



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE**  
**POTENCIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN LAS ÁREAS DE SUELDA Y PINTURA DE LA EMPRESA CIAUTO CIA. LTDA., PARA ESTABLECER LOS NIVELES DE DEMANDA Y LA CAPACIDAD ANTE CAMBIOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO”**

**Autores:**

Castillo Guaita Omar Santiago

Taipe Cajas Aníbal Gerardo

**Tutor:**

PhD. Secundino Marrero

Latacunga - Ecuador

Agosto 2017



## 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 Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA); por cuanto, los postulantes: Castillo Guaita Omar Santiago y Taipe Cajas Aníbal Gerardo con el título de Proyecto de Investigación: “**DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN LAS ÁREAS DE SUELDA Y PINTURA DE LA EMPRESA CIAUTO CIA. LTDA., PARA ESTABLECER LOS NIVELES DE DEMANDA Y LA CAPACIDAD ANTE CAMBIOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO**”, 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 del 2017

Lector 1 (Presidente)  
Ing. MSc: Franklin Vásquez  
C.I:171043449-7

Lector 2  
Ing. MSc: Edwin Lema  
C.I: 030224135-1

Lector 3  
Ing. MSc. Antonio Flores  
C.I: 171579326-9



## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN LAS ÁREAS DE SUELDA Y PINTURA DE LA EMPRESA CIAUTO CIA. LTDA., PARA ESTABLECER LOS NIVELES DE DEMANDA Y LA CAPACIDAD ANTE CAMBIOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO”**, de **Catillo Guaita Omar Santiago** y **Taípe Cajas Aníbal Gerardo**, 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 Honorable Consejo Académico de la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, julio del 2017

El Tutor

PhD. Secundino Marrero Ramírez



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros **Castillo Guaita Omar Santiago** con **C.I.: 180464107-2** y **Taipe Cajas Aníbal Gerardo** con **C.I.: 050296043-8** declaramos ser autor (es) del presente proyecto de investigación: **“DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN LAS ÁREAS DE SUELDA Y PINTURA DE LA EMPRESA CIAUTO CIA. LTDA., PARA ESTABLECER LOS NIVELES DE DEMANDA Y LA CAPACIDAD ANTE CAMBIOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO”**, siendo el **Dr. PhD. Secundino Marrero** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Castillo Guaita Omar Santiago  
C.I: 180464107-2

Taipe Cajas Aníbal Gerardo  
C.I: 050296043

## CERTIFICADO DE AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA CIAUTO CIA LTDA PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN



Ambato, 27 de Enero del 2017

Dr. PhD.  
Secundino Marrero  
**DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**  
Presente.-

De mi consideración:

Por medio de la presente la empresa CIAUTO CIA. LTDA., autoriza a los Sr. **CASTILLO GUAITA OMAR SANTIAGO** con C.I. 180464107-2 y **TAIPE CAJAS ANIBAL GERARDO** CI. 050296043-8, estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA realicen el Proyecto de Titulación con el tema denominado "Diagnóstico del sistema eléctrico en la Planta Industrial CIAUTO S.A., para establecer los niveles de demanda y la capacidad que soporta el sistema ante cambios en el proceso productivo".

Por tal motivo podrán realizar la instalación de los equipos, la medición y toma de datos para su posterior análisis.

Sin ningún otro particular me suscribo de usted.

ATENTAMENTE

  
JUAN CARLOS ESCOBAR  
**DIRECTOR DE MANUFACTURA**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de investigación va dedicado a las manos incansables de mi querida madre, a su constancia y esfuerzo, a su infinito amor y paciencia, por abrir derroteros donde la vida se acaba.

A mis hermanos pilares de mi existencia, a mi padre y padrinos por no dejarme caminar descalzo en la vida.

A todas las personas que Dios ha puesto en mi camino especialmente a don Hernán Bonilla, Lucia Segura y familia por ser los ángeles que aparecieron cuando todo estaba perdido.

*Omar C...*

## **DEDICATORIA**

Este proyecto va dedicado a Dios por sus bendiciones.

A mis abnegados padres Bernardo y Lucila (†), por darme la vida en este mundo y educarme con amor y sabiduría.

A mi hermana y hermanos que siempre asistieron en mi formación profesional y ser los pilares de mi vida.

A Magutis por su amor incondicional.

A mis familiares y amigos que me apoyaron y brindaron su apoyo incondicional, Dios los bendiga...

*Gerardo...*

## **AGRADECIMIENTO**

Hare Krishna Hare Krishna

Krishna Krishna Hare Hare

Hare Rama Hare Rama

Rama Rama Hare Hare

¡Sean felices!...

Dios, por nunca dejarme caer y ante todo por darme una segunda oportunidad en la vida.

A la empresa CIAUTO CIA LTDA. Porque nos encontramos en el camino.

Al Ing. Juan Carlos Escobar, y al ing. Vinicio Haro por su confianza depositado en mi persona.

*Omar C...*



## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por la vida, salud y esperanza, A mis queridos padres por haberme educado con su ejemplo cariño y abnegación. A mis hermanos por su apoyo incondicional para el logro de mis objetivos.

Así mismo, mi gratitud al Ing. Juan Escobar Director de Manufactura de la Empresa CIAUTO CIA LTDA., y al Ing. Vinicio Haro, por facilitar la toma de datos y brindarnos su ayuda para la culminación de este proyecto

A los docentes de la Facultad de CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi, quienes han contribuido con sus enseñanzas para fortalecer mis conocimientos.

*Gerardo...*

## ÍNDICE GENERAL

1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
6. OBJETIVOS.....	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
Diagnóstico Energético.....	6
Eficiencia energética.....	7
Sistema eléctrico.....	7
Instalaciones Eléctricas.....	7
Instalaciones eléctricas industriales.....	7
El transformador.....	8
Transformadores Trifásicos.....	8
Transformador tipo pedestal.....	9
Configuración radial o terminal.....	9
Configuración en malla o anillo.....	9
Tanque del transformador.....	10
Protecciones de los transformadores tipo pedestal.....	11
Aplicaciones.....	12
Sobrecarga en transformadores.....	12
Parámetros que influyen en la sobrecarga.....	13
Tipos de Sobrecarga en transformadores.....	13
Sobrecargas de Emergencia.....	13
Sobrecarga Sistemática.....	13
Cargabilidad del transformador.....	14
Consumidor industrial.....	14
Diagrama unifilar.....	14
Análisis de redes.....	14
Flujos de potencia.....	14
Calidad de energía.....	15
Caracterización de las cargas eléctricas.....	15

Carga instalada.....	15
Carga máxima .....	15
Estimación de la demanda máxima real de kVA .....	16
Curva de carga diaria .....	16
Capacidad instalada .....	16
Demanda .....	17
Demanda máxima .....	17
Demanda diversificada .....	17
DEFINICIONES DE PARÁMETROS Y FACTORES ELÉCTRICOS .....	17
Potencia Activa (P) .....	17
Potencia Reactiva (Q). .....	18
Potencia Aparente (S). .....	18
Factor de potencia.....	18
Factor de Demanda .....	19
Factor de Carga.....	19
Factor de Utilización.....	19
Factor de diversidad o de grupo.....	20
Factor de coincidencia o de simultaneidad .....	20
Factor de pérdidas .....	20
Cálculo de caída de voltaje .....	20
Límites de caídas de voltaje en conductores.....	21
Niveles de voltaje.....	21
Calidad de servicio eléctrico de distribución .....	21
Regulaciones de voltaje .....	22
Analizador de carga eléctrica.....	22
Fluke 435 series II.....	22
Aplicaciones.....	22
Analizador de carga AEMC 3945-B.....	23
Características del analizador de redes AEMC 3945-B.....	24
Presentación del software ETAP 12.6.0 .....	24
9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....	25
10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	25
MÉTODOS .....	25
Método cuantitativo .....	25
Método inductivo-deductivo.....	25

Investigación de campo .....	25
Investigación documental .....	25
Metodología de la investigación bibliográfica.....	25
TÉCNICAS .....	26
VARIABLES .....	26
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	27
Aspectos generales de la empresa CIAUTO CIA. LTDA. ....	27
Entrevista realizada al Ing. Juan Escobar Director de Manufactura de la Empresa CIAUTO CIA. LTDA.....	27
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL .....	27
Alimentación del servicio eléctrico .....	27
Levantamiento de carga instalada.....	28
Carga instalada área de suelda .....	28
Sub tablero de distribución (STD1) Modelo M4 .....	29
Carga instalada para la línea de soldadura del modelo T600.....	30
Mediciones realizadas.....	30
DIAGRAMA UNIFILAR DEL ÁREA DE SUELDA. ....	31
Datos del transformador tipo padmounted en el área de suelda. ....	31
Curva de carga diaria del transformador, área de suelda. ....	31
Potencia activa, aparente y reactiva del transformador de 400kVA.....	32
Cálculo de factores eléctricos en el área de suelda, TRF 400 KVA.....	33
Análisis de los niveles de voltaje .....	36
Voltajes de fase transformador de 400KVA, Área de Suelda. ....	36
Voltajes de línea, transformador de 400KVA en el área de suelda. ....	37
Análisis de corriente, transformador de 400kVA área de suelda.....	39
Factor de potencia en el área de suelda.....	40
FLUJO DE POTENCIA .....	41
FLUJO DE CARGA DEL ÁREA DE SUELDA EN ETAP 12.6.0. ....	42
Análisis del Sistema desbalanceado actual en el área de suelda por líneas. ....	42
Porcentaje de desbalance de carga en el área de suelda.....	43
DIAGRAMA UNIFILAR DEL ÁREA DE PINTURA .....	44
Datos del transformador tipo padmounted en el área de pintura .....	44
Descripción del sistema – Área de pintura. ....	45
Carga instalada en el área de pintura, TRF 1000 kVA .....	45
Carga instalada en el Subtablero de distribución 1 (STD1).....	46

Factor de potencia existente en el STD1, TRF 1000 KVA área de pintura.....	47
Factores eléctricos en el STD1, área de pintura TRF 1000 kVA. ....	47
Carga instalada en el sub tablero de distribución (STD2). ....	48
Factores eléctricos en el STD2, área de Pintura TRF 1000 kVA. ....	49
Carga instalada en el Subtablero de distribución 3 (STD3).....	50
Factores eléctricos en STD 3 casa de aire, Pintura TRF 1000 kVA. ....	51
Carga instalada en el Subtablero de distribución 4 (STD4).....	51
Carga instalada en el Subtablero de distribución 5 (STD5).....	52
Carga instalada Conveyor .....	52
Carga instalada Compresores 1 y 2.....	52
Niveles de voltaje registrados en el compresor 2. ....	53
Curva de carga diaria en el área de pintura TRF 1000 kVA.....	55
Factores eléctricos en el TGD, área de Pintura TRF 1000 kVA.....	55
Análisis de los niveles de voltajes de fase y de línea en el área de pintura, TRF 1000 kVA	56
Análisis de corrientes para el área de pintura .....	57
Factor de potencia en bornes de bajo voltaje, TRF 1000 KVA. ....	58
<b>FLUJO DE CARGA DEL ESTADO ACTUAL DEL ÁREA DE PINTURA SIMULADO EN EL SOFTWARE ETAP 12.6.0.....</b>	<b>58</b>
Resultados de la simulación en el software ETAP 12.6.0 del área de pintura.....	58
Cargabilidad del transformador (1000kVA) en el área de pintura .....	58
<b>PROPUESTA DEL PROYECTO .....</b>	<b>59</b>
<b>ÁREA DE SUELDA .....</b>	<b>59</b>
Balance de carga en el lado de bajo voltaje del transformador de 400kVA .....	59
Balance de carga para la propuesta. ....	60
Mejora de los niveles de voltaje y el factor de potencia de 0,61 a 0,95.....	60
Flujo de carga propuesto con un banco de capacitores variable en el área de suelda. ....	61
Puesta en paralelo de un transformador de 400KVA.....	61
Condiciones de puesta en paralelo de transformadores. ....	62
Análisis para la ubicación de un transformador de 400kVA en paralelo con el existente....	62
Análisis en caso de ubicar un nuevo transformador en el área de suelda con una capacidad de 600KVA. ....	63
Flujo de carga en el software ETAP 12.6.0 del transformador de 600 kVA, en reemplazo del transformador de 400 kVA. ....	64
<b>ÁREA DE PINTURA .....</b>	<b>64</b>
<b>12. IMPACTOS TÉCNICO Y ECONÓMICO .....</b>	<b>65</b>

IMPACTO TÉCNICO .....	65
Área de suelda.....	65
Área de pintura.....	65
IMPACTO ECONÓMICO .....	66
Área de suelda.....	66
Área de pintura.....	66
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO. ....	66
Área de suelda.....	66
Periodo de recuperación de la inversión con respecto al banco de capacitores.....	70
Selección de la mejor propuesta en base al presupuesto planteado para el área de suelda...	70
a) Presupuesto para el transformador de 400 (kVA) para la conexión en paralelo al existente en el área de suelda .....	70
b) Presupuesto para el transformador de 600 (kVA) en reemplazo al existente en el área de suelda .....	71
Presupuesto en el área de pintura.....	72
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
CONCLUSIONES .....	73
RECOMENDACIONES:.....	74
15. BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXOS.....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.....	5
Tabla 2. Variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal. .....	21
Tabla 3. Técnicas e instrumentos de la investigación a emplearse. ....	26
Tabla 4: Variables dependiente e independiente .....	26
Tabla 5. Carga total instalada en la barra principal área de suelda CIAUTO CIA. LTDA. ....	28
Tabla 6. Carga instalada tableros línea de soldadura modelo M4 CIAUTO CIA. LTDA. ....	29
Tabla 7: Carga instalada tableros línea de soldadura modelo T600 CIAUTO CIA. LTDA. ...	30
Tabla 8: Días registrados con el analizador de carga AEMC. CIAUTO CIA LTDA. ....	31
Tabla 9. Placa de características del transformador 10841 área de Suelda. CIAUTO. ....	31
Tabla 10. Corriente máxima de fase registrada en el transformador de 400 kVA, CIAUTO. .	39
Tabla 11. Distribución de carga en los STD lado derecho e izquierdo M4.....	40
Tabla 12. Registro del factor de potencia en horas de trabajo, TRF 400kVA CIAUTO. ....	41
Tabla 13. Resultados del circuito equivalente se muestra: V, P, Q, Fp en ETAP.....	42
Tabla 14. Potencia en desequilibrio por línea.....	43
Tabla 15. Placa de características del transformador 10843 área de Pintura 1000kVA.....	45
Tabla 16. Carga total instalada en la barra principal área de pintura .....	46
Tabla 17. Carga instalada en el tablero TDS1 .....	46
Tabla 18. Registro de Fp en STD1 .....	47
Tabla 19. Carga instalada en el tablero STD2.....	48
Tabla 20. Carga instalada en el tablero STD3 casa de aire. ....	50
Tabla 21. Carga instalada en el tablero STD4.....	51
Tabla 22. Carga instalada en el tablero STD5.....	52
Tabla 23. Cargas instaladas desde el TDG, Conveyor. ....	52
Tabla 24. Cargas instaladas desde el TDG, compresores 1 y 2.....	52
Tabla 25. Resumen de carga en bornes del TRF 1000 kVA, CIAUTO .....	59
Tabla 26. Equilibrio de carga por línea en el área de suelda.....	59
Tabla 27. Niveles de carga ideal balanceada en ETAP 12.6.0 en la barra principal en el área de suelda. ....	60
Tabla 28. Tabla de cálculo para la selección del banco de capacitores.....	60
Tabla 29. Niveles de demanda obtenido de la simulación para la puesta en paralelo de transformadores de 400kVA.....	63
Tabla 30. Niveles de demanda, al incorporar un solo transformador de 600kVA .....	63
Tabla 31. Porcentaje de cargabilidad en transformadores en paralelo a plena carga .....	64
Tabla 32. Muestra los niveles de carga total en las barras principales donde se encuentra la carga.....	64
Tabla 33. Cambio de conductores propuestos en STD2, control de bombas área de Pintura_CIAUTO CIA.LTDA. ....	64
Tabla 34. Lista de materiales para la propuesta del banco de capacitores en el área de suelda. .....	67
Tabla 35. Calculo de pérdidas en horas de trabajo .....	68
Tabla 36. Resumen de valores de pérdidas de energía en el área de suelda.....	69
Tabla 37. Costo de instalación para el banco de compensación en el área de suelda .....	70
Tabla 38. Costo del transformador de 400 kVA tipo Padmounted para la conexión en paralelo con el existente en el área de suelda Ciauto Cía. Ltda. ....	71

Tabla 39. Costo del transformador de 600 kVA en el área de suelda Ciauto Cía. Ltda.....	71
Tabla 40. Relación costo beneficio para la selección del transformador ante un incremento de carga en el área de suelda. ....	72
Tabla 41. Costo de pérdidas de energía en el estado actual. ....	73
Tabla 42. Costo de perdidas con cambio de conductor # 12 AWG a # 10 AWG. ....	73



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación de un núcleo de transformador .....	8
Figura 2. Tipos de configuración del transformador tipo pedestal (radial-anillo).....	10
Figura 3. Transformador Tipo Pedestal.....	10
Figura 4. Compartimiento de Medio y bajo Voltaje – Transformador Tipo pedestal.....	11
Figura 5. Diagrama unifilar del circuito eléctrico de un transformador tipo pedestal.....	11
Figura 6. Curva de carga diaria típica.....	16
Figura 7. Porcentaje de caída de voltajes de un sistema eléctrico.....	20
Figura 8. Analizador de carga Fluke 435 II.....	23
Figura 9. Analizador de carga AEMC 3945-B .....	23
Figura 10. Logotipo del software de simulación de flujo eléctrico Etap 12.6.0.....	24
Figura 11. Curva de carga diaria transformador 400kVA .....	32
Figura 12. Representación de potencias activa (kW), aparente (kVA) y reactiva (kVAR) en el transformador de suelda.....	33
Figura 13. Curva de nivel de voltaje de fase registrados durante las 24 horas en el área de suelda.....	37
Figura 14. Niveles de voltaje de línea registrados, Transformador 400kVA. CIAUTO CIA LTDA .....	38
Figura 15. Corriente registrada en el TDG área de suelda, TRF 400 kVA por fases.....	39
Figura 16. Factor de potencia total en horas de trabajo.....	40
Figura 17. Curva del factor de potencia total del Tablero Principal de todo el día, TRF 400 kVA.....	41
Figura 18. Sistema en desequilibrio por línea en el transformador de 400kVA .....	43
Figura 19. Representación del consumo de potencia en el STD1 .....	47
Figura 20. Factor de potencia registrado en el STD1.....	47
Figura 21. Potencia registrada en el STD2.....	49
Figura 22. Potencias: Activa P, Aparente S, Reactiva Q en el STD 3.....	50
Figura 23. Registro de potencia activa (kW), Compresor 2.....	53
Figura 24. Registro de Potencia, kW, kVA, kVAR, Compresor 2.....	53
Figura 25. Voltaje registrado, compresor 2.....	54
Figura 26. Corriente registrada, Compresor 2.....	54
Figura 27. Factor de potencia registrado en el compresor 2.....	54
Figura 28. Carga total registrada en los bornes del transformador.....	55
Figura 29. Voltajes de línea registrados en bornes del transformador 1000kVA.....	57
Figura 30. Corriente registrada dentro y fuera del horario de trabajo, TRF 1000kVA.....	57
Figura 31. Factor de potencia registrado en el TRF 400 KVA.....	58
Figura 32. Carga equilibrada por línea en kVA. TRF 400kVA área de suelda.....	59

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TITULO:** “DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN LAS ÁREAS DE SUELDA Y PINTURA DE LA EMPRESA CIAUTO CIA. LTDA., PARA ESTABLECER LOS NIVELES DE DEMANDA Y LA CAPACIDAD ANTE CAMBIOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO.”

