductores por equipo del nuevo hangar

Costo de conductores Maquinas Inyectoras					
Descripción	Número de maquinas	Metros	Número de fases + Neutro	Precio unitario	Precio Total
Conductores 4 AWG THHN-FLEX (m)	1	25	4	16,9	1690
	1	25	4	16,9	1690
	1	25	4	16,9	1690
	1	25	4	16,9	1690
				Total	6760
Costo de conductores Maquinas Secadoras					
Descripción	Número de máquinas	Metros		Precio unitario	Precio Total
Conductores 1/0 AWG THHN-FLEX (m)	1	25	4	37,93	3793
	1	25	4	37,93	3793
	1	25	4	37,93	3793
	1	25	4	37,93	3793
				Total	15172
Costo de Maquinas Sopladoras					
Descripción	Número de máquinas	Metros (m)		Precio unitario	Precio Total
Conductores 2 AWG THHN-FLEX (m)	1	15	4	25,5	1530
Conductores 1/0 AWG THHN-FLEX (m)	2	18	4	37,93	2730,96
Conductores 1/0 AWG THHN-FLEX (m)	3	20	4	37,93	3034,4
Costo de conductores Maquina Vasos					
Descripción	Número de máquinas	Metros (m)		Precio unitario	Precio Total
Conductores 2 AWG THHN-FLEX (m)	1	30	4	25,5	3060
Costo de conductores Maquina de Tarrinas					
Descripción	Número de máquinas	Metros (m)		Precio unitario	Precio Total
Conductores 2 AWG THHN-FLEX (m)	1	35	4	25,5	3570

Sumando los costos de los conductores necesarios obtenemos la siguiente cantidad detalla en la (tabla 13.4)

Tabla 13.4 Costo total en conductores.

Precio Total de Conductores de C/M	Total
Conductores 1/0 AWG THHN	20937,36
Conductores 2 AWG THHN	8160
Conductores 4 AWG THHN	5070
Subtotal	34167,36
12%	4100,0832
Total	38267,44

Cable que va al TDG y Subtablero	METROS	Número de fases	Precio	total
350 MCM	15	3	23,99	1079,55
250 MCM	10	3	17,13	513,9
			Subtotal	1593,45
			12%	191,214
			total	1784,664

Como un valor estimado asumimos el costo de las protecciones necesarias para la instalación del nuevo equipamiento detallado en la (tabla 13.5).

Tabla 13.5 Costo de Protecciones.

Subtablero			
Breaker marca ABB	Numero	Precio Unitario	Total
Maquinas Inyectoras (60 A)	4	60	240
Maquinas Secadoras (50 A)	3	55	165
Sopladora (1,2,3) (150A)	4	90	360
Máquina de Vasos (50A)	1	55	55
Máquinas de tarrinas	1	360	360
		Subtotal	1180
		12%	141,6
		Total	1321,6

Para la instalación de todo el sistema eléctrico se necesita contratar de mano de obra especializada en instalaciones industriales, debiendo contratar dos personas a estimación propia, en donde el costo se detalla en la (Tabla 13.6)

Tabla 13.6 Costo de Mano de obra

Descripción	Hora	Días	Precio por hora	total
Mano de Obra (2 personas)	8	22	9	3168
Subtotal				3168
12%				380,16
Total				3548,16

Con todo ello se tiene los egresos y la inversión total detallada en la (tabla 13.7)

Tabla 13.7 Inversión total.

Total de egresos	Total
Transformador y elementos	62840,96
Conductores de TDG Y STG	1784,664
Conductores de cada maquina	38267,44
Protección BREAKER	1321,6
	104214,7

Para el cálculo del TIR y el VAN asumimos un valor de ingresos referenciándonos en otras empresas obteniendo un Flujo neto detallado en la (tabla 13.8).

Tabla 13.8 Flujo Neto.

Tasa de interés	10%
Inversión	\$ 107.332,66
Flujos neto	
Año	(A-B)
1	\$ 40.000,00
2	\$ 41.200,00
3	\$ 42.416,00
4	\$ 43.648,48
5	\$ 44.897,93

Finalmente obtenemos el cálculo del VAN y TIR.

Van	\$52.638,91
TIR	27%

Relación Beneficio / Costo

$$\text{Periodo de Recuperación} = \frac{\text{Inversión Realizada}}{\text{Ahorro Total}} = \frac{104214,7}{40000} = 26,05 \text{ Meses}$$

Esto quiere decir que la inversión se recuperara en el lapso de 2 años 2 mese

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El estudio de cargabilidad mediante el análisis de los datos obtenidos por el analizador Fluke 435 y la simulación en el software ETAP incorporando la nueva carga en el transformador de 200 kVA 13,8 kV/440 V de marca TRANSENUL se concluyó que el transformador no podrá resistir la nueva carga y se deberá adquirir un nuevo transformador.
- Para este trabajo se utilizó información bibliográfica usando definiciones y criterios técnicos de libros, paper, páginas web y parámetros que están encaminados en el desarrollo de la propuesta planteada.
- Para la actualización del diagrama unifilar se efectuó el levantamiento de las cargas actuales de los dos transformadores y de igual manera de la nueva carga, para esto se manejó el programa AutoCAD en el cual se ejecutó el dibujo de los circuitos con su respectiva protección.
- Mediante las mediciones realizadas a los dos transformadores con el analizador FLUKE -345 se plasmó un estudio de los parámetros eléctricos más importantes y con la ayuda de los histogramas de frecuencia se obtuvo datos reales determinado el comportamiento del sistema eléctrico.
- Con el programa ETAP se desarrolló la simulación de los dos transformadores con sus cargas actuales y nueva carga determinando el análisis de los flujos de potencias obteniendo resultados que el transformado de 220 V y de 440 V esta con un factor de cargabilidad del 80% y 59% respectivamente.
- En los resultados obtenidos no se encontraron armónicos superiores al 3% reflejando un sistema bajo en contaminación de armónicos.
- El factor de potencia de los dos transformadores se encuentran por encima del límite establecido por el ARCONEL que es de 0,92 estando la empresa libre de penalización.
- El problema de desbalance de corriente en la línea 3 en el transformador de 200 kVA a 13.8 kV/440 V se debe al ingreso de una bomba de agua monofásica instalada en la empresa haciendo que esta fase caiga en relación a las otras fases.

- Se concluye el cambio de calibre de conductores en el transformador 200 kVA 13,8 kV/220 V porque existe cables sobrecargado, ocasionando pérdidas de energía viéndose reflejadas en la planilla eléctrica de la empresa representando un declive económico.