**Autores:**

Castillo Guaita Omar Santiago

Taipe cajas Aníbal Gerardo

## RESUMEN

En el presente proyecto de titulación se realizó el diagnóstico del sistema eléctrico en las áreas de suelda y pintura de la empresa CIAUTO CIA LTDA., para establecer los niveles de demanda y la capacidad ante cambios en el proceso productivo, debido a que en la empresa se desconocía el estado actual en el que se encontraba operando y no disponía de un estudio de la capacidad de los transformadores ante un posible incremento de demanda, por tal razón, se realizó mediante la técnica de la observación un levantamiento de la carga instalada para actualizar los diagramas unifilares en las áreas de trabajo mencionadas lo que permitió determinar la demanda de potencia existente en la instalación eléctrica, posteriormente a través de la investigación documental se registró la información teórica necesaria para el desarrollo de este proyecto y establecer las propuestas de mejora con una evaluación técnica y económicamente viable. Del mismo modo aplicando el método de investigación cuantitativo se procedió a instalar el analizador de carga en los bornes de bajo voltaje de los transformadores con el fin de obtener las medidas necesarias para el análisis de parámetros eléctricos (voltaje, corriente, potencia) y determinar la curva de carga diaria que diagnostique las condiciones actuales del sistema, posteriormente con la ayuda del simulador ETAP 12.6.0 se realizó el flujo de potencia para analizar el nivel de cargabilidad en estas áreas de proceso y observar el comportamiento del sistema ante un incremento de carga, Adicionalmente se puede concluir que este estudio permitió solventar la necesidad de satisfacer los requerimientos que la empresa necesita, el de incorporar nueva carga y adicionalmente un nuevo transformador en el área de suelda para que abastezca la nueva demanda y mejorar los procesos de producción.

**Palabras clave:** Sistema eléctrico, niveles de demanda, cargabilidad, flujos de carga, ETAP 12.6.0.

# COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

## ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED DEPARMENT

**TITLE:** "DIAGNOSIS OF THE ELECTRICAL SYSTEM IN THE AREAS OF WELD AND PAINTING IN THE COMPANY CIAUTO CIA. LTDA, TO ESTABLISH THE DEMAND LEVELS AND CAPACITY BEFORE CHANGES IN THE PRODUCTION PROCESS."

**Autors:**

Castillo Guaita Omar Santiago

Taipe Cajas Aníbal Gerard

### ABSTRACT

The present project of graduation has been done a diagnostic the electrical system in the areas of welding and painting of the company CIAUTO CIA LTDA., to establish the levels of demand and the capacity before changes in the productive process, because in the company did not know the current state in which it was operating and did not have a study of the capacity to increase the demand, for that reason, was realized through the observation technique a rising of the installed load for updating the single-line diagrams in the work mentioned, which allowed to determine the existing power demand in the electrical installation, later through the documentary researching the important information for the development of this project was recorded and the proposals for improvement with technically and economically feasible. In the same way, applying the quantitative research method, the load analyzer was installed in the low voltage terminals of the transformers, in order to obtain the necessary measurements for the analysis of electrical parameters (voltage, current, power) and to determine the daily load curve that diagnoses the current conditions of the system, after with the help of the ETAP simulator 12.6.0 the power flow was realized to analyze the level of electrical charge, in these areas of process and to observe the behavior of the system before an increase of loading. In addition, it can be concluded that this study allowed to meet the need to meet the requirements that the company needs, to incorporate new load and additionally a new transformer in the area of solder to supply the new demand and improve the production processes.

**Key words:** Electrical system, demand levels, electrical charge, load flows, ETAP 12.6.0.



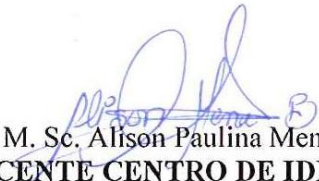
## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

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 del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **CASTILLO GUAITA OMAR SANTIAGO** con C.I.: **180464107-2** y **TAIPE CAJAS ANÍBAL GERARDO** con C.I.: **050296043-8**, cuyo título versa “**DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN LAS ÁREAS DE SUELDA Y PINTURA DE LA EMPRESA CIAUTO CIA. LTDA., PARA ESTABLECER LOS NIVELES DE DEMANDA Y LA CAPACIDAD ANTE CAMBIOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, julio del 2017

Atentamente,

  
Lic. M. Sc. Alison Paulina Mena Barthelotty  
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS  
C.C. 050180125-2



## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del Proyecto:**

DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN LAS ÁREAS DE SUELDA Y PINTURA DE LA EMPRESA CIAUTO CIA. LTDA., PARA ESTABLECER LOS NIVELES DE DEMANDA Y LA CAPACIDAD ANTE CAMBIOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO.

### **Fecha de inicio:**

Abril del 2016

### **Fecha de finalización:**

Agosto del 2017

### **Lugar de ejecución:**

Provincia: Tungurahua, Cantón: Ambato, Parroquia: Unamuncho, Empresa: CIAUTO CIA. LTDA.

### **Facultad que auspicia:**

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

### **Carrera que auspicia:**

Ingeniería Eléctrica

### **Proyecto de investigación vinculado:**

Investigación evaluativa

### **Equipo de Trabajo:**

#### **TUTOR:**

Nombre : Secundino Marrero Ramírez

Nacionalidad : cubano

Fecha de nacimiento : 3 de marzo 1957

Residencia : Los Arupos. San Felipe. Latacunga. Cotopaxi. Ecuador.

Entidad Laboral : Universidad Técnica de Cotopaxi

E-mail : secundino.marrero@utc.edu.ec, smarreroram@gmail.com

Teléfono casa : 032270575

Móvil : 0987647713

### **TÍTULOS OBTENIDOS**

- Ingeniero Electrónico Industrial, Master en Ciencias Técnicas. Graduado en 1983 en el Instituto Politécnico de Kiev, Ucrania.
- Doctor en Ciencias Técnicas en el área de Automatización de procesos Metalúrgicos. Instituto de Minas de San Petersburgos, Rusia, 1989.

### **COORDINADORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

#### **POSTULANTE 1**

Castillo Guaita Omar Santiago

Fecha de nacimiento : 26 – Julio – 1990

Nacionalidad : ecuatoriana

Cedula No : 180464107-2

Domicilio : Cevallos, Barrio El Belén

Teléfono : 0987629196

e-mail : santiago.s1@hotmail.com

#### **INSTRUCCIÓN ACADÉMICA**

Educación Primaria : Escuela Fiscal Mixta Gonzáles Suárez

Educación Secundaria: Instituto Superior Tecnológico Docente “Guayaquil”

#### **POSTULANTE 2**

Aníbal Gerardo Taipe Cajas

Fecha de nacimiento : 23/03/1988

Nacionalidad : ecuatoriana

Cedula No : 050296043-8

Domicilio : Latacunga

Teléfono : 0984571662

e-mail : gerardo\_taipe@yahoo.com

## **INSTRUCCIÓN ACADÉMICA**

Educación Primaria : Escuela Fiscal Mixta “Manuel de Jesús Calle”

Educación Secundaria : Colegio de la Unidad Educativa “PATRIA”

### **Área de Conocimiento:**

Ingeniería, industria y construcción.

### **Línea de investigación:**

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental

### **Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Explotación y diseño de sistemas eléctricos

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El presente proyecto de investigación se desarrolló en la empresa CIAUTO CIA. LTDA., ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato sector Unamuncho (Camino del rey), donde se realizó un diagnóstico del sistema eléctrico en los bornes de bajo voltaje de cada uno de los transformadores en las áreas de suelda (400KVA) y pintura (1000KVA) específicamente, cuya capacidad instalada en estudio es de 1400 KVA, por ende se determinó el estado del funcionamiento actual, los niveles de la demanda eléctrica y la capacidad que puede llegar a soportar el sistema eléctrico ante cambios en el proceso productivo, todo aquello que se hace mención se procedió a ejecutar gracias al uso del analizador de carga Fluke 435 y AEMC 3945-B, equipos clave para la recepción y toma de datos en el sistema eléctrico el cual se evaluó en el horario normal de trabajo, del mismo modo, se procedió a realizar el levantamiento de carga instalada, posteriormente se actualizó los diagramas unifilares útiles para luego realizar la simulación en el software ETAP 12.6.0 destinado al análisis de sistemas eléctricos, de este modo se consideró el método de investigación analítico, inductivo-deductivo y observación, aportando a esta prestigiosa empresa el mejoramiento y optimización del recurso energético en las áreas de producción detalladas anteriormente.

## **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Hoy en día es muy importante conocer la necesidad de mejorar los procesos en la industria y fuera de ella, además el de impulsar el desarrollo tecnológico y científico en las grandes industrias que son el motor fundamental de la producción para el progreso del país, con esta

perspectiva nace la idea de realizar el diagnóstico del sistema eléctrico en la empresa CIAUTO CIA. LTDA., empresa autopartista destinada al ensamblaje de vehículos de la marca Great Wall, en la cual, se pretende establecer los niveles de demanda, cuyo análisis se realizó específicamente en el lado de bajo voltaje de los transformadores en las áreas de suelda (400 KVA) y pintura (1000 KVA) respectivamente, los cuales requieren un estudio minucioso para conocer el estado de cargabilidad que presentan los transformadores y el análisis de parámetros eléctricos (voltaje, corriente, potencia y energía). Mediante el uso del registrador de carga se obtuvo los datos necesarios que se van a analizar cuando las cargas instaladas entran a operar en estas áreas de producción en los horarios de trabajo estipulados para cada proceso, con esto se determinó los niveles de demanda y utilizando el software ETAP 12.6.0 se simuló el comportamiento eléctrico actual del sistema con perspectivas ante cambios en el proceso productivo, además se actualizó los diagramas unifilares que son útiles para la continuación del proyecto dentro de esta industria automotriz.

#### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

Dentro de la parte beneficiada será el área de Seguridad y Mantenimiento Eléctrico de la empresa automotriz CIAUTO CIA. LTDA., la misma que contará con un estudio técnico que determinará la cargabilidad del transformador en las áreas de suelda y pintura.

#### **5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

¿Es factible realizar el diagnóstico del sistema eléctrico en la empresa CIAUTO CIA LTDA, mediante el uso de equipos de medida que permitirán conocer el estado actual de funcionamiento en las áreas de suelda y pintura para determinar el nivel de cargabilidad en los transformadores, ante cambios en el proceso productivo?

#### **6. OBJETIVOS**

##### **General**

- Realizar el diagnóstico del sistema eléctrico en las áreas de suelda y pintura de la empresa CIAUTO CIA. LTDA., mediante el análisis de la información obtenida en equipos de medida y el uso del software ETAP 12.6.0 para evaluar los niveles de demanda y la capacidad ante cambios en el proceso productivo.

##### **Específicos**

- Efectuar el levantamiento de carga instalada para actualizar los diagramas unifilares en las áreas de suelda y pintura de la empresa CIAUTO CIA. LTDA.



- Modelar la carga instalada en el software ETAP 12.6.0 mediante flujos de potencia para determinar el comportamiento de la demanda del sistema eléctrico en las áreas de suelda y pintura respectivamente.
- Establecer alternativas que ayuden a mejorar las condiciones del sistema eléctrico ante un posible incremento de carga a futuro y su evaluación técnica-económica.

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

**Tabla 1.** Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

<b>Objetivos</b>	<b>Actividad</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Descripción de la actividad</b>
<b>Objetivo 1.-</b> - Efectuar el levantamiento de carga instalada para actualizar los diagramas unifilares en las áreas de suelda y pintura de la empresa CIAUTO CIA. LTDA.	Realizar la visita in situ a la empresa CIAUTO CIA. LTDA., para obtener los respectivos datos de la carga instalada.	Actualizar los diagramas unifilares del sistema eléctrico de las áreas de estudio en el software AutoCAD.	Para la realización de este objetivo se utilizaron las técnicas de la observación e instrumentos audiovisuales.
<b>Objetivo 2.-</b> Modelar la carga instalada en el software ETAP 12.6.0 mediante flujos de potencia para determinar el comportamiento de la demanda del sistema eléctrico en las áreas de suelda y pintura respectivamente.	Utilización de un software para el análisis eléctrico de la carga instalada y realizar la tabulación de datos en hojas de Excel.	Verificar los parámetros eléctricos (Voltaje, corriente, potencia, frecuencia) que se encuentren dentro de la norma establecida.	Con los diagramas unifilares obtenidos de la carga instalada se realizará la simulación de flujos de potencia en el software de análisis eléctrico ETAP 12.6.0.

<p><b>Objetivo 3.-</b> Establecer alternativas que ayuden a mejorar las condiciones del sistema eléctrico ante un posible incremento de carga a futuro y su evaluación técnica-económica.</p>	<p>Evaluar las condiciones críticas del sistema eléctrico en los diferentes ramales para posteriormente realizar una evaluación técnico-económica.</p>	<p>Determinar puntos críticos de cargabilidad en el sistema eléctrico.</p>	<p>Verificar la carga total instalada. Evaluar la demanda eléctrica al existir un posible incremento de carga en las áreas de solda y pintura.</p>
---	--	--	--

Fuente: Postulantes

## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### Diagnóstico Energético

Un diagnóstico energético es un estudio para determinar dónde, cómo y que tan bien se está usando la energía, esto es un análisis de los consumos energéticos. Para lo cual es necesario contar con información histórica y actual efectuar una prospectiva de consumos energéticos a corto, mediano y largo plazo. El diagnóstico energético es una herramienta que identifica las áreas de mayor consumo de energía, advirtiéndole donde está el desperdicio energético y cuales procesos y operaciones son ineficientes, permitiendo encontrar las áreas en donde se puede lograr un mayor ahorro. El diagnóstico se mueve de lo general a lo específico, pues en cada fase se trabaja para precisar los beneficios energéticos y se identifican los módulos en los cuales es más probable un ahorro de energía antes de proceder con mayor profundidad. (FALCÓN D, 2008, pág. 4).

Un diagnóstico energético se puede ordenar en los siguientes pasos o procedimientos:

1. Definición del proyecto
2. Recopilación de datos
3. Mediciones de Campo
4. Análisis de información
5. Proposición de proyectos
6. Evaluación y Selección de proyectos
7. Evaluación económica
8. Aprobación de propuestas
9. Desarrollo de proyectos
10. Puesta en Marcha.

Para realizar un diagnóstico en las industrias es necesario medir las magnitudes eléctricas mediante un analizador de carga, esto permitirá conocer el estado de funcionamiento, el flujo de energía que circula por cada uno de los conductores hasta el punto donde se encuentre

instalado el elemento de consumo, la distancia es un gran factor a considerarse debido a que produce caídas de voltaje de acuerdo a la sección del conductor.

### **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”. (Hernández M & Labrador L, 2010).

### **Sistema eléctrico**

Un sistema eléctrico se define como el conjunto de instalaciones, conductores y equipos necesarios para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica.

“Desde finales del siglo XIX y durante todo el siglo XX, el crecimiento de los sistemas eléctricos ha ido a la par del avance tecnológico de la sociedad, hasta el punto de considerar el consumo de energía eléctrica como uno de los indicadores más claros del grado de desarrollo de un país”. (ADENDA, 2005/2006).

### **Instalaciones Eléctricas**

“Se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos los cuales permiten transportar y distribuir la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos dependientes de esta. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitares, dispositivos, sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones, y soportes.

Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas, (dentro de paneles o falsos plafones), o ahogadas (en muros, techos o pisos)”. (BRATU&CAMPERO, 1995, pág. 1).