Recomendaciones

- Realizar un mantenimiento preventivo a la cámara de transformadores, puesto que está sometida a condiciones de contaminación y esto puede provocar daños a los transformadores ahí colocados ocasionando desperfectos en el sistema eléctrico de la empresa INPLASTICO.
- Es recomendable al transformador de 200 kVA 13,8 kV/220 V ya no incorporar más carga ya que se encuentra en el límite de la cargabilidad recomendada por la norma antes mencionada.
- Se recomienda actualizar periódicamente el diagrama unifilar, ya que esto es de vital importancia para conocer las condiciones del sistema.
- No es necesario realizar un balance de cargas ya que el sistema prácticamente se encuentra balanceado y cumple con las normas establecidas.
- Mediante el estudio realizado se recomienda adquirir un nuevo transformador de 500 kVA bañado en aceite, para que la nueva carga pueda trabajar sin ningún problema, sugiriendo hacer un estudio de mercado para determinar el transformador económicamente apropiado.
- Para el posterior montaje e instalación del transformador y equipos nuevos contratar profesionales que manejen el área eléctrica.
- Para la instalación de la nueva carga asumimos un factor de potencia promedio del 0,9 siendo necesario corregirlo si es que al momento de operar los nuevos equipos el factor de potencia es el mencionado o inferior, utilizando un banco de capacitores de 40 kVaR para obtener un factor de potencia superior al que indica la regulación del ARCONEL y no ser causa de penalización

15. Bibliografía

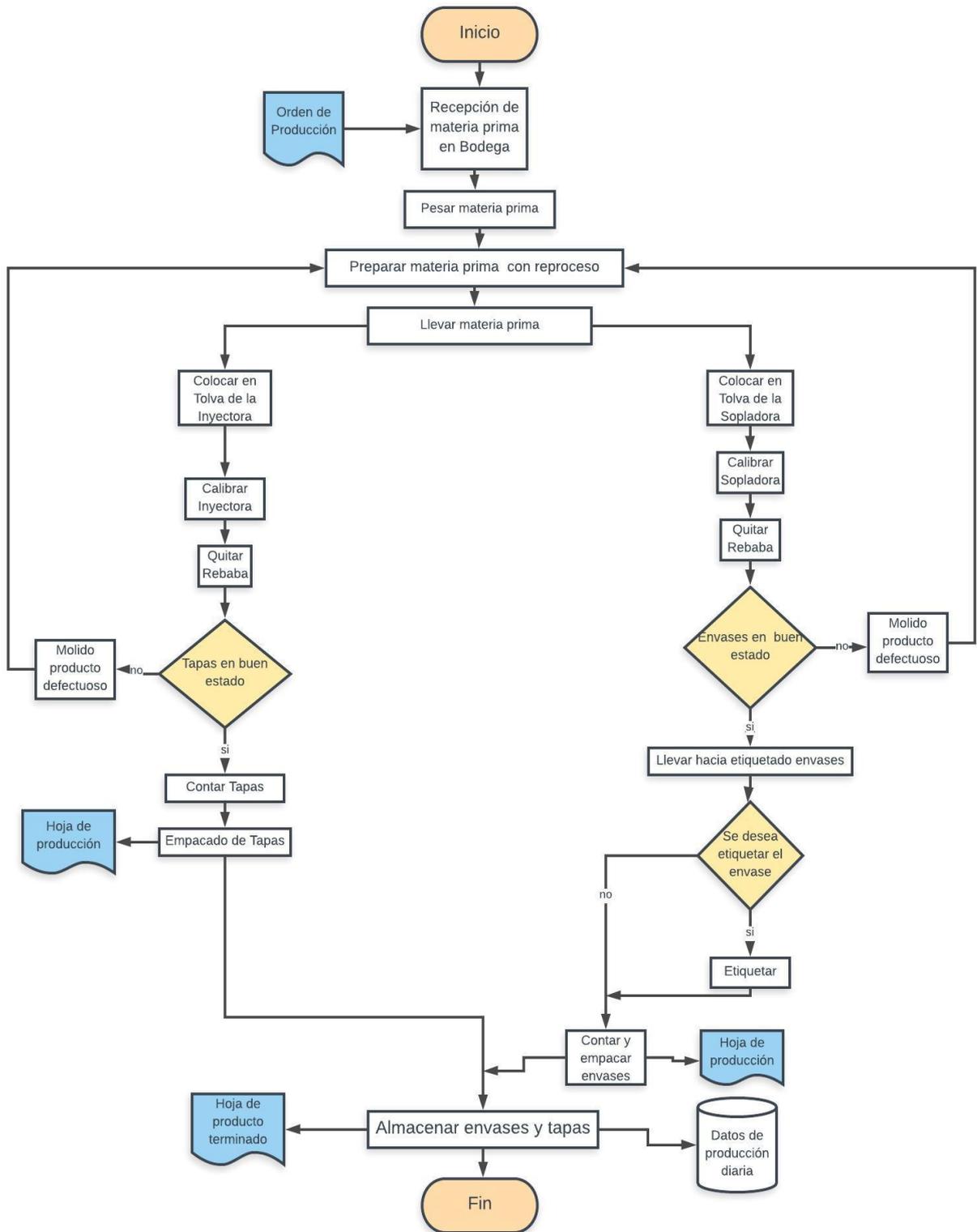
- [1] A. D. P. GUAMANGALLO, DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA EN LA EMPRESA INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI APLICANDO LA NORMA ISO 50001., Universidad de las fuerzas Armadas, DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA, 2015.
- [2] S. E. H. Noriega, Rediseño y Ampliación del Sistema Eléctrico de la Empresa Inplastic, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, 2016.
- [3] N. V. W. Javier, ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LA METALMECÁNICA MOGRO BARRIGACIA. LTDA. EN STO. DGO. DE LOS COLORADOS MEJORANDO EL FACTOR DE POTENCIA, Universidad Técnica de Cotopaxi, FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS, 2017.
- [4] P. C. M. V. & S. T. B. Jeovanny, "ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS, 2018.
- [5] E. A. C. E. & X. F. S. Maxi., "CARGABILIDAD EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA, INCIDENCIA EN LA VIDA UTIL, PERDIDAS DE ENERGÍA Y CONDICIONES OPERTIVAS", UNIVERSIDAD POLITÉNICA SALESIANA SEDE CUENCA, FACULTAD DE INGENIÍAS, 2010.
- [6] A. A. E. NICOLAY, "ESTUDIO DE CARAGA ELÉCTRICA PARA DIMENSIONAR EL SISTEMA ELÉCTRICO EN LA PLANTACIÓN DE LA CORPORACIÓN KALLARY, UBICADA EN LA PROVINCIA DE NAPO SECTOR TENA", UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIA DE INGENIERÍA Y APLICADAS. , 2015.
- [7] G. E. Harper, Elementos de diseño de las instalaciones eléctricas industriales, Mexico : Limusa, 2002.

- [8] ARCONEL, 1 8 2015. [En línea]. Available: <http://www.conelec.gob.ec/>. [Último acceso: 23 04 2018].
- [9] E. Harper, Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales, Mexico: Limusa, 2005.
- [10] D. S. Aceituno, «EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR ELECTRICO,» España, 2011.
- [11] D. F. Guzman, Instalaciones Electricas Industriales I, Cochobamba , 2002.
- [12] S. R. CASTAÑO, «Redes de Distribución,» Manizales, Colombia, 2004.
- [13] A. CONTRIN, «Instalaciones Electricas,» Mc Graw Hill, Mexico , 2000.
- [14] Schneider Electric España, S.A., Guía de diseño de Instalaciones Eléctricas, España: Printed in Spain, 2008.
- [15] L. Zambrano, «Prosupuesto para el estudio de optimizacion de Cargabilidad de Transformador de Distribución en la Empresa Eléctrica Pública de Guyaquil. Sector Bolivariana.,» 8 2012 Agosto. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2557/14/UPS-GT000297.pdf>. [Último acceso: 2 Febrero 2018].
- [16] S. J. Chapman, Maquinas Eléctricas Quinta edición, Mexico : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A. DE C.V., 2015.
- [17] GRUPO DE GESTIÓN EFICIENTE DE ENERGÍA, KAI, «Eficiencia Energética en Transformadores Eléctricos,» Colombia , 2015.
- [18] G. E. Harper, Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales, Mexico: Limusa, 1996.
- [19] J. D. J. Cervantes, Sistemas de distribución, México : Sans Serif, 1995.
- [20] OKONITE, «HANBOOK,» 15 10 2010. [En línea]. Available: <https://www.okonite.com/about/engineering-technical-center/voltage-regulation>. [Último acceso: 1 7 2018].