### **Instalaciones eléctricas industriales.**

“Las instalaciones eléctricas industriales, son el conjunto de elementos, aparatos y equipos que se encargan de la recepción, conducción, transformación, control, medición, protección, distribución y utilización de la energía eléctrica”. (VENTURA NAVA, 2007, pág. 3).

- Subestación receptora – reductora (transformadores, interruptores cuchillas seccionadoras, aisladores, apartarrayos, pararrayos, etc.)
- Líneas y cables de energía.

- Subestaciones de distribución.
- Centros de carga, formados por breakers.
- Centros de control de motores eléctricos (C.C.M.), constituidos por los breakers, arrancadores magnéticos, arrancadores de estado sólido, drives, PLC., etc.
- Bancos de capacitares de baja tensión y de alta tensión.
- Circuitos de alumbrado.
- Motores eléctricos tipo rotor jaula de ardilla, tipo rotor devanado, síncronos, etc.
- Planta (generadores) de emergencia.
- Sistemas y red de tierra.

### El transformador

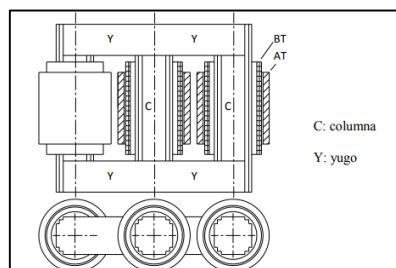
El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, por medio de interacción electromagnética. Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre sí eléctricamente y por lo general enrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferro magnético. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo. (SEGOVIA S. Rodolfo, 2013).

### Transformadores Trifásicos

El núcleo trifásico más utilizado es el de tres columnas, Figura 1. Este núcleo tiene el yugo y las tres columnas de la misma sección y sobre cada una de ellas se colocan los arrollamientos de una misma fase, dejando el bobinado de mayor tensión en la parte exterior para facilitar su aislación.

Estos son los núcleos trifásicos más utilizados porque son los que emplean menor cantidad de chapa magnética y consecuentemente tienen menos pérdidas en el hierro. Además, tienen el mejor comportamiento frente cargas asimétricas y armónicos, lo que es muy deseable en las redes de distribución de energía eléctrica.

**Figura 1.** Representación de un núcleo de transformador



Fuente: (SEGOVIA S. Rodolfo, 2013)

Estos núcleos de tres columnas son ligeramente asimétricos: la columna central presenta menor reluctancia que las laterales y, por lo tanto, toma una corriente de vacío 15 a 30 % menor que las otras, lo que en la mayoría de las aplicaciones no tiene mayor importancia.

### **Transformador tipo pedestal**

En la tesis de (LLUMIGUSÍN S. Alexandra, 2014) señala que “Un transformador pad mounted o tipo pedestal es un dispositivo, que transforma la energía eléctrica alterna de un nivel de voltaje a otro mediante la inducción electromagnética, construido en una cabina de acero cerrada, la cual estará montada sobre una plataforma de concreto, de allí su nombre en inglés”.

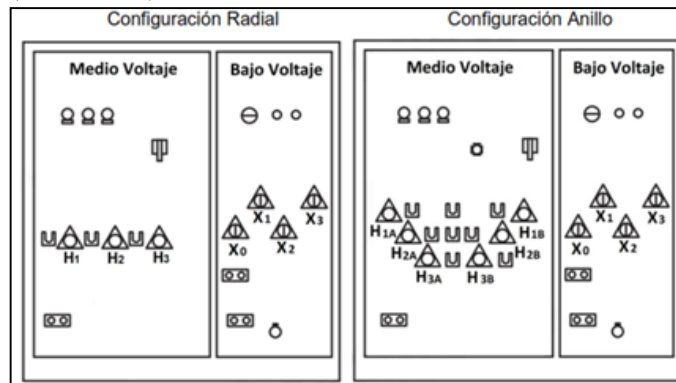
Al encontrarse el transformador sobre una plataforma de concreto, la cabina metálica deberá estar sólidamente aterrizada. De esa forma todos los puntos que se puedan encontrar energizados estarán encerrados en dicha cabina. Por esta razón este tipo de transformadores son utilizados en redes subterráneas, pues los conductores entrarán al transformador por la parte inferior del mismo. Los transformadores tipo pedestal pueden ser monofásicos o trifásicos y generalmente son de bajas potencias (kVA).

De acuerdo al tipo circuito donde se instalará, se tienen dos tipos de configuraciones para construir los transformadores tipo pedestal:

**Configuración radial o terminal:** en este tipo de configuración (mostrado en la Figura. 2), que es la más sencilla, el transformador se encuentra conectado a la línea de medio voltaje y no permite la continuación de ese circuito, es decir, el circuito termina en el transformador. El lado de medio voltaje tiene únicamente tres conectores en M.V. y un seccionador de 2 posiciones.

**Configuración en malla o anillo:** en este tipo de configuración (mostrado en la Figura. 2), el transformador se encuentra conectado a la línea de medio voltaje y permite la continuación de ese circuito. En el lado de medio voltaje se tendrá seis conectores de M.V. y un seccionador de 4 posiciones.

**Figura 2.** Tipos de configuración del transformador tipo pedestal (radial-anillo)



Fuente: (LLUMIGUSÍN S. Alexandra, 2014)

### Tanque del transformador

Un transformador tipo pedestal, mostrado en la Figura. 3, consta de dos compartimientos, el lado izquierdo será para medio voltaje y el derecho para bajo voltaje. Estos compartimientos deberán estar separados por una barrera de metal u otro material rígido, tal como lo indica la norma (IEEE, 1992) C57.12.26, menciona que “Toma en consideración ciertas características de seguridad de los transformadores de distribución trifásicos, de 60 Hz, de aceite mineral, sumergidos en agua, auto-enfriados, montados en cojinetes, con aislamiento separable de alto voltaje Conectores. Estos transformadores tienen una potencia nominal de 2500 kVA y menores, con tensiones elevadas de 34 500 Grd Y / 19 920 V y por debajo y con bajas tensiones de 480 V y por debajo. Estos transformadores se usan generalmente para fines reductores de un suministro de cable primario subterráneo”.

**Figura 3.** Transformador Tipo Pedestal.

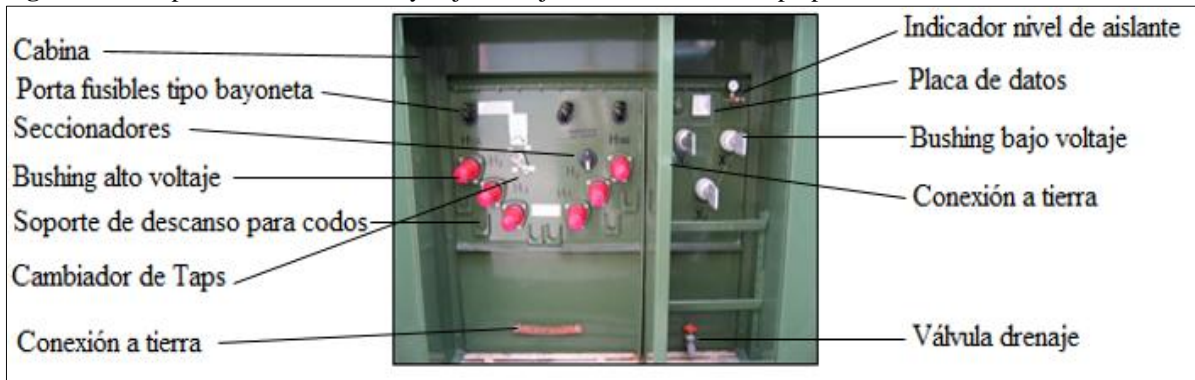


Fuente: (LLUMIGUSÍN S. Alexandra, 2014)

El tanque en este tipo de transformadores deberá aislar totalmente cualquier parte activa, dando seguridad a las personas y al resto de las instalaciones eléctricas.

Como se indicó anteriormente los transformadores tipo pedestal pueden ser de tipo radial o tipo malla. En la Figura. 4 se muestra el compartimiento de medio voltaje de un transformador tipo pedestal tipo malla indicando sus partes, las cuales se detallan a continuación:

**Figura 4.** Compartimiento de Medio y bajo Voltaje – Transformador Tipo pedestal.



Fuente: (LLUMIGUSÍN S. Alexandra, 2014)

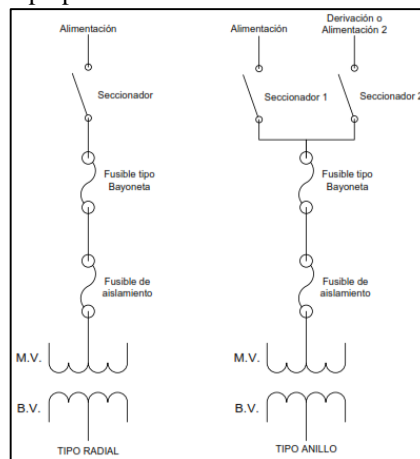
### Protecciones de los transformadores tipo pedestal

Los transformadores tipo pedestal tienen dos tipos de protecciones; el primer tipo es para proteger al transformador en el lado de la carga y el segundo es para protegerlo contra fallas internas, (Ver figura 5).

Generalmente en estos transformadores se tendrá un Fusible tipo bayoneta (protección lado alimentación), en serie con un Fusible de aislamiento (protección fallas internas).

- El fusible de aislamiento es una protección que se activará cuando ocurra una falla dentro del transformador, es decir, una falla interna.
- El fusible tipo bayoneta se activará cuando ocurra una falla en la carga del transformador, es decir, una falla en bajo voltaje.
- En casos especiales se tiene una protección adicional para el lado de la carga. Esta protección consiste en un interruptor tipo térmico de bajo voltaje.

**Figura 5.** Diagrama unifilar del circuito eléctrico de un transformador tipo pedestal.



Fuente: (LLUMIGUSÍN S. Alexandra, 2014)

## **Aplicaciones**

Los transformadores tipo pedestal consisten en una cabina de frente muerto, es decir, no se tiene acceso a las partes energizadas del transformador, tal como se indica en la norma (ANSI.C57.12.28, 1999), por esta razón los transformadores tipo pedestal resultan ideales para su instalación en áreas accesibles al público.

Otra característica de este tipo de transformadores es el espacio reducido que requieren para su instalación, es decir, no es necesaria la construcción de una cámara de transformación y pueden ser instalados al aire libre, pues están diseñados para ser resistentes al agua, y su alimentación deberá ser mediante redes subterráneas, con lo cual se evita el uso de postes y líneas aéreas.

Existen dos razones principales para elegir el uso de transformadores tipo pedestal sobre los transformadores convencionales.

- El primer factor es la estética y seguridad.
- El segundo factor es el espacio, pues existen lugares en donde no se dispone del suficiente espacio para construir una cámara de transformación convencional.

Los transformadores tipo pedestal se utilizan principalmente en zonas comerciales, escuelas, alumbrado público, edificios, centros comerciales, y diversas aplicaciones en instalaciones industriales.

## **Sobrecarga en transformadores**

El mejor uso de los transformadores eléctricos de potencia consiste en aprovechar al máximo sus características de construcción, teniendo en cuenta las condiciones ambientales donde operará, y los diagramas de carga en función del tiempo: diarios, estacionales y anuales. Considerar que el valor máximo de la carga debe mantenerse inferior a la potencia nominal del transformador es extremadamente conservador (DELCROSA, 2017).

Entonces, se debe tener el criterio de que un transformador en funcionamiento tiene un proceso de envejecimiento físicamente continuo, que, al operar en un estado de sobrecarga, provocará un mayor envejecimiento respecto a la normal, pero éste puede ser compensado por un período de subcarga que provocará un menor envejecimiento.

Básicamente lo que determina la vida de un transformador es el envejecimiento del aislamiento sólido de los devanados (reducción de la resistencia mecánica del material), debido al calentamiento producido por la corriente.



Los modelos de medición de los transformadores de distribución y potencia indican que la expectativa de vida con una temperatura máxima en el arrollamiento (hot-spot) continua de 110 °C es 20.55 años (normas (IEEE.Std.C57-91, 2012) y (IEC.60076-7, 2005)).

### **Parámetros que influyen en la sobrecarga**

- Grado de sobrecarga
- Temperatura ambiente
- Humedad en el material aislante
- Gases disueltos en el aceite
- Sistema de refrigeración
- Accesorios del transformador

### **Tipos de Sobrecarga en transformadores**

En condiciones de explotación, se admiten dos tipos de sobrecarga: de emergencia y sistemáticas

#### **Sobrecargas de Emergencia.**

Para transformadores con sistemas de enfriamiento por aceite, se puede admitir (aparte de la dependencia de la duración de la carga precedente, temperatura del medio refrigerante y localización del transformador) una sobrecarga de corta duración. Esta capacidad de sobrecarga la da el fabricante.

En dependencia del estado de carga precedente, la sobrecarga admisible puede ser mayor. Así, en aquellos casos en que la carga anterior no sobrepase el 93% de la potencia de placa, el transformador se puede sobrecargar durante 5 días en un 40%, siempre que ese estado no exceda 6 horas cada día, ya sea en forma consecutiva o a intervalos.

#### **Sobrecarga Sistemática**

Se debe determinar la sobrecarga que puede soportar el transformador cada día en las horas de máxima carga.

De cualquier forma, la sobrecarga no debe exceder el 30%.

$$S_p \leq 1,3S_N \quad (1)$$

Dónde:  $S_N$  = Potencia Nominal del Transformador (kVA).

### **Cargabilidad del transformador**

Esto permite identificar si la potencia del transformador se encuentra dimensionada correctamente o a su vez está sobredimensionado y se lo puede expresar de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\%Cargabilidad = \frac{S_{medida}(kVA)}{S_{transformador}(kVA)} \quad (2)$$

### **Consumidor industrial**

“Persona natural o jurídica, pública o privada, que utiliza los servicios de energía eléctrica para la elaboración o transformación de productos por medio de cualquier proceso industrial. (ARCONEL., 2017, pág. 5).

### **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 sistemas eléctricos. el diagrama unifilar se define como “un diagrama que indica por medio de líneas sencillas y símbolos simplificados, la interconexión y partes componentes de un circuito o sistema eléctrico”. En el caso particular de los sistemas eléctricos de potencia, como se sabe, las instalaciones son trifásicas, es decir, que su representación se obtendrá por medio de un diagrama trifilar.

El propósito de un diagrama unifilar es que el diseñador desarrolle a través de una manera sencilla sus ideas y tenga una forma simple de comunicar a otros su proyecto para comentarios y/o aprobaciones. (ENRIQUEZ HARPER, 2002, pág. 19).

### **Análisis de redes**

“Un ejercicio fundamental en la industria de la energía eléctrica es el análisis de las redes, un escáner exhaustivo que permite detectar cualquier tipo de anomalía, así como también revelar la situación actual del trabajo de los componentes que completan los procesos.” Obtenido de la revista energética de Chile (ELECTRICIDAD, 2010).

### **Flujos de potencia**

En la tesis de (NIETO, 2012), los estudios de flujo de potencia tienen gran importancia en la planificación y diseño de futuras expansiones de las redes eléctricas, así como también determinar la mejor operación de las redes ya existentes. La información principal obtenida de

un estudio de flujo de potencia es la magnitud y fase del voltaje en los nodos o barras, y la potencia activa y reactiva que fluye por cada línea.

Hoy en día existen programas de computación (software), utilizados por las compañías eléctricas, quienes, a partir de los datos obtenidos por el flujo de carga, imprimen en pantalla información muy valiosa. Estos programas son muy importantes a la hora de operar y diseñar, así como detectar problemas.

### **Calidad de energía**

(LEMA&ZAPATA, 2017), en su Proyecto de Titulación determinan a la calidad de energía como: “Una característica física del suministro de electricidad, la cual debe llegar al cliente en condiciones normales, sin producir perturbaciones ni interrupciones en el proceso del mismo”, entonces la calidad de la energía eléctrica puede definirse como una ausencia de interrupciones, sobretensiones y deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje RMS suministrado al usuario esto referido a la estabilidad del voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. Aproximadamente el 55% de la energía eléctrica producida es consumida por los sectores comercial e industrial.

### **Caracterización de las cargas eléctricas**

“En el diseño de instalaciones eléctricas o de los circuitos eléctricos para comercios o industrias, es necesario que consideremos una gran variedad de tipos de cargas que intervienen, y que genéricamente se pueden agrupar en alumbrado, motores, contactos y aplicaciones especiales, entre otros”. (PIRAVAL, 2007).

### **Carga instalada**

“Se define a la carga instalada como “la suma de todas las potencias nominales continuas de los aparatos de consumo conectados a un sistema o parte de él. Se expresa generalmente en KVA, MVA, KW o MW”. (RAMIREZ CASTAÑO, 2004).

Matemáticamente se lo expresa como:

$$CI. = \sum \text{Potencias nominales de las cargas} \quad (3)$$

### **Carga máxima**

Se conoce también como la demanda máxima y corresponde a la carga mayor que se presenta en un sistema en un periodo de trabajo previamente establecido.

Para establecer la  $D_M$ , se debe especificar el intervalo de demanda para medirla. La carga puede expresarse en p.u de la carga pico del sistema, por ejemplo, se puede encontrar la demanda máxima 15 minutos, 30 minutos, 1 hora.