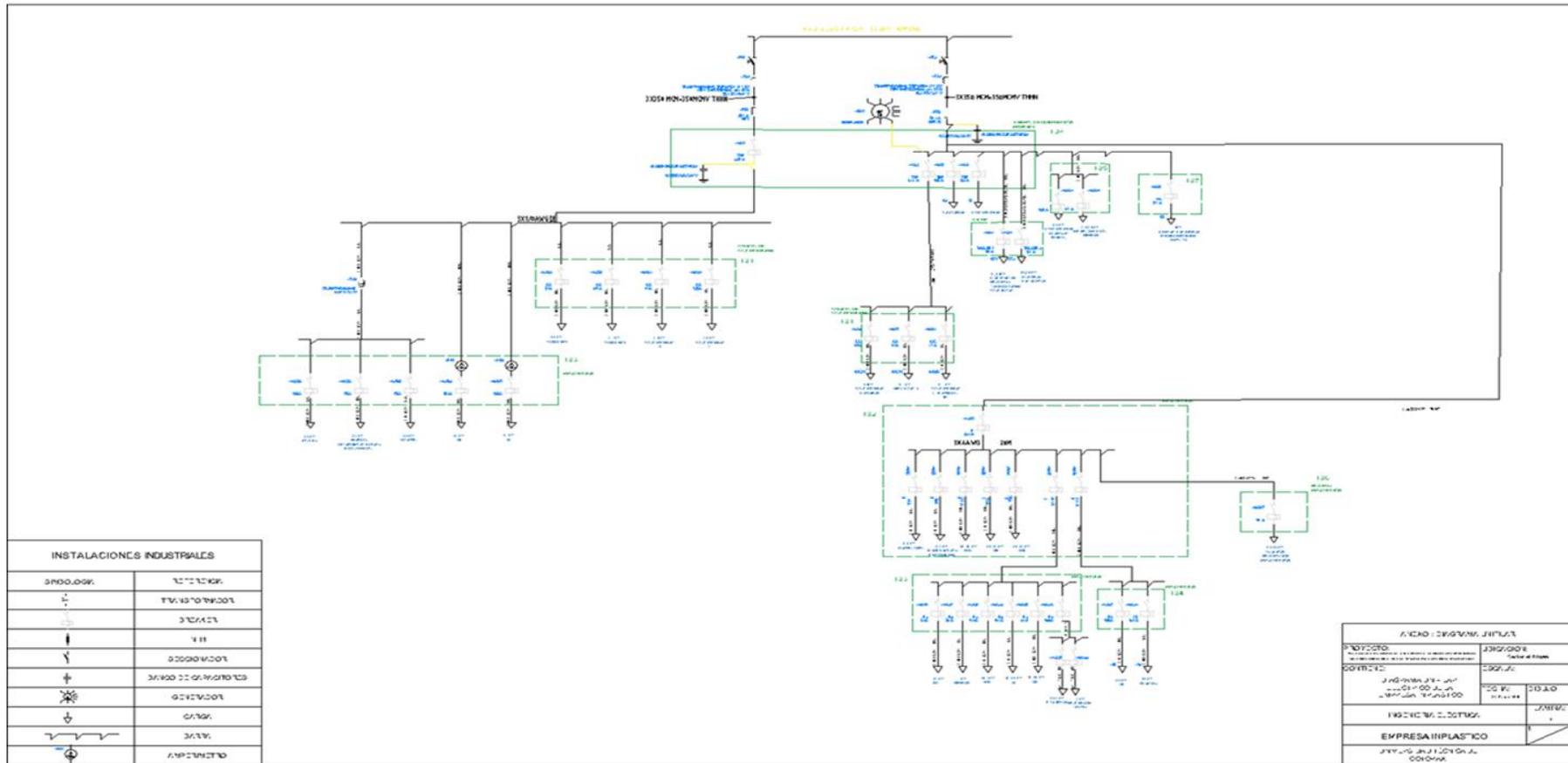
- [21] A. d. R. y. C. d. E. Electricidad., «Pliego Tarifario para Empresas Electricidad de Distribución.,» 11 Enero 2018. [En línea]. Available: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/2018-01-11-Pliego-y-Cargos-Tarifarios-del-SPEE-20182.pdf>. [Último acceso: 07 Julio 2018].
- [22] C. 0. 01, «Calidad de servicio electrico de Distribucion,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Regulacion-No.-CONELEC-004-01.pdf>. [Último acceso: 2018 Julio 20].
- [23] I. T. a. D. Committe, «IEEE Recommended Practice for,» *Revision of IEEE Std 1159-1995*, 2009.
- [24] C. G. & E. Virginia., «Desbalances - Estudio de alternativas para su estimación.,» Instituto de Ingenieria Eléctrica, 2010.
- [25] J. D. J. Cervantes, *Sistemas de distribución de energía eléctrica*, Mexico : Sans Serif Editores., 1995.
- [26] Fluke130. [En línea]. Available: <http://www.fluke.com/fluke/eces/medidores-de-calidad-de-la-energia-electrica/logging-power-meters/fluke-1735.htm?pid=5602>. [Último acceso: 16 Enero 2018].
- [27] ETAP, «etap,» [En línea]. Available: <http://etapesp.es/etap.html>. [Último acceso: 16 Enero 2018].
- [28] M. PORVEDA, *A New Method to Calculate Power Distribution Losses in an Environment.*, High Unregistered, 2009.

ANEXOS

Anexo 1 Ilustración de los procesos de producción de la Empresa INPLASTICO.



Anexo 2 Diagrama unifilar de la empresa INPLASTICO.



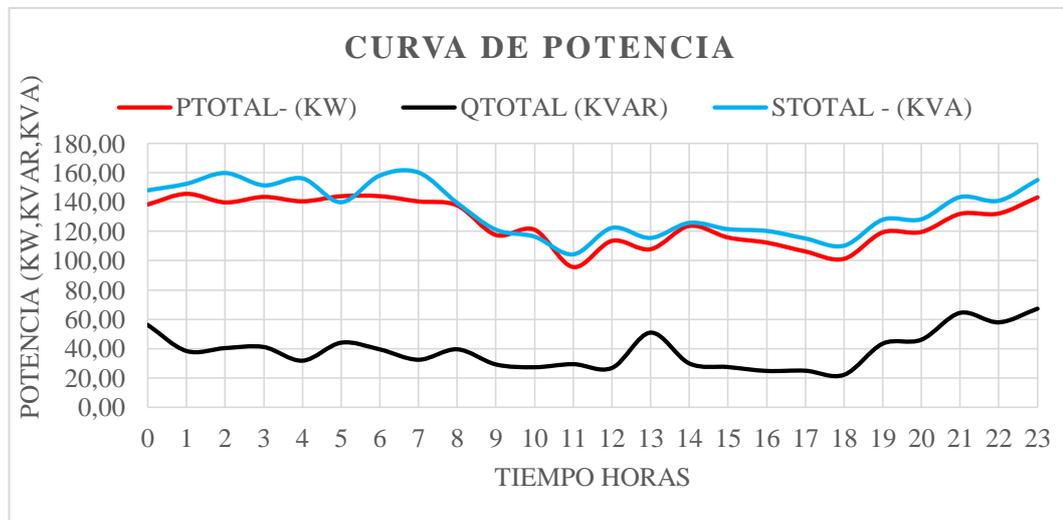
Anexo 3 Levantamiento de Carga del transformador 200 kVA.

LEVANTAMIENTO DE CARGA TRANSFORMADOR 200 kVA (13.8Kv/220 V)				
NOMBRE	DESIGNACIÓN	CANTIDAD	MAQUINA	POTENCIA (kW)
TS1	QA6	1	COMPRESOR 1 PISTÓN	20
	QA7	1	SECADOR 1	0,7
	QA10	1	COMPRESOR 3 TORNILLO IR	20
TOTAL				40,7
TS2	QA12	1	TORNO CNC	8,8
	QA13	1	FAJILLADORA MECKSLIEV	2,3
	QA14	1	S11	20,13
	QA15	1	S9	20,13
	QA16	1	S10	20,13
TOTAL				71,49
TS3	QA19	1	S1	7,45
	QA20	1	BEBAS	7
	QA21	1	S12	20,5
	QA22	1	S3	15,28
	QA23	1	S2	15,28
	QA24	1	MOLINO	2,23
		1	BOMBA DE AGUA	3
TOTAL				70,74
TS4	QA27	1	S5	22
	QA28	1	NARITA	10
TOTAL				32
Taller	QA8	6	LAMPARAS BODEGA COMEDOR VESTIDORES	3,14
		2	TORNOS	7,45
	QA9	2	TALADROS	2,64
TOTAL				13,23
TS5	QA48	1	EMBOTELLADO BEBAS	5,4
	QA49	1	LUMINARIAS HANGAR NUEVO	1,2
TOTAL				6,6
TS6	QA47	1	BODEGA DE PRODUCCIÓN	1
TOTAL				1
TS7	QA5	1	DEPARTAMENTOS RESIDENCIALES TIPO A	10
TOTAL				10

Anexo 4 Datos de la representación de la curva diaria del transformador 440V.

Hora	PL1 - (KW)	PL2 - (KW)	PL3- (KW)	PTOTAL- (KW)
0	47,76	45,79	44,79	138,34
1	49,32	48,43	47,86	145,61
2	47,79	47,03	44,95	139,78
3	49,22	47,18	47,11	143,51
4	47,56	47,57	45,39	140,52
5	51,15	47,25	45,59	143,99
6	51,26	46,41	46,35	144,02
7	49,19	46,49	44,74	140,43
8	42,96	48,06	46,66	137,68
9	38,65	41,80	37,08	117,53
10	44,55	43,75	32,80	121,11
11	31,78	32,12	31,74	95,64
12	38,66	37,08	37,78	113,52
13	37,18	36,21	34,46	107,85
14	43,58	39,80	40,34	123,72
15	44,37	39,84	31,62	115,83
16	42,22	36,35	33,74	112,32
17	36,30	34,38	35,59	106,28
18	33,30	33,77	34,19	101,25
19	41,30	40,50	37,54	119,35
20	41,05	40,25	38,28	119,58
21	47,67	43,56	40,70	131,93
22	43,21	46,04	42,94	132,20
23	49,33	48,15	45,71	143,19
MAX	51,26	48,43	47,86	145,61
MIN	31,78	32,12	31,62	95,64
PROMEDIO	43,72	42,41	40,33	126,47

Anexo 5 Curva de potencia activa, reactiva y aparente Transformador de 440V.



Anexo 6 Datos de voltajes del transformador 220 V

Hora	V_L1 (V)	V_L2 (V)	V_L3 (V)
0	130,66	130,07	128,52
1	128,23	127,66	127,13
2	128,98	128,46	127,90
3	128,09	128,34	126,90
4	127,26	126,87	126,10
5	128,97	128,44	127,81
6	127,89	127,03	126,70
7	129,25	128,51	128,19
8	129,43	128,38	127,16
9	129,54	128,94	128,74
10	127,17	126,23	126,41
11	128,91	129,29	128,57
12	130,41	129,20	129,04
13	130,49	129,75	127,62
14	130,70	130,42	128,10
15	130,44	127,01	127,16
16	130,93	128,20	129,17
17	131,90	128,69	128,70
18	131,16	130,30	130,02
19	127,40	127,29	126,80
20	129,24	128,24	127,79
21	128,93	128,37	127,82
22	130,03	128,38	127,87
23	130,52	129,11	128,41
MAX	131,90	130,42	130,02
MIN	127,17	126,23	126,10
PROMEDIO	129,44	128,47	127,86

Anexo 7 Datos de desbalance de voltajes 220v

Hora	V_L1 (V)	V_L2 (V)	V_L3 (V)	PROMEDIO	MÁXIMO	DESVIACIÓN MAXIMA	DESBALANCE %
0	130,66	130,07	128,52	129,75	130,66	0,91	0,70
1	128,23	127,66	127,13	127,68	128,23	0,56	0,44
2	128,98	128,46	127,90	128,45	128,98	0,53	0,41
3	128,09	128,34	126,90	127,77	128,34	0,56	0,44
4	127,26	126,87	126,10	126,74	127,26	0,51	0,40
5	128,97	128,44	127,81	128,41	128,97	0,56	0,44
6	127,89	127,03	126,70	127,21	127,89	0,69	0,54
7	129,25	128,51	128,19	128,65	129,25	0,60	0,47
8	129,43	128,38	127,16	128,32	129,43	1,11	0,86
9	129,54	128,94	128,74	129,07	129,54	0,47	0,36
10	127,17	126,23	126,41	126,61	127,17	0,57	0,45
11	128,91	129,29	128,57	128,92	129,29	0,37	0,29
12	130,41	129,20	129,04	129,55	130,41	0,86	0,66
13	130,49	129,75	127,62	129,29	130,49	1,20	0,93
14	130,70	130,42	128,10	129,74	130,70	0,96	0,74
15	130,44	127,01	127,16	128,20	130,44	2,24	1,75
16	130,93	128,20	129,17	129,43	130,93	1,50	1,16

17	131,90	128,69	128,70	129,77	131,90	2,13	1,64
18	131,16	130,30	130,02	130,49	131,16	0,66	0,51
19	127,40	127,29	126,80	127,16	127,40	0,24	0,19
20	129,24	128,24	127,79	128,42	129,24	0,82	0,64
21	128,93	128,37	127,82	128,37	128,93	0,56	0,44
22	130,03	128,38	127,87	128,76	130,03	1,28	0,99
23	130,52	129,11	128,41	129,35	130,52	1,17	0,90
MAX	131,90	130,42	130,02	130,49	131,90	2,24	1,75
MIN	127,17	126,23	126,10	126,61	127,17	0,24	0,19
PROMEDIO	129,44	128,47	127,86	128,59	129,46	0,88	0,68

Anexo 8 Datos de desbalance de corrientes por línea del transformador 220V.