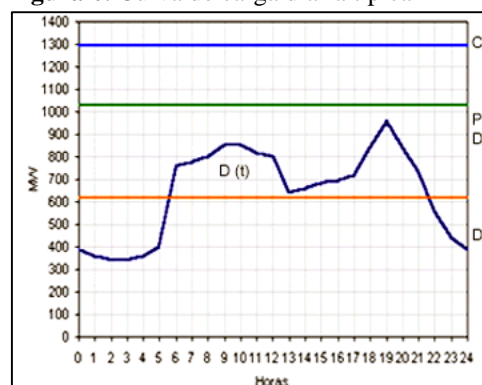
### Estimación de la demanda máxima real de kVA

Todas las cargas individuales no operan necesariamente a su potencia nominal máxima ni funcionan necesariamente al mismo tiempo. Los factores de utilización y el de simultaneidad permiten la determinación de las demandas de potencia máxima y de potencia aparente realmente necesarias para dimensionar la instalación.

### Curva de carga diaria

Las curvas de carga diaria están formadas por los picos obtenidos en intervalos de una hora para cada hora del día. Las curvas de carga diaria dan una indicación de las características de la carga en el sistema, sean estas predominantemente residenciales, comerciales o industriales y de la forma en que se combinan para producir el pico. Su análisis debe conducir a conclusiones similares a las curvas de carga anual, pero proporcionan mayores detalles sobre la forma en que han venido variando durante el período histórico y constituye una base para determinar las tendencias predominantes de las cargas del sistema, permite seleccionar en forma adecuada los equipos de transformación en lo que se refiere a la capacidad límite de sobrecarga, tipo de enfriamiento para transformadores de subestaciones y límites de sobrecarga para transformadores de distribución.

**Figura 6.** Curva de carga diaria típica



Fuente: (Ramírez Castaño Samuel, 2004)

### Capacidad instalada

A este apartado se lo define también a la capacidad instalada y es la que corresponde a la suma de las potencias nominales de los equipos (transformadores, generadores), instalados a líneas que suministran la potencia eléctrica a las cargas o servicios conectados. Es llamada también capacidad nominal del sistema.

## **Demanda**

“La demanda es la cantidad de potencia que un consumidor utiliza en cualquier momento (variable en el tiempo). Dicho de otra forma: la demanda de una instalación eléctrica en los terminales receptores, tomada como un valor medio en un intervalo determinado”. (RAMIREZ CASTAÑO, 2004).

Para establecer una demanda es indispensable indicar el intervalo de demanda ya que sin él no tendría sentido práctico. La demanda se puede expresar en KVA, KW KVAR, A, etc.

La variación de la demanda en el tiempo para una carga dada origina el ciclo de carga que es una CURVA DE CARGA que se lo puede representar gráficamente considerando a la demanda vs tiempo.

## **Demanda máxima**

(CFE, 2015), define a la demanda máxima como la coincidencia de cargas en un intervalo de tiempo. El medidor de energía almacena la lectura correspondiente al máximo valor registrado de demanda (kW) en intervalos de 15 minutos del periodo de facturación.

## **Demanda diversificada**

Es la demanda simultanea de un grupo de equipos, la demanda máxima diversificada es normalmente menor que la suma de las demandas máximas individuales.

## **DEFINICIONES DE PARÁMETROS Y FACTORES ELÉCTRICOS**

### **Potencia Activa (P)**

(VILLALOBOS C., 2010). “La potencia activa es la que efectivamente se aprovecha como potencia útil en el eje de un motor, la que se transforma en calor en la resistencia de un calefactor, etc., y se representa por la letra P y se mide en el sistema MKS en vatios o watts o por su múltiplo kilovatio (kW) siendo 1kW = 1000 W. Se mide con el WATTIMETRO”.

La potencia activa se define matemáticamente como el producto escalar de la corriente por el voltaje eficaz y el coseno del ángulo, donde el ángulo es el desfasaje de tensión y corriente.

La potencia activa en los circuitos de AC responde a la siguiente expresión:

$$P = S * \cos\varphi = V * I * \cos\varphi \quad (W) \quad (4)$$

Dónde:

V: valor eficaz de voltaje.

I: valor eficaz de la intensidad.

Cos: factor de potencia (comprendido entre 0 y 1)

### **Potencia Reactiva (Q).**

Es la potencia necesaria para establecer el campo magnético en las máquinas eléctricas construidas con elementos inductivos se mide en voltampere reactivos (VAR) y este se mide con el Varmetro o Varímetro y se define matemáticamente como el producto de  $V \cdot I \cdot \text{sen}(\theta)$  y se representa por la letra Q la unidad de Q en el sistema MKS es el voltio-amperio reactivo (VAR), y su múltiplo más empleado es el kilovoltio-amperio reactivo (kVAR) siendo  $1\text{KVAR} = 1000 \text{VAR}$ .

$$Q = V * I * \text{sen}\theta \quad (kVAR) \quad (5)$$

### **Potencia Aparente (S).**

Es la suma fasorial de las potencias activas y reactivas y se define matemáticamente como el producto escalar tensión por corriente  $V \cdot I$  en el sistema MKS es el voltio-amperio (VA) y su múltiplo más empleado es el kilovoltio-amperio (KVA), siendo  $1 \text{KVA} = 1000 \text{VA}$ .

$$S = P + Q = V * I^* \quad (kVA) \quad (6)$$

### **Factor de potencia**

(WILDI, 2007), “El factor de potencia de un dispositivo o circuito de corriente alterna es la relación de la potencia activa (P) a la potencia aparente (S), es decir,

$$\text{Factor de potencia } (f_p) = \cos\phi = \frac{P}{S} \quad (7)$$

Dónde:

P= Potencia activa suministrada o absorbida por el circuito o dispositivo (W).

S= Potencia aparente del circuito o dispositivo (VA)

El factor de potencia se expresa como un número simple o como un porcentaje.

Como la potencia activa P nunca puede exceder la potencia aparente S, se deduce que el factor de potencia nunca puede ser mayor que la unidad.”

Así mismo (SOTO CRUZ, 1996) menciona que el factor de potencia puede también ser expresado como una función de las potencias activa y reactiva:

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (8)$$

Sustituyendo tenemos que el factor de potencia será:

$$F.P. = \frac{P}{(P^2 + Q^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (9)$$

### **Factor de Demanda**

(ACHURI HOLGUÍN , 1998). Es la relación entre la demanda máxima de un sistema o parte de él y la carga total instalada o conectada al sistema o parte de él. El (Fd) siempre es menor o igual a 1, ya que la demanda máxima es menor o a lo sumo igual a la carga conectada del sistema.

$$Fd = \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{Carga instalada}} = \frac{D_{\text{máx}}}{P_{\text{ins}}} \quad (10)$$

Dónde:

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

$P_{\text{inst}}$  =Potencia de carga conectada en KW o KVA

### **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.

$$Fc = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda máxima}} \quad (11)$$

Mide el grado de variación de carga en un período determinado, es decir, indica el comportamiento general de la demanda comparado con su pico máximo.

### **Factor de Utilización**

El factor de utilización en un sistema eléctrico en un intervalo de tiempo t, es la razón entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema (capacidad instalada), es decir:

$$Fu = \frac{KVA D_{\text{máx sistema}}}{KVA Instalados} \quad (12)$$

El factor de utilización se usa en sistemas que proporcionan potencia, por ejemplo, los transformadores.

### Factor de diversidad o de grupo

Es la relación de las demandas máximas individuales de un sistema y la demanda máxima total del sistema considerado. Puede referirse a dos o más cargas separadas o puede incluir todas las cargas de cualquier parte de un sistema eléctrico o el sistema total.

$$factor\ de\ diversidad = \frac{\sum Demandas\ máximas\ individuales}{Demanda\ total\ del\ sistema} \quad (13)$$

### Factor de coincidencia o de simultaneidad

Es la relación de la demanda máxima total de un sistema y las demandas máximas individuales del sistema en estudio. Es el inverso del factor de diversidad.

$$Factor\ de\ coincidencia = \frac{1}{factor\ de\ diversidad} \quad (14)$$

### Factor de pérdidas

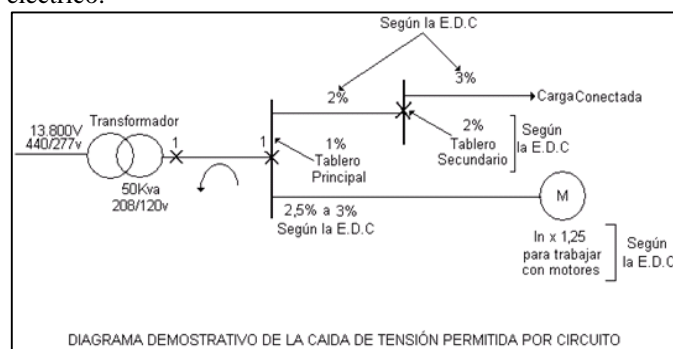
El factor de pérdidas es el porcentaje de tiempo que requiere el valor pico de una carga para producir las mismas pérdidas que las producidas por la carga real en un periodo dado. Para efectuar el cálculo de este factor se pueden utilizar la siguiente expresión:

$$F_{pérdidas} = 0,3 * F_{carga} + 0,7 * (F_{carga})^2 \quad (15)$$

### Cálculo de caída de voltaje

En el proyecto de (LEMA&ZAPATA, 2017) determinan que “La caída de tensión es cuando el voltaje baja por resistencia del conductor o por calentamiento de un conductor por circular más corriente de la que puede soportar y esto produce calentamiento o efecto Joule y cae la tensión. El cálculo de la caída de voltaje se produce a llevar una determinada potencia por circuito dependiendo de distancia su valor varía.

**Figura 7.** Porcentaje de caída de voltajes de un sistema eléctrico.



Fuente: (LEMA&ZAPATA, 2017)



La sección de los conductores de los alimentadores y subalimentadores será tal que la caída de voltaje provocada por la corriente máxima que circula por ellos no exceda el 3% del voltaje nominal. La sección de los conductores de los alimentadores secundarios y circuitos derivados será tal que la caída de voltaje provocada por la corriente máxima que circula por ellos no exceda del 3% del voltaje nominal. Sin embargo, la caída de voltaje total en el punto más desfavorable de la instalación no debe exceder del 5% del voltaje nominal. (NEC, 2013).

### Límites de caídas de voltaje en conductores

(ENRIQUEZ H, 2004), menciona que “También es necesario que la caída de voltaje en el conductor no exceda los valores establecidos por las normas para instalaciones eléctricas (que son 2% caída de voltaje en instalaciones residenciales y 3 ó 4% en instalaciones industriales).”

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * (R * I * \cos \theta + X * I * \sin \theta) * l}{1000 * \# \text{ conductores por fase}} \quad (16)$$

Dónde:

R= Resistencia del Conductor

I= Corriente Nominal

X= Reactancia del Conductor

$\theta$  = Angulo del factor de potencia de carga

### Niveles de voltaje

#### Calidad de servicio eléctrico de distribución

(ARCONEL, Regulación CONELEC 004/01, 2001), los niveles de voltaje deben ser aceptables para el correcto funcionamiento de las instalaciones y de los equipos eléctricos, en tal virtud para el análisis se ha considerado una aceptación del  $\pm 10\%$  del voltaje nominal de esta regulación.

**Tabla 2.** Variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal.

	$\Delta V$
Alto Voltaje	$\pm 5\%$
Medio Voltaje	$\pm 8\%$
Bajo Voltaje Urbanas	$\pm 8\%$
Bajo Voltaje Rurales	$\pm 10\%$

Fuente: ARCONEL

Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural) y la topología de la red, además para cada mes, el registro en cada punto de medición se efectuará durante un periodo no inferior a 7 días continuos en intervalos de medición de 10 minutos.

### **Regulaciones de voltaje**

Así mismo los datos obtenidos por el analizador de carga deben cumplir los parámetros establecidos por la descrita regulación y se lo expresa por medio de la siguiente formula:

$$\Delta V_k(\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100 \quad (17)$$

Dónde:

**$\Delta V_k$** : 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.

Para cada mes, el registro en cada punto de medición se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

### **Analizador de carga eléctrica**

Son instrumentos capaces de analizar las propiedades de las redes eléctricas, y especialmente aquellas propiedades asociadas con la reflexión y la transmisión de señales eléctricas, conocidas como parámetros de dispersión (Parámetros-S). Los analizadores de redes son más frecuentemente usados en altas frecuencias, que operan entre los rangos de 9 kHz hasta 110 GHz.

### **Fluke 435 series II**

El Analizador de la energía eléctrica 435 Serie II Fluke es la herramienta ideal para el registro de energía. La característica de monetización le permite identificar las zonas con mayor pérdida de energía en sus instalaciones para que pueda determinar las soluciones de ahorro de energía apropiadas.

### **Aplicaciones**

- Captura de datos RMS reales para ver todas las formas de onda de modo que pueda determinar cómo interaccionan tensión, corriente y frecuencia.

- Análisis de la energía– mida el antes y el después para cuantificar las mejoras de la instalación en el consumo de energía, justificando el uso de los dispositivos de ahorro energético.
- Detección y resolución de problemas en primer nivel de actuación – diagnostique rápidamente los problemas en pantalla, de forma que pueda volver a poner los equipos en marcha.
- Estudios de carga – compruebe la capacidad de los sistemas eléctricos antes de añadir la carga.

**Figura 8.** Analizador de carga Fluke 435 II



Fuente: postulantes

### **Analizador de carga AEMC 3945-B**

(AEMC.Instruments, 2006), el PowerPad® Modelo 3945-B es un analizador de calidad de potencia trifásica fácil de usar, compacto y resistente a golpes. Está dirigido a técnicos e ingenieros para medir y realizar trabajo de diagnóstico y calidad de potencia en redes de bajo voltaje mono, bi y trifásicas.

Los usuarios pueden obtener formas de onda instantáneas de las principales características de una red eléctrica y también monitorear sus variaciones en el tiempo. El sistema de medición de multitareas maneja simultáneamente todas las funciones de medición y presentación de formas de onda de las diferentes magnitudes, su detección, su registro continuo y su presentación sin limitaciones.

**Figura 9.** Analizador de carga AEMC 3945-B



Fuente: Postulantes

### Características del analizador de redes AEMC 3945-B

- Medición de voltajes RMS hasta 480V (fase-a-neutro) o 830V (fase-fase) para sistemas de dos, tres o cuatro hilos
- Medición de corrientes RMS hasta 6500Arms
- Medición de frecuencia (sistemas de 41 a 70Hz)
- Cálculo de desbalance de fases en voltaje y corriente (sistemas de 3 fases solamente)
- Monitoreo del valor promedio de cualquier parámetro, calculado en un periodo desde 1 seg. hasta 2 hrs.
- Medición de la potencia activa, reactiva y aparente por fase y su respectiva suma total.
- Cálculo del factor de potencia, factor de potencia de desplazamiento y factor de tangente, etc.

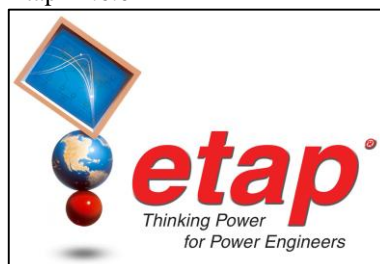
### Presentación del software ETAP 12.6.0

(ETAP 12.6.0), es una herramienta de análisis y control para el diseño, simulación y operación de sistemas de potencia eléctricos de generación, distribución e industriales. Es una herramienta integrada que ha sido diseñada y desarrollada por ingenieros para ingenieros que se desempeñen en las diversas disciplinas de los sistemas de potencia.

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

- Redes AC o DC.
- Tendido y rutado de cables.
- Redes de tierra.
- Coordinación y selectividad de protecciones.
- Diagramas de Control de Sistemas AC y DC.

**Figura 10.** Logotipo del software de simulación de flujo eléctrico Etap 12.6.0



Fuente: ETAP 12.6.0

## 9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿Será factible realizar el diagnóstico del sistema eléctrico en los transformadores de las áreas de suelda y pintura, en la empresa CIAUTO CIA. LTDA., con el fin de establecer los niveles de demanda actual y la capacidad del sistema ante cambios en el proceso productivo?

## 10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

### MÉTODOS

Para la realización del proyecto de investigación, se aplicarán métodos de investigación científica, entre los cuales se mencionan:

**Método cuantitativo**, suele basarse en medidas numéricas de ciertos aspectos de los fenómenos; parte de casos concretos para llegar a una descripción general o para comprobar hipótesis causales y busca medidas y análisis. Por medio de este método de investigación se determinará la recopilación de datos que se obtendrán por medio de un analizador de carga para luego depurarlos y analizarlos para el posterior análisis.

**Método inductivo-deductivo**, que describe la investigación que se llevará a cabo desde lo general a lo particular, esto se refiere a que en la empresa CIAUTO CIA. LTDA, se realizará un diagnóstico que parta de conocer el proceso en toda la planta industrial hacia las áreas específicas de estudio, en este caso, las de suelda y pintura.

**Investigación de campo**, describe que la investigación se realiza directamente en el lugar de los hechos sin que se distorsione la información buscada para analizar los principales puntos de consumo mediante diferentes equipos de medida y revisar las instalaciones para verificar el funcionamiento y consumo de la demanda.

**Investigación documental**, se refiere al conjunto de procedimientos o medios que permiten registrar las fuentes de información, así como organizar y sistematizar la información teórica y empírica que contienen un libro, artículo, informe de investigación, censo u otros documentos, para utilizarla a fin de tener un conocimiento preliminar del objeto de estudio o plantear el problema de investigación, el marco teórico y las hipótesis.

**Metodología de la investigación bibliográfica**, con este método, el investigador hace uso de la información registrada en determinados documentos (referencia bibliográfica), sean estos libros y monografías, revistas, artículos, documentos audiovisuales, etc., que proporcionen información para elaborar y sustentar una investigación.

## TÉCNICAS

Una de las técnicas utilizadas en la investigación es la **observación** mediante las visitas in situ para obtener la información que se requiere para el posterior análisis del proyecto, con esta técnica se procederá al levantamiento de la carga instalada existente en las áreas de suelda y pintura.

**Tabla 3.** Técnicas e instrumentos de la investigación a emplearse.

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Se aplica la técnica de investigación de campo para realizar el levantamiento de la carga instalada en la empresa CIAUTO CIA. LTDA de las áreas de suelda y pintura.	A través de fotografías, toma de notas y por medio del software AutoCAD se procederá a graficar los diagramas unifilares.
Modelación y simulación de la carga instalada.	Mediante el software <b>ETAP 12.6.0</b>
Con la técnica de la observación será admisible la toma y medición de datos para determinar los puntos críticos de consumo dentro del sistema eléctrico en cuestión.	Mediante el analizador de carga FLUKE 435 II, y AEMC 3945-B
Por medio de la técnica documental se recopilará la información necesaria para sustentar el trabajo en estudio.	Libros, artículos, revistas, sitios web.

Fuente: Postulantes

## VARIABLES

**Tabla 4:** Variables dependiente e independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE
Niveles de demanda.	Cargabilidad de los transformadores de potencia.

Fuente: Postulantes

## **11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **Aspectos generales de la empresa CIAUTO CIA. LTDA.**

La empresa CIUATO CIA LTDA., es una industria autopartista más importante del país, esta empresa con orígenes asiáticos (China) ha extendido el ensamblaje y fabricación de vehículos en Ecuador desde el año 2013. Se encuentra ubicado en la provincia de Tungurahua, sector Unamuncho (Camino del Rey), perteneciente al cantón Ambato (ver anexo 2), aquí se ensambla la prestigiosa marca de vehículos GREAT WALL de cuya patente se derivan varios modelos de automotores entre ellos el Modelo M4 (ver anexo 5), ZOTIE T-600 (ver anexo 6), Wingle, entre otros.

Esta industria autopartista trabaja con tecnología sofisticada y una mano de obra calificada en cada uno de sus procesos.

CIAUTO, consta de seis transformadores eléctricos de distribución en toda su planta de producción, de los cuales los más importantes para el análisis son los del área de suelda y pintura.

### **Entrevista realizada al Ing. Juan Escobar Director de Manufactura de la Empresa CIAUTO CIA. LTDA.**

La planta CIAUTO CIA TLDA a futuro plantea ser un productor de energía renovable ya sea mediante energía solar o energía eólica, para ello se desea conocer el levantamiento de información reflejada en la carga instalada, que nivel de consumo tiene la planta cuando entra a funcionar a plena carga y que consumo tiene cuando entra a operar a capacidad mínima, la idea es monitorear cada uno de los transformadores mediante los analizadores para determinar las magnitudes que se producen en estos.

El proceso de trabajo es soldadura ensamblaje y pintura.

## **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL**

### **Alimentación del servicio eléctrico**

La Ciudad del Auto (CIAUTO CIA.LTDA) goza del suministro eléctrico que la Empresa Eléctrica Ambato (EEA. S.A.) brinda desde la Subestación Samanga (12/16,5MVA), a través del alimentador Camino Real; código 84, a nivel de medio voltaje de 13,8 KV por medio de una red trifásica aérea con conductores de fase ACSR 4/0 AWG y conductor neutro #2 AWG. En la planta industrial se deriva la energía eléctrica para varias áreas de producción, de las cuales se analizan las áreas de producción de suelda y pintura respectivamente.

### Levantamiento de carga instalada

Para el levantamiento de carga instalada de las áreas de suelda y pintura se ha procedido a la visita in situ del lugar en el cual se pudo apreciar la ubicación del transformador que se encuentra en el interior del área de suelda, su construcción es de tipo padmounted, cuyo código es el número: **10841** con una capacidad instalada de **400kVA** (ver anexo 3). Para el área de pintura se encuentra ubicado un transformador de **1000kVA** (ver anexo 7) y su código es: **10843** instalado en la parte externa del área en estudio. La carga total a ser analizada es de **1400kVA**.

### Carga instalada área de suelda

Desde la salida del lado secundario del transformador trifásico a 380V hacia el Tablero General de Conexión se derivan tres salidas de dos conductores por fase TTU #350MCM más neutro #4 AWG y conductor de tierra #1/0 AWG desnudo de cobre.

De la barra principal de conexión (BPC), se derivan hacia los respectivos sub tableros del modelo M4 (izquierdo-derecho) y el modelo ZOTYE T-600 con conductores TTU # 250 MCM 6 por fase más neutro #4 AWG y puesta a tierra #1/0 AWG. Los conductores son trasladados hacia las respectivas cargas por medio de bandeja galvanizada y llegan hasta las soldaduras de punto eléctrico mediante conductores TTU # 250MCM 2Ø 1 por fase y un conductor de cobre #2 AWG de tierra. Para pequeñas cargas trifásicas como motores de tecles y tomacorrientes se utilizan cable # 10 AWG.

**Tabla 5.** Carga total instalada en la barra principal área de suelda CIAUTO CIA. LTDA.

CARGA INSTALADA TABLERO PRINCIPAL																	
DESDE	HASTA	LONG [ft]	MW	MVA	HP	V [kV]	I nom. [A]	P.F. [%]	EFF. [%]	I nom. Diseño [A]	# FASE S	DVPP nom. [V]	DVPP nom. [%]	CALI BRE	SECCIÓN	I nom [A]	DESCRIPCIÓN
BARRA PRINCIPAL	TDG1	22,96	5,997	7,800	8,038,74	0,38	11,851,43	84%	91%	14,814,29	3	13,62	3,58%	350	177,34	310	3-2-C # 350 THHN + GND

Fuente: Postulantes

La carga total en la barra principal correspondiente a los bornes del transformador de 400kVA en suelda es de 7.800 MVA, y una caída de voltaje total en el tramo de 3,58%, cabe mencionar que la totalidad de la carga no opera simultáneamente dado que la producción de vehículos se lo realiza por lotes dependiendo del modelo, a continuación se realiza un desglose de los subtableros existentes para cada etapa de producción.



**Tabla 6.** Carga instalada tableros línea de soldadura modelo M4 CIAUTO CIA. LTDA.

CARGA INSTALADA SUBTABLERO DE DISTRIBUCIÓN 1 MODELO M4																	
DESDE	HASTA	LONG [ft]	MW	MVA	HP	V [kV]	I nom. [A]	P.F. [%]	EFF. [%]	I nom. Diseño [A]	# FASE S	DVPP nom. [V]	DVPP nom. [%]	CALIBRE	SECCIÓN	I nom [A]	DESCRIPCIÓN
TDG1	STD	49.20	2.973	3.950	3.985.12	0.38	6.001.29	83%	91%	7.501.61	3	11.96	3.15%	250	126.67	255	3-3C # 250 THHN + GND
TDG1	STD1 LADO DERECHO	49.20	1.487	1.971	1.992.83	0.38	2.994.24	83%	91%	3.742.80	3	5.97	1.57%	250	126.67	255	3-3C # 250 THHN + GND
STDG1_DM4	SP_M4D_06	68.88	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	5.09	1.34%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_18	59.04	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	4.36	1.15%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_20	62.32	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	4.61	1.21%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_16	45.92	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	3.39	0.89%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_10	62.32	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	4.61	1.21%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_14	52.48	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	3.88	1.02%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_12	52.48	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	3.88	1.02%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_08	65.60	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	4.85	1.28%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_04	78.72	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	5.82	1.53%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_02	82.00	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	6.06	1.59%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	CANALETA ELÉCTRICA	82.00	0.30	0.38	0.40	0.38	0.58	85%	92%	0.73	3	0.04	0.01%	6	13.3	65	3-1-C # 6 THHN + GND
	TECLE A 250kg	98.40	0.10	0.13	0.13	0.22	0.34	85%	92%	0.42	3	0.10	0.04%	12	3.307	20	3-1-C # 12 THHN + GND
	TECLE B 250kg	98.40	0.10	0.13	0.13	0.22	0.34	85%	92%	0.42	3	0.10	0.04%	12	3.307	20	3-1-C # 12 THHN + GND
	TECLE 1000kg	98.40	0.10	0.13	0.13	0.22	0.34	85%	92%	0.42	3	0.10	0.04%	12	3.307	20	3-1-C # 12 THHN + GND
	TOMACORRIENTE	65.60	10.00	12.79	13.40	0.38	33.65	85%	92%	42.06	2	4.62	1.22%	10	67.4	30	2-1-C # 10 THHN + GND
VENTILADOR ARMARIO	121.36	0.05	0.06	0.07	0.22	0.17	85%	92%	0.21	3	0.06	0.03%	12	3.3	20	2-1-C # 12 THHN + GND	
DESDE	HASTA	LONG [ft]	MW	MVA	HP	V [kV]	I nom. [A]	P.F. [%]	EFF. [%]	I nom. Diseño [A]	# FASE S	DVPP nom. [V]	DVPP nom. [%]	CALIBRE	SECCIÓN	I nom [A]	DESCRIPCIÓN
TDG1	STD1 LADO IZQUIERDO	90.20	1.486	1.980	1.992.29	0.38	3.009.03	83%	91%	3.761.29	3	11.00	2.89%	250	126.67	255	3-3C # 250 THHN + GND
STDG2_IM4	SP_M4D_05	90.20	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	6.67	1.75%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_19	115.13	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	8.51	2.24%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_17	86.26	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	6.38	1.68%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_15	69.86	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	5.16	1.36%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_11	49.20	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	3.64	0.96%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_13	54.45	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	4.02	1.06%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_09	56.09	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	4.15	1.09%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_07	69.21	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	5.11	1.35%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_03	121.69	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	8.99	2.37%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	SP_M4D_01	160.72	147.60	200.00	197.86	0.38	526.32	82%	90%	657.89	2	11.88	3.13%	250	126.67	255	2-1-C # 250 THHN + GND
	VENTILADOR ARMARIO	16.40	0.05	0.06	0.07	0.22	0.29	85%	92%	0.36	2	0.03	0.01%	14	2.082	15	2-1-C # 14 THHN + GND
	TECLE A 250kg	82.00	0.10	0.13	0.13	0.38	0.19	85%	92%	0.24	3	0.05	0.01%	12	3.307	20	3-1-C # 12 THHN + GND
	TECLE B 250kg	98.40	0.10	0.13	0.13	0.38	0.19	85%	92%	0.24	3	0.06	0.02%	12	3.307	20	3-1-C # 12 THHN + GND
	TOMACORRIENTE	65.60	10.00	12.79	13.40	0.38	33.65	85%	92%	42.06	2	3.05	0.80%	8	3.307	50	2-1-C # 8 THHN + GND

Fuente: Postulantes

**Sub tablero de distribución (STD1) Modelo M4**

(ver anexo 4)

**Carga total instalada 3.950 MVA, Fp= 0,83**

Se subdivide en:

- **STD1 lado derecho:** con una carga instalada = 1,971 MVA, Fp= 83%,  $\eta_c = 91%$ , caída de voltaje total 1,57% en el ramal.
- **STD2 lado izquierdo:** con una carga instalada de 1,980 MVA y Fp= 83%,  $\eta_c = 91%$ , caída de voltaje en el tablero de 2,98%.
- Además, se observa que la suelda SP\_M4D\_01 presenta 3,13% de caída de voltaje debido a la distancia de 49 metros.

El calibre de los conductores de la tabla enmarcados con color rojo demuestra que están sub dimensionados, esto sería un grave problema si la carga operara de manera continua produciendo recalentamiento por el nivel de corriente que circularía por ellos, sin embargo, cada suelda opera de manera intermitente por un lapso menor a un segundo produciéndose picos de corriente no sostenidos.

Los sub tableros STD1 lado derecho y STD2 lado izquierdo entran a operar cuando se ensambla la carrocería del vehículo M4.

## Carga instalada para la línea de soldadura del modelo T600

**Tabla 7:** Carga instalada tableros línea de soldadura modelo T600 CIAUTO CIA. LTDA.

CARGA INSTALADA SUBTABLERO 2 MODELO T600																		
DESDE	HASTA	LONG [R]	MW	MVA	HP	V [kV]	I nom. [A]	P.F. [%]	EFF. [%]	I nom. Diseño [A]	# FASE S	DVPP nom. [V]	DVPP nom. [%]	CALIBRE	SECCIÓN	I nom [A]	DESCRIPCIÓN	
TDGI	EMPALME DUCTOBARRA	32,80	2.993	3.877	4.011,93	0,38	5.891,12	84%	92%	7.363,90	3	3,91	1,03%	250	126,67	255	3-6/C # 250 THHN + GND	
EMPALME DUCTOBARRA	DUCTOBARRA DERECHA	75,44	1.496	1.968	2.005,90	0,38	2.990,40	83%	92%	3.738,01	3	1,42	0,37%	1000	506,71	545	3-10/C # 1000 THHN + GND	
DUCTOBARRA DERECHA	SP T600-38	16,40	147,60	200,00	197,86	0,38	526,32	82%	90%	657,89	2	1,21	0,32%	250	2,2	255	2-1/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-36	16,40	147,60	200,00	197,86	0,38	526,32	82%	90%	657,89	2	1,21	0,32%	250	3,3	255	2-1/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-34	16,40	147,60	200,00	197,86	0,38	526,32	82%	90%	657,89	2	1,21	0,32%	250	3,3	255	2-1/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-32	16,40	147,60	200,00	197,86	0,38	526,32	82%	90%	657,89	2	1,21	0,32%	250	2,2	255	2-1/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-30	16,40	147,60	200,00	197,86	0,38	526,32	82%	90%	657,89	2	1,21	0,32%	250	2,2	255	2-1/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-28	16,40	147,60	200,00	197,86	0,38	526,32	82%	90%	657,89	2	1,21	0,32%	250	2,2	255	2-1/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-26	16,40	147,60	200,00	197,86	0,38	526,32	82%	90%	657,89	2	1,21	0,32%	250	2,2	255	2-1/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-24	16,40	147,60	200,00	197,86	0,38	526,32	82%	90%	657,89	2	1,21	0,32%	250	2,2	255	2-1/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-22	16,40	147,60	200,00	197,86	0,38	526,32	82%	90%	657,89	2	1,21	0,32%	250	2,2	255	2-1/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-20	16,40	147,60	200,00	197,86	0,38	526,32	82%	90%	657,89	2	1,21	0,32%	250	2,2	255	2-1/C # 250 THHN + GND	
	CANALETA ELÉCTRICA	82,00	0,20	0,25	0,27	0,38	0,38	0,38	85%	94%	0,48	3	0,02	0,01%	6	13,3	65	3-1/C # 6 THHN + GND
	TECLE A 250kg	82,00	0,10	0,13	0,13	0,38	0,19	0,19	85%	92%	0,24	3	0,01	0,00%	6	3,307	65	3-1/C # 6 THHN + GND
	TECLE B 250kg	98,40	0,10	0,13	0,13	0,38	0,19	0,19	85%	92%	0,24	3	0,01	0,00%	6	3,307	65	3-1/C # 6 THHN + GND
	TOMACORRIENTES 1	65,60	10,00	12,00	13,40	0,38	31,59	31,59	85%	98%	39,49	2	2,86	0,75%	8	2,2	50	2-1/C # 8 THHN + GND
TOMACORRIENTES 2	65,60	10,00	12,00	13,40	0,38	31,59	31,59	85%	98%	39,49	2	2,86	0,75%	8	5,3	50	2-1/C # 8 THHN + GND	
DESDE	HASTA	LONG [R]	MW	MVA	HP	V [kV]	I nom. [A]	P.F. [%]	EFF. [%]	I nom. Diseño [A]	# FASE S	DVPP nom. [V]	DVPP nom. [%]	CALIBRE	SECCIÓN	I nom [A]	DESCRIPCIÓN	
EMPALME DUCTOBARRA	DUCTOBARRA IZQUIERDA	85,28	1.497	1.910	2.006,03	0,38	2.902,09	86%	92%	3.627,61	3	1,52	0,40%	1000	506,71	545	3-10/C # 1000 THHN + GND	
STDG MT600_I	SP T600-39	16,40	147,60	190,70	197,86	0,38	501,84	86%	90%	627,29	2	0,58	0,15%	250	2,2	255	2-2/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-37	16,40	147,60	190,70	197,86	0,38	501,84	86%	90%	627,29	2	0,58	0,15%	250	3,3	255	2-2/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-35	16,40	147,60	190,70	197,86	0,38	501,84	86%	90%	627,29	2	0,58	0,15%	250	3,3	255	2-2/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-33	16,40	147,60	190,70	197,86	0,38	501,84	86%	90%	627,29	2	0,58	0,15%	250	2,2	255	2-2/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-31	16,40	147,60	190,70	197,86	0,38	501,84	86%	90%	627,29	2	0,58	0,15%	250	2,2	255	2-2/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-29	16,40	147,60	190,70	197,86	0,38	501,84	86%	90%	627,29	2	0,58	0,15%	250	2,2	255	2-2/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-27	16,40	147,60	190,70	197,86	0,38	501,84	86%	90%	627,29	2	0,58	0,15%	250	2,2	255	2-2/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-25	16,40	147,60	190,70	197,86	0,38	501,84	86%	90%	627,29	2	0,58	0,15%	250	2,2	255	2-2/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-23	16,40	147,60	190,70	197,86	0,38	501,84	86%	90%	627,29	2	0,58	0,15%	250	2,2	255	2-2/C # 250 THHN + GND	
	SP T600-21	16,40	147,60	190,70	197,86	0,38	501,84	86%	90%	627,29	2	0,58	0,15%	250	2,2	255	2-2/C # 250 THHN + GND	
	CANALETA ELÉCTRICA	82,00	0,20	0,26	0,27	0,38	0,39	0,39	85%	92%	0,49	3	0,02	0,01%	6	13,3	65	3-1/C # 6 THHN + GND
	TECLE A 250kg	82,00	0,10	0,13	0,13	0,38	0,19	0,19	85%	92%	0,24	3	0,01	0,00%	6	3,307	65	3-1/C # 6 THHN + GND
	TECLE B 250kg	98,40	0,10	0,13	0,13	0,38	0,19	0,19	85%	92%	0,24	3	0,01	0,00%	6	3,307	65	3-1/C # 6 THHN + GND
	TECLE 1000kg	98,40	0,10	0,13	0,13	0,22	0,34	0,34	85%	92%	0,42	3	0,10	0,04%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
TOMACORRIENTES 1	65,60	10,00	12,00	13,40	0,38	18,24	18,24	85%	98%	22,80	3	3,58	0,94%	12	2,2	20	2-1/C # 12 THHN + GND	
TOMACORRIENTES 2	65,60	10,00	12,00	13,40	0,38	18,24	18,24	85%	98%	22,80	3	3,58	0,94%	12	5,3	20	2-1/C # 12 THHN + GND	

Fuente: Postulantes

Para dotar de energía eléctrica a los equipos de soldadura para el modelo T600 se ha provisto reemplazar la terna de conductores por una ductobarra de 5 plg x 2.54 plg que soporta una corriente de 630Amp a 7500Amp, produciéndose menos pérdidas en ella y menos la caída de voltaje, de esta se derivan las acometidas para cada equipo de soldar. Debido a que las acometidas son de menor longitud existe menos caída de voltaje por lo que se encuentra en dentro de los parámetros de variación de voltaje permitidos.