Hora	I L1- (A)	I L2- (A)	I L3- (A)	PROMEDIO	MÁXIMO	DESBALANCE %
0	397,16	376,46	375,48	383,03	397,16	3,69
1	427,46	390,1	394,8	404,12	427,46	5,78
2	431,98	418,5	409,26	419,91	431,98	2,87
3	413,88	395,12	381,48	396,83	413,88	4,30
4	428,3	403,6	353,74	395,21	428,30	8,37
5	436,84	411,76	279,28	375,96	436,84	16,19
6	442,9	412	419,5	424,80	442,90	4,26
7	447,28	424,18	426,58	432,68	447,28	3,37
8	326,94	282,56	412,1	340,53	412,10	21,02
9	324,98	283,46	314,86	307,77	324,98	5,59
10	311,58	337,44	271,92	306,98	337,44	9,92
11	276,52	282,32	274,86	277,90	282,32	1,59
12	332,88	318,12	291,76	314,25	332,88	5,93
13	270,9	303,6	294,42	289,64	303,60	4,82
14	365,74	320,64	316,28	334,22	365,74	9,43
15	353,98	340,22	344,3	346,17	353,98	2,26
16	330,56	292,7	329,46	317,57	330,56	4,09
17	310,42	279,28	306,46	298,72	310,42	3,92
18	301,12	299,4	262,92	287,81	301,12	4,62
19	348,74	316,88	320,16	328,59	348,74	6,13
20	383,88	324,36	313,9	340,71	383,88	12,67
21	392,38	363,28	366,8	374,15	392,38	4,87
22	368,68	391,24	399,9	386,61	399,90	3,44
23	286,14	403,78	392,3	360,74	403,78	11,93
MAX	447,28	424,18	426,58	432,68	447,28	21,02
MIN	270,90	279,28	262,92	277,90	282,32	1,59
PROMEDIO	362,97	348,79	343,86	351,87	375,40	6,71

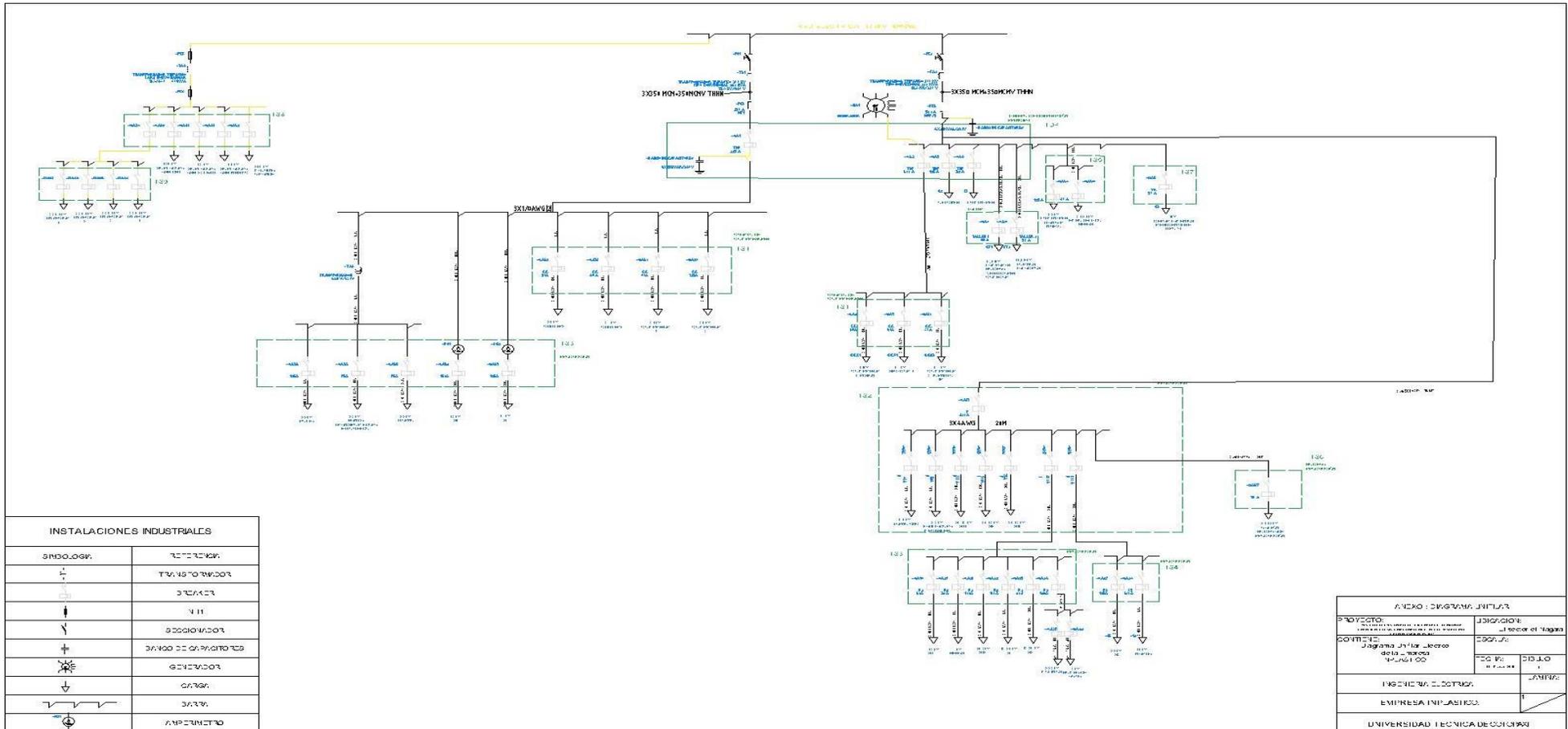
Anexo 9 Perdidas de Potencia Transformador 200 kVA (13,8 kV/220 V).

Perdidas de Potencia Transformador 200 kVA (13,8 kV/220 V)								
Tiempo	kW	FP	KVA	kWh en intervalo	kWh acum	Perd Fe	Pérd Cu	Perd totales
0:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,568	0	0,568
1:00	145,614	0,97	149,91	36,4	36,400	0,568	1,22	1,788
2:00	139,778	0,97	144,1	34,94	71,340	0,568	1,12	1,688
3:00	143,512	0,97	147,44	35,88	107,22	0,568	1,18	1,748
4:00	140,516	0,97	144,17	35,13	142,35	0,568	1,13	1,698
5:00	143,994	0,98	146,93	36	178,35	0,568	1,78	2,348
6:00	144,02	0,98	147,36	36,01	214,36	0,568	1,78	2,348
7:00	140,426	0,98	142,71	35,11	249,47	0,568	1,7	2,268
8:00	137,68	0,98	139,92	34,42	283,89	0,568	1,63	2,198
9:00	117,534	0,98	119,93	29,38	313,27	0,568	1,19	1,758
10:00	121,11	0,98	123,16	30,28	343,55	0,568	1,26	1,828
11:00	95,644	0,98	97,6	23,91	367,46	0,568	0,79	1,358
12:00	113,518	0,97	116,63	28,38	395,84	0,568	0,74	1,308
13:00	107,85	0,97	110,88	26,96	422,8	0,568	0,67	1,238
14:00	123,718	0,98	126,24	30,93	453,73	0,568	1,32	1,888
15:00	115,832	0,98	118,2	28,96	482,69	0,568	1,15	1,718
16:00	112,318	0,98	114,61	28,08	510,77	0,568	1,09	1,658
17:00	106,276	0,97	109,56	26,57	537,34	0,568	0,65	1,218
18:00	101,254	0,98	103,46	25,31	562,65	0,568	0,88	1,448
19:00	119,348	0,97	122,95	29,84	592,49	0,568	0,82	1,388
20:00	119,58	0,98	122,44	29,9	622,39	0,568	1,23	1,798
21:00	131,93	0,97	136,01	32,98	655,37	0,568	1	1,568
22:00	132,196	0,96	137,99	33,05	688,42	0,568	0,75	1,318
23:00	143,194	0,94	25,00	35,8	724,22	0,568	0,58	1,148
Total						13,632	25,660	39,292
							102,64	