De igual manera los conductores están sub dimensionados si la carga operara continuamente, como se explicó anteriormente este tipo de carga opera intermitentemente produciéndose picos de corta duración de corriente que no ocasionan daño al conductor.

### Mediciones realizadas

Con el afán de conocer con mayor exactitud las condiciones operativas del sistema eléctrico, se ha procedido a la instalación de un analizador de carga marca AEMC Instruments en los bornes de bajo voltaje de los transformadores de 400kVA (Suelda) y 1000kVA (Pintura), ver anexo 13.

Estas mediciones se realizaron tomando como referencia a la Regulación CONELEC 004/01 publicada en la página web de la ARCONEL durante un periodo de 10 minutos.

**Tabla 8:** Días registrados con el analizador de carga AEMC. CIAUTO CIA LTDA.

TRANSFORMADOR	CODIGO	CAPACIDAD (KVA)	FECHA DE INICIO	FECHA DE FINALIZACIÓN
ÁREA DE SUELDA	10841	400	03/02/2017	08/02/2017
ÁREA DE PINTURA	10843	1000	20/02/2017	25/02/2017

Fuente: Postulantes.

### DIAGRAMA UNIFILAR DEL ÁREA DE SUELDA.

Para mejor visualización, el diagrama unifilar se recomienda (Ver anexo 40)

### Datos del transformador tipo padmounted en el área de suelda.

El área de suelda posee un transformador trifásico tipo padmounted de 400kVA el cual está instalado al interior del área de producción de soldadura con la siguiente placa de características.

**Tabla 9.** Placa de características del transformador 10841 área de Suelda. CIAUTO.

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO PADMOUNTED				
SERIE	1554114	PRIMARIO		
ESP.	1400M088CML	POSICIÓN	VOLTAJE(V)	CORRIENTE (A)
KVA	400	1	14145	
NORMA	IEEE C.57.12	2	13800	16,73
CLASE	ONAN	3	13455	
OPERACIÓN m.s.n.m	3000	4	13110	
ACEITE	MINERAL	5	12765	
CALENTAMIENTO °C	65°	NOTA: El cambio del tap deberá maniobrase desenergizando el transformador		
INCREMENTO DE TEMPERATURA				
NÚMERO DE FASES	3			
FRECUENCIA HZ	60			
NIVEL AISL. PRIM/SEC Kv	95/30			
GRUPO DE CONEXIÓN	Dyn5			
IMPEDANCIA (85°C) %	3,5			
PESO TOTAL Kg	1420			
PESO ACEITE Kg	360	<b>SECUNDARIO</b>		
PESO A DESENT. Kg	690	LINEA EN:	V	I
VOLUMEN ACEITE L	400	X <sub>0</sub> X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	380 y/220	607,7
MES/AÑO	nov-14	SELLO DE CALIDAD INEN NORMA NTE 2120		
MATERIAL AT/BT	Cu/Cu	ECUATRAN S.A.		

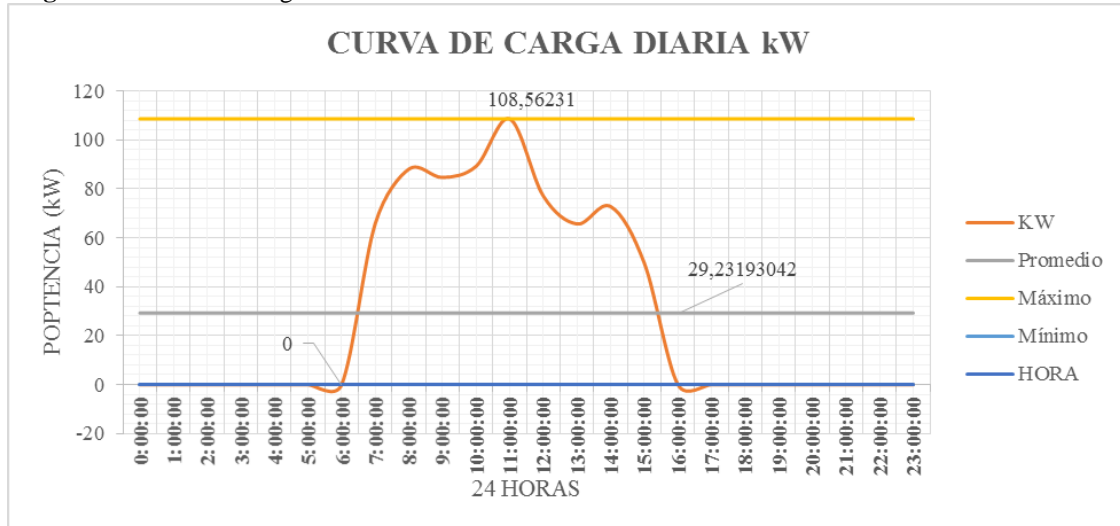
Fuente: Postulantes

### Curva de carga diaria del transformador, área de suelda.

El análisis del proyecto se ha realizado mediante el tratamiento de los datos de las mediciones obtenidas durante los días de carga registrados por el analizador de redes eléctricas, con el uso de histogramas de frecuencia se han obtenido una muestra que representa el consumo de la demanda en los intervalos de las horas laborables, en esta área de producción se labora únicamente 8 horas diarias de lunes a viernes en una sola jornada.

Dentro del área de suelda de la empresa CIAUTO CIA. LTDA., se utilizan el tipo de sueldas de punto para poder realizar el trabajo de untar las placas de la carrocería de los vehículos, se ha registrado la potencia activa de uso diario en las horas de trabajo que la empresa demanda de energía eléctrica, el personal entra en operación desde las 07:00 hasta las 16:00.

**Figura 11.** Curva de carga diaria transformador 400kVA



Fuente: Postulantes

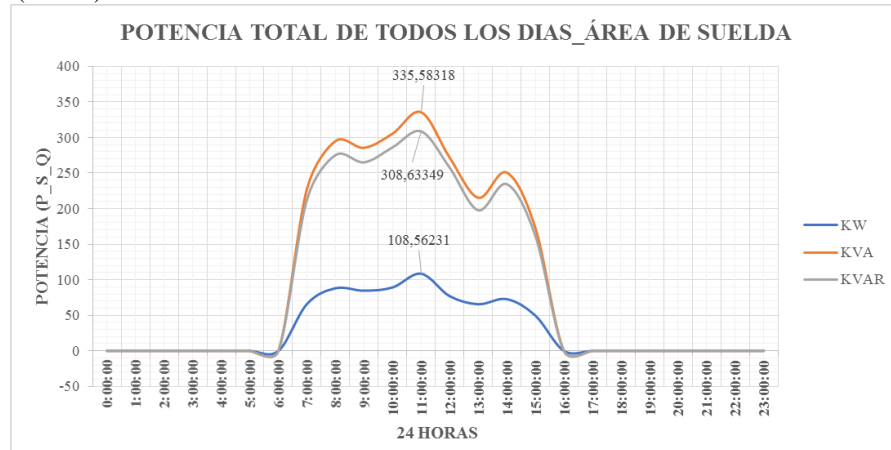
La figura 11, muestra la demanda máxima a las 11:00 am y alcanza 108,56 kW, la demanda media es igual a 29,23 kW y una potencia mínima de 0 kW, debido a la jornada de trabajo que empieza de 7:30Am a 16:00Pm, el resto de horas no existe consumo alguno.

La potencia activa por línea entregada por el transformador de 400KVA en el área de suelda se lo puede apreciar en el anexo 14, la potencia aparente se observa en el anexo 15, y para la potencia reactiva ver anexo16.

### Potencia activa, aparente y reactiva del transformador de 400kVA

Con este análisis se concluye que la demanda total del sistema eléctrico en el área de suelda, el transformador alcanza una potencia total activa de 108,56 kW lo que significa que solo el 30% de esta potencia es utilizada para transformar la energía eléctrica en trabajo útil, mientras que el consumo de potencia reactiva es de 308,63 kVAR dando un porcentaje del 77% de potencia reactiva. Así mismo la potencia aparente total que utiliza el transformador es de 335,58 kVA que representa el 84% de su potencia nominal, teniendo como reserva el 16% de su capacidad nominal.

**Figura 12.** Representación de potencias activa (kW), aparente (kVA) y reactiva (kVAR) en el transformador de suelda.



Fuente: Postulantes.

### Cálculo de factores eléctricos en el área de suelda, TRF 400 KVA.

Factor de demanda (Fd) tablero general de distribución (TDG).

$$Fd_{demanda} = \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{Carga instalada}} = \frac{D_{max}}{P_{ins}}$$

Se procede a calcular con el total de la carga del tablero principal 3,95 MVA

$$Fd_{demanda} = \frac{335,58 \text{ kVA}}{3,95 \text{ MVA}} = 0,0849 \cong 0,085$$

F. demanda = 0,085, este valor se obtendría en el caso de que todos los equipos de suelda funcionen simultáneamente, como es una carga especial y a la vez intermitente por su corta duración en milésimas de segundo se ha realizado el análisis para cuatro sueldas según el factor de diversidad que operan.

Factor de demanda para cuatro sueldas:

$$Fd_{demanda} = \frac{335,58 \text{ kVA}}{800 \text{ kVA}} = 0,42$$

Normalmente el factor de demanda es considerablemente menor que la unidad.

Este factor indica la simultaneidad en el uso de la carga total conectada. Es decir, los aparatos eléctricos de una instalación normalmente no serán accionados al mismo tiempo a plena carga, este factor resulta ser adimensional, dado que la carga conectada y la demanda máxima deben estar expresadas en las mismas unidades.

Factor de carga (Fc) tablero general de distribución (TDG).

$$Fcarga = \frac{Demanda\ promedio}{Demanda\ maxima}$$

$$Fc = \frac{(65,86 + 88,09 + 84,68 + 89,26 + 108,56 + 76,99 + 65,66 + 72,79 + 49,67)kW * 1h}{108,56kW * 8\ horas\ de\ trabajo}$$

$$Fcarga = 0,81$$

Como la mayoría de las cargas son variables durante un período de tiempo dado y sólo tendrán algunos picos de demanda máximos; esta variación es medida a través del factor de carga. La demanda máxima, este factor es adimensional y siempre es menor o igual que uno.

Factor de utilización (Fu).

$$Futilización = \frac{Dmáx\ sistema\ (kVA)}{kVA\ instalados\ (kVA)}$$

$$Futilización = \frac{335,58kVA}{400kVA} = 0,84$$

Este factor indica el grado al cual la capacidad de un sistema está siendo utilizado durante un pico de carga.

Factor de coincidencia o de simultaneidad (Fco).

$$Fcoincidencia = \frac{Demanda\ máx\ diversificada\ grupo}{\sum Demandas\ máximas\ individuales} = \frac{1}{Fdiversidad}$$

$$Fcoincidencia = \frac{108,56kW}{520kW}$$

$$Fcoincidencia = 0,208 \cong 0,21$$

Por consiguiente, a mayor factor de coincidencia, más coincidentes en el tiempo son las demandas máximas individuales.

Factor de diversidad (Fd).

$$Fdiversidad = \frac{\sum Demandas\ máximas\ individuales}{Demanda\ máx\ diversificada\ grupo} = \frac{1}{Fcoincidencia}$$

$$Fdiversidad = \frac{1}{0,21} = 4,79$$

El factor de diversidad se utiliza para determinar la demanda máxima que resulte de la combinación de un grupo de cargas individuales o de la combinación de dos o más grupos de éstos.

Factor de pérdida (Fpér.).

$$F_{p\acute{e}r} = 0,3 * F_{carga} + 0,7 * (F_{carga})^2$$

$$F_{p\acute{e}r} = 0,3 * 0,81 + 0,7 * (0,81)^2 = 0,7$$

Calculo para la capacidad del transformador:

En este cálculo se procede a obtener la capacidad del transformador de suelda con las mediciones obtenidas con el analizador de carga.

Considerando que en los datos de las mediciones se obtuvo lo siguiente:

P: 108,56 kW

S: 335,58 kVA

Por consiguiente,

$$\cos\varphi = Fp = \frac{P}{S}$$

$$\cos\varphi = \frac{108,56}{335,58} = 0,32$$

Lo que coincide con el factor de potencia medido con el analizador de carga en el intervalo de las 24 horas del día.

Luego, despejando la potencia aparente (S) se obtiene lo siguiente:

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} \quad (18)$$

$$S = \frac{108,56}{0,32} = 339,25 \text{ KVA}$$

Ahora se procede al cálculo de la potencia del transformador dentro de las 8 horas laborables en el área de suelda de la empresa CIAUTO CIA. LTDA.

$$TRF = \frac{D_{m\acute{a}x} \text{ del grupo}}{\text{Factor de diversidad}} \quad (19)$$

$$TRF = \frac{56 \text{ kW} * 20 \text{ sueldas}}{4,79} = 233,8 \text{ kW}$$

$$S = \frac{P}{\cos\phi}$$

El factor de potencia medido con el analizador de carga cada minuto, en el intervalo de las 8 horas de trabajo del día es de 0,61, luego reemplazando en la ecuación se obtiene:

$$S = \frac{233,8 \text{ KW}}{0,61} = 383,27 \text{ KVA}$$

Esto indica que a plena carga el transformador varía con su cargabilidad entre las horas 24 horas que es de 233,8kVA y en jornadas de trabajo a plena carga de 383,27 kVA, con lo cual el transformador esta dimensionado para una capacidad de 400 kVA, según los cálculos realizados.

### **Análisis de los niveles de voltaje**

#### **Voltajes de fase transformador de 400KVA, Área de Suelda.**

Los niveles de voltaje de fase con respecto al neutro (F-N), existe una desviación de las fases en las horas de trabajo, lo cual hace que el sistema tienda a desbalancear. Según la regulación ARCONEL 004/01, los niveles de voltaje adquieren un índice de calidad según su variación de voltaje permitido, se pueden expresar como:

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

En la figura 13 se puede observar el comportamiento de la curva de voltaje de fase (A, B, C) en el área de suelda tomando como registro de datos las 24 horas. Y aplicando la ecuación 17 se obtuvo el cálculo de las variaciones de voltaje.

Por lo tanto:

Voltaje de fase nominal: 220 V

Voltaje de fase máximo medido: 237,2 V

$$\Delta V_k(\%) = \frac{237,2V - 220V}{220V} * 100$$

$$\Delta V_k(\%) = 7,81\%$$

Este valor se manifiesta como tolerante de la variación de voltaje en el punto de medición cuando el área de suelda deja de operar y está dentro de los límites permitidos de la regulación.



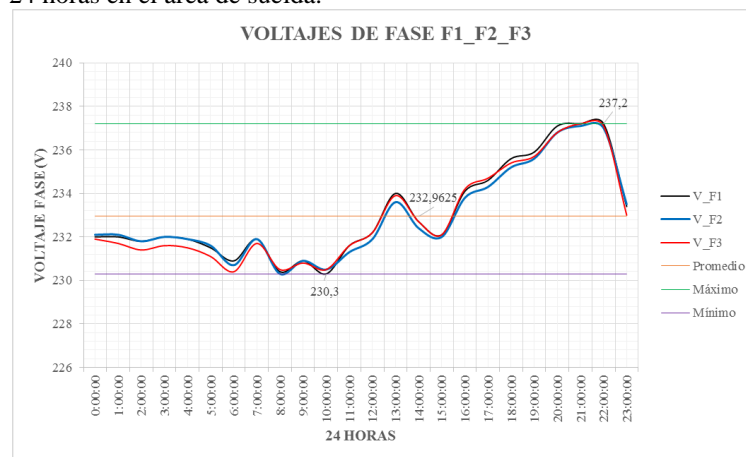
Así mismo se puede expresar el valor mínimo de voltaje: 230,3V

$$\Delta V_k(\%) = \frac{230,3V - 220V}{220V} * 100$$

$$\Delta V_k(\%) = 4,68\%$$

Lo que se concluye que los niveles de voltaje están dentro de la normativa que estipula la regulación de ARCONEL (004/01) que no se debe de sobrepasar el 8% del valor de variación de voltaje nominal en la subetapa 2 de bajo voltaje.

**Figura 13.** Curva de nivel de voltaje de fase registrados durante las 24 horas en el área de suelda.



Fuente: Postulantes

### **Voltajes de línea, transformador de 400KVA en el área de suelda.**

Se presenta el análisis para los voltajes de línea de la figura 14 respectivamente, cuyo valor de voltaje nominal es de 380 V y se encuentra también con un porcentaje de variación entre cada uno de sus voltajes de línea, y según la normativa de ARCONEL (004/01) se expresa como:

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

Mediante cálculos se determinarán la variación de voltaje en su punto de medición:

Voltaje nominal de línea: 380V

Voltaje máximo de línea: 410,9V

Voltaje mínimo de línea: 398,8V

$$\Delta V_k(\%) = \frac{410,9V - 380V}{380V} * 100$$

$$\Delta V_k(\%) = 8\%$$

De lo anterior indica que los niveles de variación de voltaje cuando no existe consumo se elevan hasta el límite máximo de tolerancia permitida lo que podría llevar a futuro a un sobre voltaje.

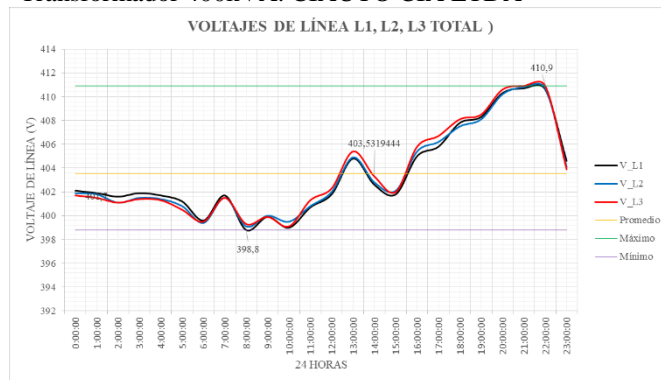
La variación de voltaje que ocurre en estado de operación se muestra a continuación:

$$\Delta V_k(\%) = \frac{398,8V - 380V}{380V} * 100$$

$$\Delta V_k(\%) = 4,95\%$$

La variación de voltaje desciende en 4,95, la variación de voltaje en el punto de medición se encuentra dentro de los límites admisibles cuando la carga entra en operación según la regulación ARCONEL 004/01, este valor no supera el  $\pm 8\%$  de variación permitido.

**Figura 14.** Niveles de voltaje de línea registrados, Transformador 400kVA. CIAUTO CIA LTDA

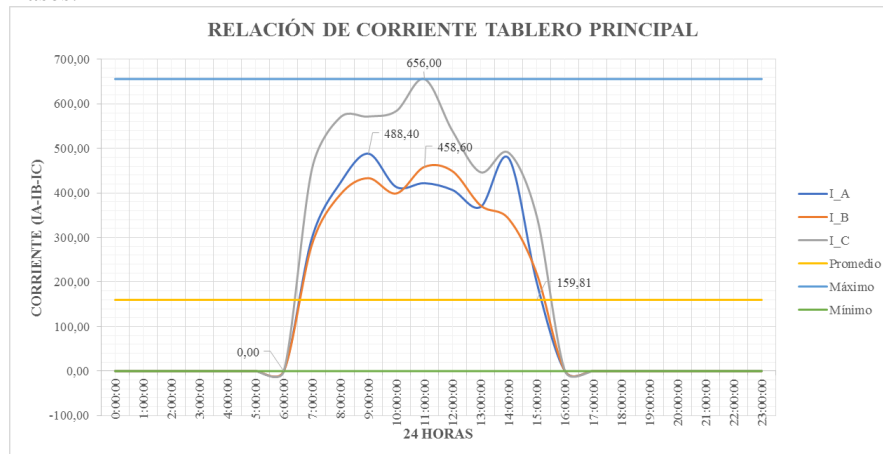


**Fuente:** Postulantes

Las curvas de voltaje de los subtableros de los modelos M4\_I y M4\_D, en los anexos 17 al 18.

## Análisis de corriente, transformador de 400kVA área de suelda.

**Figura 15.** Corriente registrada en el TDG área de suelda, TRF 400 kVA por fases.



Fuente: Postulantes.

En este análisis se puede identificar que las corrientes se encuentran desbalanceadas dentro de las horas laborables, debido a que las sueldas requieren altas corrientes para la unión de la carrocería y entran a operar simultáneamente, y están sobrecargando a la fase C, como se puede resumir en la siguiente tabla.

**Tabla 10.** Corriente máxima de fase registrada en el transformador de 400 kVA, CIAUTO.

CORRIENTES	VALORES MAXIMOS (A)	HORA
A	488,4	9:00 AM
B	458,6	11:00 AM
C	656	11:00 AM
CORRIENTE DEMANDA TOTAL	1536,7	11:00 AM

Fuente: Postulantes

Con estos registros se demuestra que la corriente máxima alcanzada es de 1536.7 a nivel general lo cual indica un exceso de consumo de la corriente nominal que demanda el transformador en el lado secundario que es de 607,74 nominales, Detalles de estos valores ver (anexo 19). Los registros de corriente en los sub tableros tanto del lado derecho como del lado izquierdo del modelo M4., se adjuntan en (anexos 20-21).

Durante el levantamiento de carga en el área de suelda del transformador de 400 kVA se pudo observar la distribución de las cargas conectadas en los sub tableros de distribución tanto en el lado derecho como en el lado izquierdo del M4 las cuales son bifásicas a 380 voltios y la forma de conexión se muestra a continuación mediante la siguiente tabla.

**Tabla 11.** Distribución de carga en los STD lado derecho e izquierdo M4.

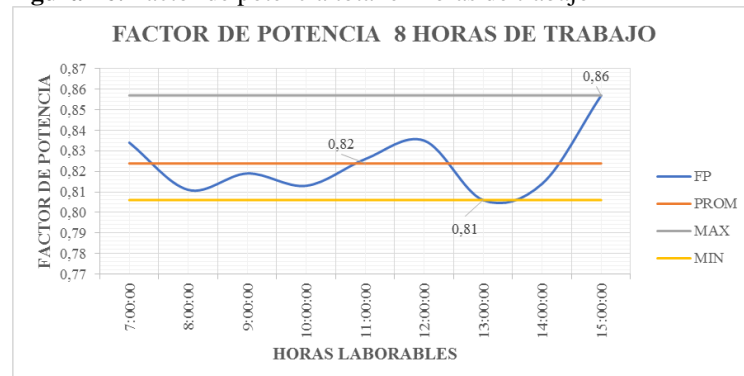
TABLERO DERECHO				TABLERO IZQUIERDO			
LÍNEA	C	B	A	LÍNEA	A	B	C
SUELDA	ROJO (X3)	VERDE (X2)	AMARILLO (X1)	SUELDA	AMARILLO (X1)	VERDE (X2)	ROJO (X3)
S1	R	V		S1	A		R
S2	R	V		S2	A		R
S3	R	V		S3	A		R
S4	R	V		S4	A		R
S5	R	V		S5	A		R
S6	R	V		S6	A		R
S7	R	V		S7	A		R
S8	R	V		S8	A		R
S9	R	V		S9	A		R
S10	R	V		S10	A		R

Fuente: Postulantes

Se debe recalcar que la corriente demandada total corresponde a valores que entregan cada uno de los tableros de distribución (anexo 20-21) y existen picos que se generan en milésimas de segundo con amplitudes de 0,10 ms de duración según el registro del analizador de carga. Con esto se justifica la cantidad de corriente que se requiere en el área de suelda para el funcionamiento de sus equipos y en la tabulación de datos se obvian valores mínimos debido a que se representa en intervalos de cada hora.

### Factor de potencia en el área de suelda.

En la figura 16 se indica el comportamiento del factor de potencia en el área de suelda, debido al tipo de carga que se presenta durante la jornada de trabajo, oscila con un máximo de 0,86, un promedio de 0,82 y un factor de potencia mínimo de 0,80, en el horario de 7:30 Am a 15:30 Pm.

**Figura 16.** Factor de potencia total en horas de trabajo

Fuente: Postulantes

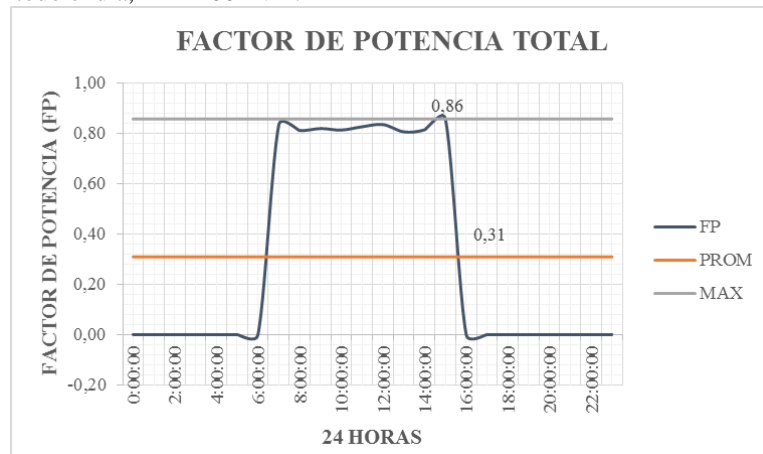
**Tabla 12.** Registro del factor de potencia en horas de trabajo, TRF 400kVA CIAUTO.

ANÁLISIS DEL FP EN HORARIO DE TRABAJO				
HORA	FP	PROM	MAX	MIN
7:00:00	0,83	0,82	0,86	0,81
8:00:00	0,81	0,82	0,86	0,81
9:00:00	0,82	0,82	0,86	0,81
10:00:00	0,81	0,82	0,86	0,81
11:00:00	0,83	0,82	0,86	0,81
12:00:00	0,84	0,82	0,86	0,81
13:00:00	0,81	0,82	0,86	0,81
14:00:00	0,81	0,82	0,86	0,81
15:00:00	0,86	0,82	0,86	0,81

Fuente: Postulantes

En horas fuera de trabajo, el factor de potencia oscila con valores de 0 respectivamente, debido a que no existe carga conectada que demande energía, el promedio del factor de potencia total durante el día (24 horas) es de aproximadamente de 0,31 con un máximo de 0,86 y un mínimo de 0 como lo demuestra la figura 17. La tabla de valores se observa en el anexo 22 en la que se registra el factor de potencia dentro y fuera de la jornada laboral.

**Figura 17.** Curva del factor de potencia total del Tablero Principal de todo el día, TRF 400 kVA.



Fuente: Postulantes.

De los resultados que anteriormente se muestran, se observa como el factor de potencia descende cuando los equipos de suelda dejan de operar.

## FLUJO DE POTENCIA

El circuito equivalente resultante se puede apreciar la operación de 4 equipos de suelda por 8 horas de trabajo, en el estado actual se tiene los siguientes resultados según la simulación en el software ETAP 12.0.6

**Tabla 13.** Resultados del circuito equivalente se muestra: V, P, Q, Fp en ETAP.

Elementos	Tipo	Carga	V nominal	kW	kvar	Amp	% FP	Vterminal
BOMBA RECIRCUL	Induction	7,5 kW	380	9,711	5,618	17,06	86,56	379,7
BOMBA RECIRCUL	Induction	7,5 kW	380	9,711	5,618	17,06	86,56	379,7
RECIRCULACIÓN	Induction	1,1 kW	380	0,838	0,586	1,551	81,97	380,7
SP_M4D_05	Static	200 kVA	380	86,564	51,364	264	86	381,2
SP_M4D_15	Static	200 kVA	380	86,618	51,396	264,1	86	381,4
SP_M4D_17	Static	200 kVA	380	86,574	51,37	264	86	381,3
SP_M4D_19	Static	200 kVA	380	86,498	51,325	263,9	86	381,1
Tecla 1000 lb	Induction	0,025 kW	380	0,25	0,234	0,518	72,94	382
TECLE A	Induction	0,025 kW	380	0,25	0,234	0,518	72,94	382
TECLE B	Induction	0,025 kW	380	0,25	0,234	0,518	72,94	382
Tecla lado derechoa A	Induction	0,1 kW	380	0,153	0,108	0,283	81,75	381,8
Tecla lado derechoa B	Induction	0,1 kW	380	0,153	0,108	0,283	81,75	381,8
VEN. #1	Induction	7,5 kW	380	4,856	2,809	8,507	86,56	380,7
VEN# 2	Induction	7,5 kW	380	4,856	2,809	8,507	86,56	380,7

Fuente: Postulantes.

En los resultados de la tabla 13, se observa que el voltaje terminal presenta una variación del  $\pm 2\%$  con respecto al voltaje nominal de 380V, según la regulación ARCONEL 004/01 que permite la variación del voltaje hasta  $\pm 8\%$ , cabe resaltar que el Tap del transformador para el área de suelda de 400 kVA se encuentra en la posición 5, para subir los niveles de voltaje a 399 V.

Con respecto a nuestro análisis, en la simulación se representa el uso equivalente de los equipos de suelda dando como resultado una coincidencia de puesta en operación de 4 equipos los mismos que alcanzan una corriente total de 656 Amperios.

El bajo factor de potencia provoca que se eleve la corriente en cada circuito.

El transformador se sobrecarga por la demanda de corriente ya que los equipos de suelda necesitan elevarla para realizar el trabajo de untar las placas de la cabina de los vehículos ensamblados.

### **FLUJO DE CARGA DEL ÁREA DE SUELDA EN ETAP 12.6.0.**

Ver anexo 35.

#### **Análisis del Sistema desbalanceado actual en el área de suelda por líneas.**

En la tabla 14 se muestra la potencia instalada por línea, la línea X3 se encuentra sobrecargada en un 50% como lo indica el resultado obtenido con la ecuación 20.

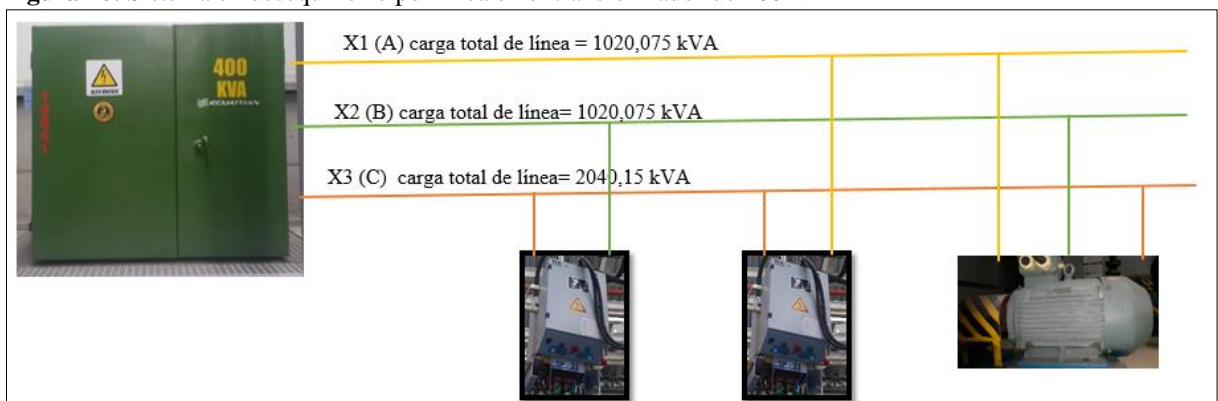
**Tabla 14.** Potencia en desequilibrio por línea.

CARGA POR LÍNEA EN kVA	
X1=	1020,075
X2=	1020,075
X3=	2040,15
TOTAL	4080,3

Fuente: Postulantes

En la figura se muestra la conexión actual de cada una de las líneas conectadas entre los módulos de suelda M4\_D (derecha) y M4\_I (izquierda), lo cual indica que el sistema se encuentra desbalanceado.

**Figura 18.** Sistema en desequilibrio por línea en el transformador de 400kVA



Fuente: Postulantes

### Porcentaje de desbalance de carga en el área de suelda

(CASAVILLA&ECHINOPE, 2005), si bien algunos de los reglamentos de calidad de servicio de los países de la región no tienen en cuenta el desbalance dentro de sus parámetros a controlar (es el caso de Argentina y Ecuador), muchos otros sí.

El desequilibrio en corriente no debe pasar del 10%.

El desequilibrio en voltaje no debe superar el 2%, en casos especiales hasta el 3%.

El desequilibrio en potencia no debe rebasar el 5%.

### Desbalance de potencia

$$Ded = \frac{kVA1 + kVA2 + kVA3}{3} \quad (20)$$

$$Ded = \frac{(120,075 + 120,075 + 2040,15)kVA}{3} = 1360,1 \text{ kVA}$$

$$D\% = \frac{(2040,15 - 1360,1)kVA}{1360,1} \times 100 = 50\%$$

### **Desequilibrio en corriente**

Según el cálculo indica que la corriente en bornes del transformador se encuentra desbalanceado superando el 10% de la corriente nominal de desbalance.

$$Ded = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \quad (21)$$

$$Ded = \frac{(488,40 + 458,60 + 656)Amp.}{3} = 534,33 Amp.$$

$$D\% = \frac{(656 - 534,33)Amp.}{534,33 Amp.} \times 100 = 22,77\%$$

### **Desbalance en voltajes**

$$Ded = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} \quad (22)$$

$$Ded = \frac{(381,1 + 386,1 + 381,4)Vol.}{3} = 382,87 Vol.$$

$$D\% = \frac{(386,1 - 382,87)Vol.}{382,87 Vol.} \times 100 = 0,84$$

## **DIAGRAMA UNIFILAR DEL ÁREA DE PINTURA**

Para visualizar con mayor facilidad el diagrama unifilar ver (Anexo 41).