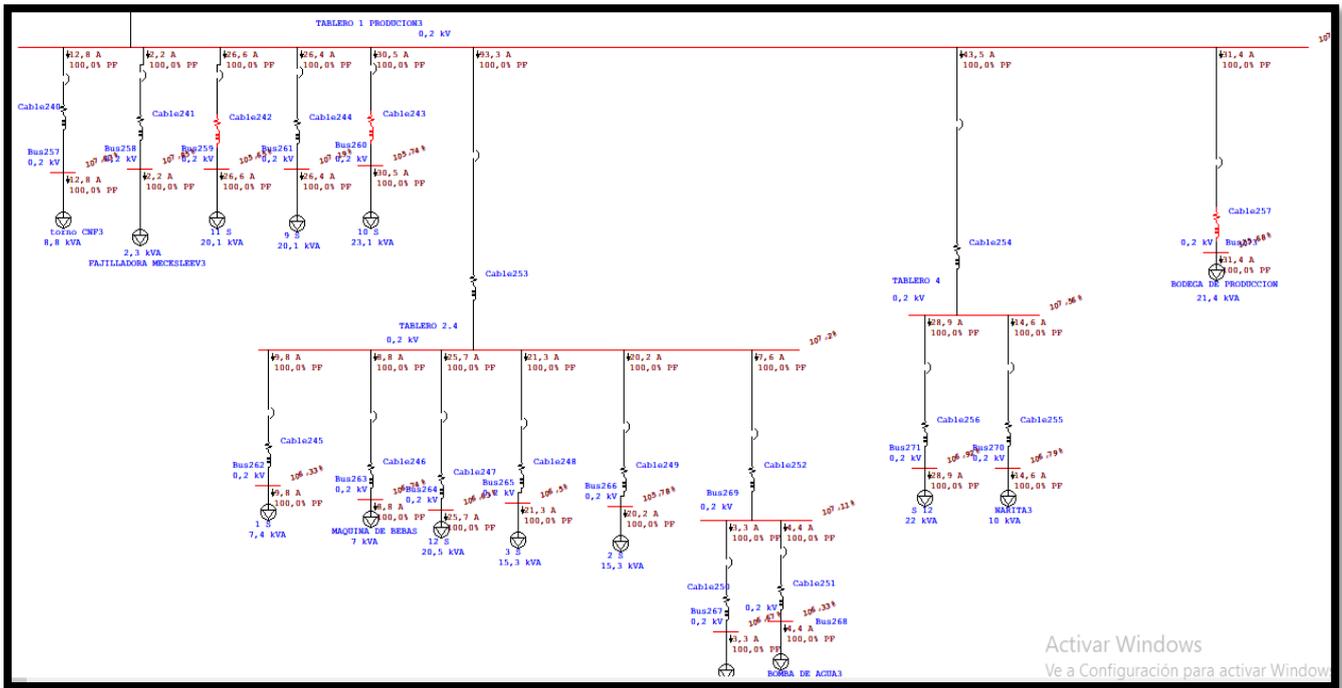
Anexo 10 Datos de potencia aparente por línea del transformador 220 V

Hora	SL1 - (KVA)	SL2 - (KVA)	SL3- (KVA)	STOTAL - (KVA)
0	51,34	48,66	48,01	148,01
1	53,92	49,19	49,36	152,47
2	55,08	52,93	51,84	159,84
3	52,82	50,32	48,27	151,41
4	53,88	50,60	51,69	156,17
5	54,21	50,73	34,97	139,92
6	54,89	51,05	52,18	158,12
7	55,44	52,29	52,44	160,17
8	50,16	51,50	37,71	139,37
9	41,02	40,57	39,54	121,13
10	35,30	46,74	34,36	116,40
11	34,78	35,26	34,30	104,34
12	41,77	43,99	36,63	122,38
13	39,38	38,58	37,54	115,51
14	37,44	44,29	44,09	125,83
15	44,50	42,89	34,12	121,51
16	41,67	36,92	41,70	120,29
17	39,91	36,10	39,15	115,17
18	38,72	31,73	39,77	110,23
19	44,36	43,12	40,49	127,97
20	48,38	40,66	39,26	128,30
21	50,26	46,52	46,64	143,42
22	46,85	49,65	44,43	140,93
23	53,65	51,58	49,85	155,08
MAX	55,442	52,93	52,436	160,17
MIN	34,78	31,73	34,12	104,34
PROMEDIO	46,66	45,24	42,85	134,75

Anexo 11 Diagrama Unifilar Eléctrico de la Empresa INPLASTICO con la nueva carga.



Anexo 12 la carga conectada al transformador de 200 kVA 13.8 kV/220 V

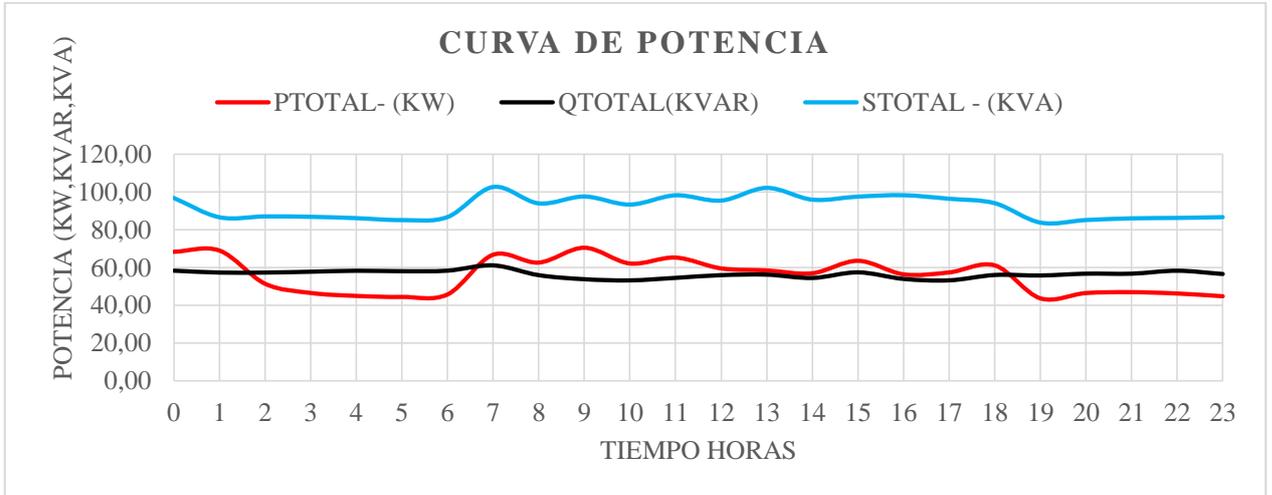


Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows

Anexo 13 Reportes de conductores de la simulación del transformador a 220 V.

ID	Type	Allowable	Amp Flow	% Loading	kW Losses	kvar Losses
Cable75	Cable	323,9 A	362,7	112	1,027	0,844
Cable108	Cable	19,24 A	3,454	17,9	0,005	0
Cable240	Cable	55,53 A	12,65	22,8	0,012	0,001
Cable241	Cable	55,53 A	2,202	4	0	0
Cable242	Cable	24,5 A	26,31	107,4	0,203	0,005
Cable243	Cable	24,5 A	30,21	123,3	0,223	0,006
Cable244	Cable	35,88 A	26,11	72,8	0,063	0,003
Cable245	Cable	12,77 A	17,35	135,9	0,093	0,001
Cable246	Cable	12,77 A	15,47	121,2	0,044	0,001
Cable247	Cable	35,88 A	45,35	126,4	0,158	0,007
Cable248	Cable	35,88 A	33,82	94,3	0,132	0,006
Cable249	Cable	24,5 A	35,77	146	0,312	0,008
Cable250	Cable	12,77 A	5,176	40,5	0,012	0
Cable251	Cable	12,77 A	6,983	54,7	0,03	0
Cable252	Cable	138,7 A	12,16	8,8	0,006	0,002
Cable253	Cable	138,7 A	159,9	115,3	0,657	0,164
Cable254	Cable	138,7 A	74,16	53,5	0,148	0,037
Cable255	Cable	24,5 A	23,18	94,6	0,098	0,003
Cable256	Cable	35,88 A	50,98	142,1	0,199	0,009
Cable257	Cable	24,5 A	31,1	126,9	0,236	0,006
Cable292	Cable	168,9 A	120,7	71,4	0,143	0,043
Cable294	Cable	12,77 A	49,16	385	0,893	0,011
Cable295	Cable	12,77 A	13,05	102,2	0,068	0,001
Cable296	Cable	32,68 A	48,1	147,2	0,16	0,007
Cable297	Cable	95,57 A	103,1	107,9	0,329	0,065
Cable298	Cable	138,7 A	51,55	37,2	0,033	0,008
Cable299	Cable	138,7 A	51,55	37,2	0,033	0,008
Cable300	Cable	12,77 A	0,794	6,2	0,001	0
Cable301	Cable	122,4 A	0,794	0,6	0	0
Cable302	Cable	414 A	1,751	0,4	0	0
Cable303	Cable	414 A	1,751	0,4	0	0
Cable304	Cable	95,57 A	3,502	3,7	0	0
Cable305	Cable	414 A	6,811	1,6	0,001	0
Cable306	Cable	414 A	4,54	1,1	0	0
Cable307	Cable	166,7 A	11,35	6,8	0,002	0
Cable308	Cable	138,7 A	3,061	2,2	0	0
Cable309	Cable	45,49 A	3,061	6,7	0,003	0
Cable311	Cable	12,77 A	3,454	27	0,029	0
T3	Transf. 2W	0,18 MVA	7,919	102,8	3,172	9,801

Anexo 14 Curva de las potencias activa, reactiva y aparente transformador de 440 V.



Anexo 15 Transformador en la marca ABB.

Voltaje en el lado de AT. Voltios	Voltaje en el lado de BT. Voltios		KVA	Descripción del producto BA PG	Código	Precios en COP sin IVA
	Plena carga	En Vacío				
13.800 – 13.200	208-120 220-127 440-254 460-266	214-124 228-132 460-266 480-277	300	MDT	UBH 00XX	\$ 31.960.000
			400	MDT	UBI 00XX	\$ 42.030.000
			500	MDT	UBJ 00XX	\$ 50.108.000
			630	MDT	UCA 00XX	\$ 58.192.000
			800	MDT	UCC 00XX	\$ 71.999.000
			1.000	MDT	UCD 00XX	\$ 82.215.000
			1.250	MDT	UCE 00XX	\$ 95.892.000
			1.500	MDT	UCE 00XX	\$ 104.387.000
			1.600	MDT	UCE 00XX	\$ 129.121.000
			2.000	MDT	UCJ 00XX	\$ 152.121.000
11.400 – 7.620			2.500	MDT	UCJ 00XX	\$ 183.670.000
			3.000	MDT	UCJ 00XX	\$ 222.286.000

Anexo 16 Costo de conductores Marca CENTEL

CÓDIGO FÁBRICA	CALIBRE AWG/ kcmil	ESPESOR AISLAM. (mm)	ESPESOR CUBIERTA (mm)	DIÁMETRO TOTAL (mm)	PESO TOTAL (kg/km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE ¹					PRECIO BASE DISTRIBUIDOR (\$/m)	COLORES DISPONIBLES
						Al Aire Libre ²		En Ducto Enterrado ³		Corto Circuito 1 segundo ⁴		
						Plana	Tríplex	Plana	Tríplex			
						(A)	(A)	(A)	(A)	(kA)		
201687	4	0,95	1,35	10,99	273	154	123	138	114	2,86	16.904	NEGRO
201688	2	0,95	1,35	12,66	402	206	165	176	148	4,47	26.506	
201689	1/0	1,05	1,46	15,38	621	271	218	222	186	7,23	37.934	
201683	2/0	1,14	1,56	16,80	766	319	257	254	216	9,12	47.438	
201690	3/0	1,14	1,56	18,21	942	374	305	292	247	11,50	59.401	
201684	4/0	1,25	1,66	20,65	1.188	439	354	332	280	14,50	74.343	
201691	250	1,25	1,77	22,63	1.415	489	396	364	308	17,13	92.548	
201692	350	1,66	1,87	26,21	1.951	606	493	435	371	23,99	128.955	
201693	500	1,77	1,98	30,56	2.736	772	627	534	456	34,26	191.678	



Tipo: **CABLES CENTELFLEX 105°C 1000V CT SR**

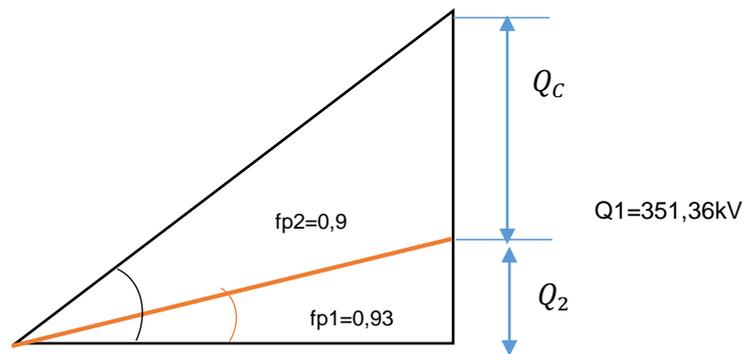
Conductor de cobre suave flexible, aislado con PVC y cubierta exterior de PVC CT SR.

Normas: RETIE, IEC 60502-1

Anexo 18 CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA ($\cos\Phi$)

Trifásico el cual será un banco de capacitores automático tendrá una compensación de 42,307kVAr general por lo tanto el banco de capacitores se lo ubicara al principio de la instalación para hacer una corrección general del factor de potencia ya que la carga nueva de la Empresa no va hacer constante y no se puede utilizar banco de capacitores fijos, con esto se puede tener un mejor control del factor de potencia ya que el banco de capacitores entra en funcionamiento cundo la carga también está en funcionamiento o si esta requiere corrección del factor de potencia.

Los datos de potencia activa y reactiva que consume en la empresa se obtuvieron de la simulación en el software Etap 12.6, como se requiere aumentar el factor de potencia a 0,9 o mayor, se realizan los siguientes cálculos. Para determinar el valor del banco de capacitores se procede a calcular mediante el triángulo de potencias que aportara la kVAr necesarios para alcanzar un $fp= 0,92$ en el transformador T1 como se indica en la Figura.



El valor de Q_2 representa el valor esperado de potencia reactiva después de ingresar un banco de capacitores, mediante la Ecuación. Calculamos el Q_C que representa la potencia del banco de capacitores.

$$fp_2 = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_2^2}}$$

Donde:

fp_1 = Factor de potencia nuevo

P_1^2 = Potencia Activa

Q_2^2 = Potencia reactiva

$$0,92 = \frac{725.48}{\sqrt{725.48^2 + Q_2^2}}$$

$$Q_2 = 309.053 \text{ kVAR}$$

$$Q_C = Q_1 - Q_2$$

$$Q_C = 351.36 \text{ kVAR} - 309.053 \text{ kVAR}$$

$$Q_C = 42.307 \text{ kVAR}$$

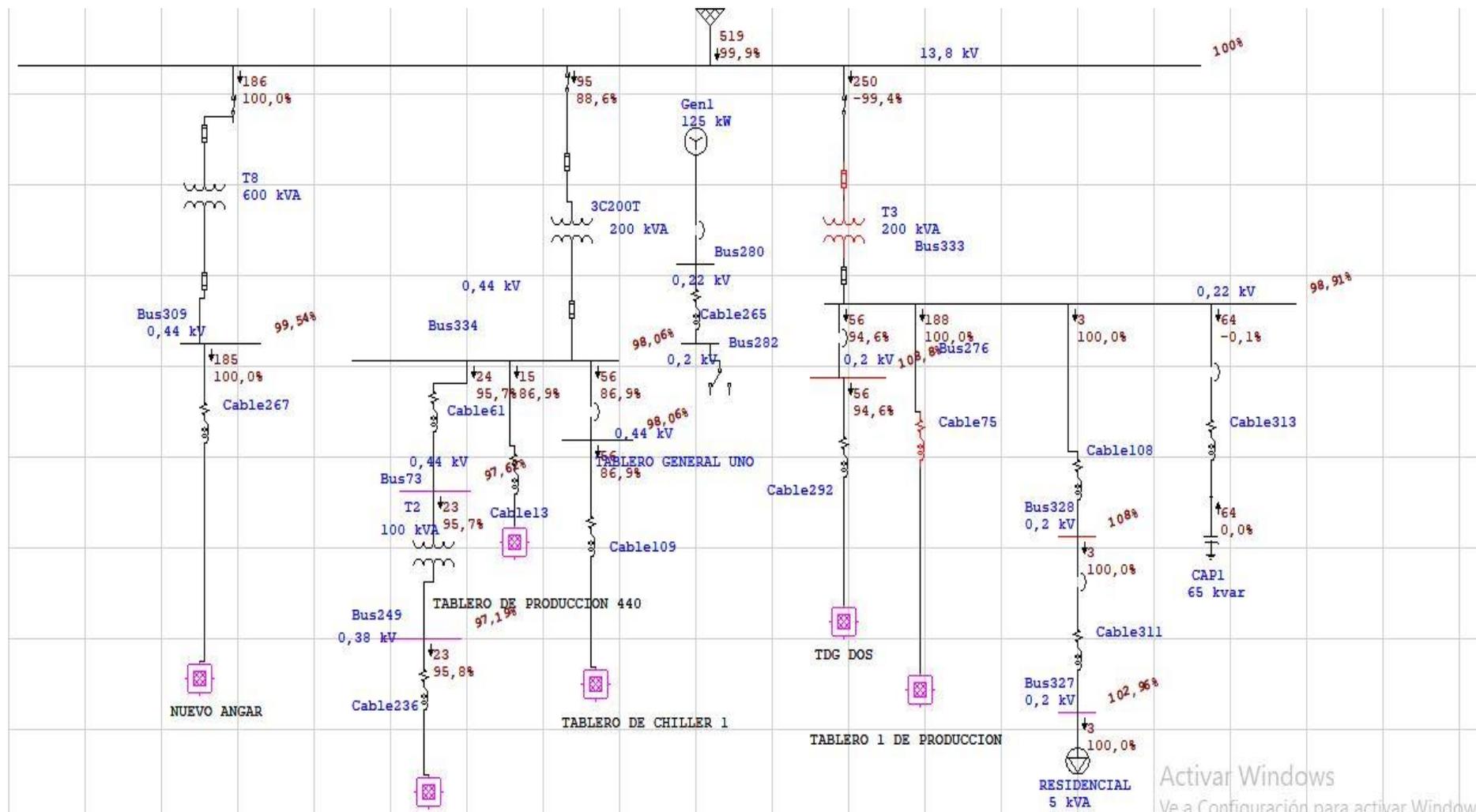
La marca DISAI (AUTOMATIC SYSTEMS)



Potencias BCW - 50Hz ⁽¹⁾

Tensión (Vca)	Potencias reactivas (kVAR)	Referencia	Composición	Montaje en caja UMW	Corriente Nominal In (A)	Fusible gL/gG (A) ⁽²⁾	Cable (mm ²) ⁽²⁾⁽³⁾	Peso (kg)
440 ⁽⁴⁾	17.5	BCW17.5V48	3 x 5 + 3 x 0.83	1	22.96	35	6	5.50
	20.0	BCW20V48	3 x 5 + 3 x 1.67	1	26.24	50	6	5.64
	22.5	BCW22.5V48	3 x 5 + 3 x 2.5	1	29.52	50	10	5.63
	25.0	BCW25V48	3 x 5 + 3 x 3.33	1	32.80	63	10	5.94
	27.5	BCW27.5V48	6 x 3.33 + 3 x 2.5	1	36.09	63	10	7.00
	30.0	BCW30V48	6 x 5	1	39.37	63	16	6.05
	35.0	BCW35V48	6 x 5 + 3 x 1.67	1	45.93	80	16	7.01
	40.0	BCW40V48	6 x 5 + 3 x 3.33	1	52.49	100	25	7.31
	45.0	BCW45V48	9 x 5	1	59.05	100	25	7.42
	50.0	BCW50V48	9 x 5 + 3 x 1.67	2	65.61	125	25	9.40
60.0	BCW60V48	12 x 5	2	78.73	125	35	9.81	
75.0	BCW75V48	15 x 5	2	98.41	160	50	11.18	

Anexo 19 Simulación con el Diagrama Actual y con el nuevo transformador de la empresa INPLASTICO.



Activar Windows
 Ve a Configuración para activar Windows

Anexo 20 Simulación en el programa ETAP.