### **Datos del transformador tipo padmounted en el área de pintura**

El área de pintura posee un transformador trifásico tipo padmounted el cual está instalado al exterior del área de producción de pintura, el cual se sirve del alimentador de la subestación Samanga que es propiedad de la EEA.S.A., a través de una conexión subterránea de conductores XLPE-500MCM y cuyas características se detallan a continuación:



**Tabla 15.** Placa de características del transformador 10843 área de Pintura 1000kVA.

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO PADMOUNTED					
SERIE:	163052015	1554114	PRIMARIO		
ESP.	T-900 V116		POSICIÓN	VOLTAJE(V)	CORRIENTE (A)
KVA	1000	400	1	14145	
NORMA	IEEE C,57,12	IEEE C.57.12	2	13800	41,84
CLASE	ONAN	ONAN	3	14455	
OPERACIÓN m.s.n.m		3000	4	13110	
ACEITE		MINERAL	5	12765	
CALENTAMIENTO °C		65°	NOTA: El cambio del tap deberá maniobrase desenergizando el transformador		
INCREMENTO DE TEMPERATURA					
NÚMERO DE FASES		3			
FRECUENCIA HZ		60			
NIVEL AISL. PRIM/SEC Kv		95/30			
GRUPO DE CONEXIÓN		Dyn5			
IMPEDANCIA (85°C) %		4,2			
PESO TOTAL Kg		3184	SECUNDARIO		
PESO ACEITE Kg		1053			
PESO A DESENT. Kg		1324	LINEA EN:	V	I
VOLUMEN ACEITE L		1170	X <sub>0</sub> X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	380 y/220	1519,34
MES/AÑO		sep-15	SELLO DE CALIDAD INEN NORMA NTE 2120		
MATERIAL AT/BT		Cu/Cu			

Fuente: Postulantes

### Descripción del sistema – Área de pintura.

El área de pintura se encuentra distribuido por sub tableros que serán analizados para determinar la cargabilidad y sus respectivas magnitudes eléctricas, de tal manera que se pueda comprender el funcionamiento de ésta, los procesos entran a operar de manera variada, además se presenta el levantamiento de carga instalada.

### Carga instalada en el área de pintura, TRF 1000 kVA

La alimentación del tablero principal se lo hace a través de dos maneras:

La primera desde el transformador de 1000 kVA que tiene una longitud de 10mts con cable 500kcmil 4 por fase, un conductor neutro de 500 kcmil y un conductor de tierra de 1/0 AWG. La segunda nace del generador de emergencia a una distancia de 6mts con conductores: 500 kcmil 1 por fase, neutro 500 kcmil, tierra 1/0 AWG.

Estos se interconectan en una barra de transferencia, la cual se deriva hacia el tablero principal de distribución (TDG) a 15 mts con 4 conductores por fase de 500 kcmil, un neutro de 500 kcmil y un conductor de puesta a tierra de 1/0 AWG.

La tabla 16, presenta una carga total instalada en bornes del transformador de 1.184,43 kVA, y presenta una caída de voltaje de 0,47% por lo tanto no infringe el valor permitido del 3%.

**Tabla 16.** Carga total instalada en la barra principal área de pintura

DESDE	HASTA	Long [ft]	kW	kVA	HP	V [kV]	I nom. [A]	P.F. [%]	EFF. [%]	I nom. Diseño [A]	# Fase	DVPP nom. [V]	DVPP nom. [%]	CALIBRE	SECCIÓN (mm2)	I nom [A]	DESCRIPCION
BARRA PRIN	TDG	49,20	939,07	1.184,43	1.258,81	0,38	1.799,56	88%	90%	2.249,45	3	1,79	0,47%	500	2,2	380	3-4/C # 500 THHN + GND
GEN	TDS1	49,20	125,52	166,84	168,26	0,38	253,49	86%	88%	316,86	3	1,03	0,27%	500	33,62	380	3-1/C # 500 THHN + GND

Fuente: Postulantes

**Carga instalada en el Subtablero de distribución 1 (STD1)**

En el STD1 presenta una carga total instalada de 454,64 kVA, con caída de voltaje de 0,6%

Esta empresa cuenta con criterio técnico chino perteneciente a la empresa Great Wall quienes consideran la corriente real que circula por los conductores para su dimensionamiento.

Los consumos que se observan fuera de las horas de trabajo en la figura 19 corresponden a las bombas que operan las 24 horas del día.

Existe un consumo mínimo de 10,80 kW.

Consumo máximo de 96,74kW.

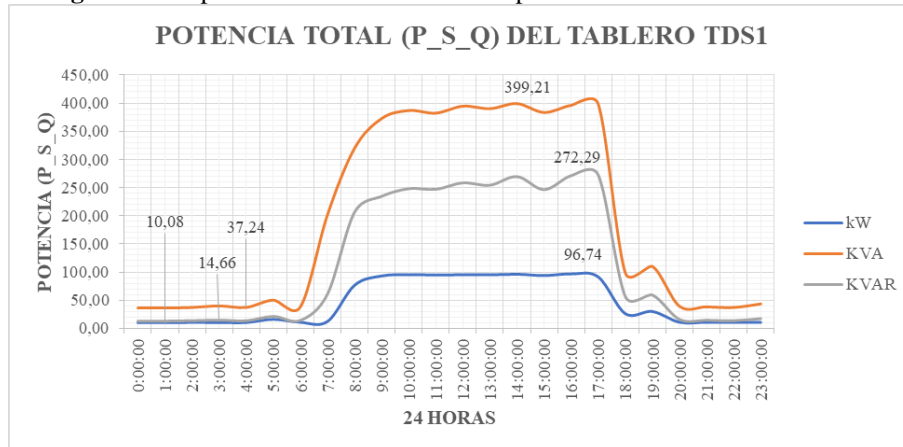
En la figura 19, se observa un consumo elevado de reactivos, producto de elevar la corriente para conseguir que la pintura se fije a la carrocería.

**Tabla 17.** Carga instalada en el tablero TDS1

DESDE	HASTA	Long [ft]	kW	kVA	HP	V [kV]	I nom. [A]	P.F. [%]	EFF. [%]	I nom. Diseño [A]	# Fase	DVPP nom. [V]	DVPP nom. [%]	CALIBRE	SECCIÓN (mm2)	I nom [A]	DESCRIPCION
TDG	STD1	82,00	344,85	454,64	462,26	0,38	690,75	84%	90%	863,44	3	2,29	0,60%	250	126,67	255	3-3/C # 250 THHN + GND
STD1	TABLERO DE CONTROL DE ELECTRODEP	16,40	140,00	190,22	187,67	0,38	289,01	80%	92%	361,26	3	0,58	0,15%	250	126,67	255	3-1/C # 250 THHN + GND
	CARNO CHILLER	82,00	3,73	4,77	5,00	0,38	7,24	85%	92%	9,06	3	0,71	0,19%	8	8,367	50	3-1/C # 8 THHN + GND
STD1	TABLERO CONTROL DE CUBAS E-COAT	49,20	138,27	182,16	185,35	0,38	276,77	86%	89%	345,96	3	4,59	1,21%	2	33,62	115	3-1/C # 2 THHN + GND
	BACK UP E-COAT BOMBA A	65,60	37,00	46,26	49,60	0,38	70,29	86%	93%	87,86	3	2,78	0,73%	8	8,367	50	3-2/C # 8 THHN + GND
	E-COAT BOMBA B	59,04	37,00	46,26	49,60	0,38	70,29	86%	93%	87,86	3	2,51	0,66%	8	8,367	50	3-2/C # 8 THHN + GND
	E-COAT BOMBA C	55,76	37,00	46,26	49,60	0,38	70,29	86%	93%	87,86	3	2,37	0,62%	8	8,367	50	3-2/C # 8 THHN + GND
	E-COAT BOMBA D (UF)	52,48	11,00	14,56	14,75	0,38	22,13	83%	91%	27,66	3	2,06	0,54%	10	5,26	30	3-1/C # 10 THHN + GND
	M9 ANOLITO	49,20	1,32	1,69	1,77	0,22	7,67	85%	92%	9,59	1	2,11	0,96%	14	2,082	15	2-1/C # 14 THHN + GND
	LIMPIEZA UF BOMBA M5	19,68	3,00	4,08	4,02	0,38	6,19	87%	85%	7,74	3	0,37	0,10%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	M6 B. LUBRICACION DE SELLOS B	32,80	1,10	1,66	1,47	0,38	2,52	87%	76%	3,15	3	0,25	0,07%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	M7 B. LUBRICACION DE SELLOS A	39,36	1,10	1,66	1,47	0,38	2,52	87%	76%	3,15	3	0,30	0,08%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	BOMBA 8 AEROSOL	42,64	0,75	0,96	1,01	0,22	4,36	85%	92%	5,45	1	0,99	0,45%	14	3,307	15	2-1/C # 14 THHN + GND
	VENTILADOR E-COAT 1	65,60	7,50	9,59	10,05	0,38	14,57	85%	92%	18,21	3	2,86	0,75%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	VENTILADOR E-COAT 2	82,00	1,50	1,92	2,01	0,38	2,91	85%	92%	3,64	3	0,72	0,19%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
STD1	TABLERO HORNO DE ELPO	229,60	62,85	83,15	84,25	0,38	126,33	86%	88%	157,91	3	9,78	2,57%	2	33,62	115	3-1/C # 2 THHN + GND
	M1 EXTRACTOR DE GASES	49,20	4,14	4,88	5,00	0,38	7,41	85%	90%	9,26	3	1,09	0,29%	12	3,3	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	M2 CORTINA DE AIRE	65,60	7,50	10,19	10,05	0,38	15,48	87%	85%	19,35	3	3,11	0,82%	12	2,2	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	M3 RETORNO DE GASES	82,00	1,50	2,04	2,01	0,38	3,10	87%	85%	3,87	3	0,78	0,20%	12	3,3	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	M4 VEN. CASA DE AIRE	98,40	22,00	29,89	29,49	0,38	45,41	87%	85%	56,77	3	5,45	1,43%	8	3,3	50	3-1/C # 8 THHN + GND
	M5 CORTINA DE AIRE	114,80	7,50	10,19	10,05	0,38	15,48	87%	85%	19,35	3	2,17	0,57%	8	8,367	50	3-1/C # 8 THHN + GND
	M6 EXTRACTOR DE GASES	131,20	1,50	2,04	2,01	0,38	3,10	87%	85%	3,87	3	1,24	0,33%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	M7 VEN. DE ENFRIAMIENTO	147,60	15,00	20,76	20,11	0,38	31,54	85%	85%	39,43	3	2,78	0,73%	8	8,367	50	3-2/C # 8 THHN + GND
	M8 VEN. CONVEYOR	164,00	0,03	0,04	0,04	0,38	0,06	85%	92%	0,07	3	0,03	0,01%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	M9 CONVEYOR	164,00	1,50	1,76	2,01	0,38	2,68	85%	100%	3,35	3	1,32	0,35%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	QUEMADOR HORNO DE ELPO	121,69	1,32	1,75	1,77	0,38	2,66	82%	92%	3,32	3	0,94	0,25%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND

Fuente: Postulantes

**Figura 19.** Representación del consumo de potencia en el STD1



Fuente: Postulantes

**Factor de potencia existente en el STD1, TRF 1000 KVA área de pintura.**

**Figura 20.** Factor de potencia registrado en el STD1.



Fuente: Postulantes.

**Tabla 18.** Registro de Fp en STD1

FP_TOTAL EN ELTABLERO TDS1	
PROMEDIO	0,94
MÁXIMO	0,95
MÍNIMO	0,93

Fuente: Postulantes.

**Factores eléctricos en el STD1, área de pintura TRF 1000 kVA.**

Factor de demanda (Fd) sub tablero de distribución 1 (STD1).

$$Fd_{demanda} = \frac{Demanda\ máxima}{Carga\ instalada} = \frac{D_{max}}{P_{ins}}$$

$$Fd_{demanda} = \frac{399,2kVA}{454,64\ kVA} = 0,88$$

Factor de carga (Fc) tablero STD1

$$F_{carga} = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda maxima}}$$

$$F_c = \frac{(\sum 1118,62118)kW * 1h}{96,7kW * 24h}$$

$$F_{carga} = 0,48$$

Factor de utilización (Fu).

$$F_{utilización} = \frac{\text{Demanda max}}{\text{Capacidad instalada}}$$

$$F_{utilización} = \frac{399,2kVA}{1000kVA} = 0,4$$

Factor de pérdida (Fp).

$$F_{pérdidas} = 0,3 * F_{carga} + 0,7 * (F_{carga})^2$$

$$F_{pérdidas} = 0,3 * 0,48 + 0,7 * (0,48)^2 = 0,31$$

El voltaje de fase y corriente por día en el TDS1, se muestran en los anexos 23-24. Estos valores indican que en los horarios de trabajo el voltaje disminuye según la carga lo requiera, por tanto, la corriente tiende a elevarse por el uso constante de los equipos.

### Carga instalada en el sub tablero de distribución (STD2).

El STD2 presenta una carga instalada total de 226,76 kVA, con una caída de voltaje de 0,9% que no influye, Fp= 87%, η= 88%.

**Tabla 19.** Carga instalada en el tablero STD2.

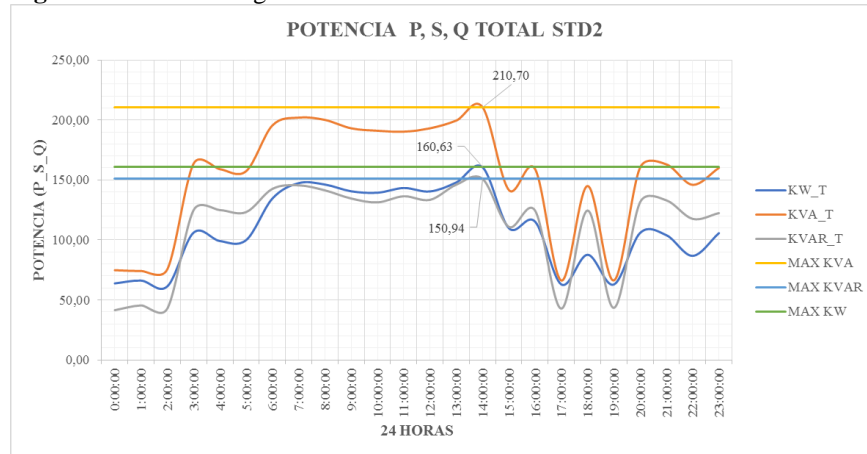
DESDE	HASTA	Long [ft]	kW	kVA	HP	V [kV]	I nom. [A]	P.F. [%]	EFF. [%]	I nom. Diseño [A]	# Fase	DVPP nom. [V]	DVPP nom. [%]	CALIBRE	SECCIÓN (mm2)	I nom [A]	DESCRIPCION	
IDG	STD2	147,60	172,41	226,76	231,11	0,38	344,53	87%	88%	430,66	3	4,16	1,09%	500	253,35	380	3-1-C # 500 THHN + GND	
STD2	TABLERO CONTROL DE CUBAS	32,80	146,50	189,50	196,38	0,38	287,91	88%	88%	359,89	3	1,14	0,30%	250	126,67	255	3-1-C # 250 THHN + GND	
TABLERO CONTROL DE CUBAS	B1	98,40	11,00	13,70	14,75	0,38	20,82	89%	90%	26,02	3	6,40	1,69%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND	
	B2	82,00	11,00	13,70	14,75	0,38	20,82	89%	90%	26,02	3	5,34	1,40%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND	
	B3	32,80	11,00	13,70	14,75	0,38	20,82	89%	90%	26,02	3	2,13	0,56%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND	
	B4	32,80	11,00	13,70	14,75	0,38	20,82	89%	90%	26,02	3	2,13	0,56%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND	
	B5	32,80	11,00	13,70	14,75	0,38	20,82	89%	90%	26,02	3	2,13	0,56%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND	
	B6	98,40	11,00	13,70	14,75	0,38	20,82	89%	90%	26,02	3	6,40	1,69%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND	
	B7	39,36	11,00	13,70	14,75	0,38	20,82	89%	90%	26,02	3	2,56	0,67%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND	
	B8	16,40	11,00	13,70	14,75	0,38	20,82	89%	90%	26,02	3	1,07	0,28%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND	
	B9	32,80	11,00	13,70	14,75	0,38	20,82	89%	90%	26,02	3	2,13	0,56%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND	
	B10	36,08	11,00	13,70	14,75	0,38	20,82	89%	90%	26,02	3	2,35	0,62%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND	
	B11	BOMBA FILTRO PRENSA	49,20	11,00	13,70	14,75	0,38	20,82	89%	90%	26,02	3	3,20	0,84%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND
	B12		55,76	1,10	1,66	1,47	0,38	2,52	87%	76%	3,15	3	0,43	0,11%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND
	B13		78,72	1,10	1,66	1,47	0,38	2,52	87%	76%	3,15	3	0,61	0,16%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND
		82,00	1,10	1,66	1,47	0,38	2,52	87%	76%	3,15	3	0,63	0,17%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND	
	CARGO BUS	492,00	22,20	28,39	29,76	0,38	43,13	85%	92%	53,92	3	16,30	4,29%	6	13,3	65	3-1-C # 6 THHN + GND	

STD2	TABLERO EXTRACTOR DE GASES	16,40	12,00	15,35	16,09	0,38	23,31	85%	92%	29,14	3	0,29	0,08%	6	13,3	65	3-1/C # 6 THHN + GND
TABLERO EXTRACTOR DE GASES	EXTRACTOR 1	88,56	1,50	1,92	2,01	0,38	2,91	85%	92%	3,64	3	0,77	0,20%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	VENTILADOR 1	98,40	1,50	1,92	2,01	0,38	2,91	85%	92%	3,64	3	0,86	0,23%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	EXTRACTOR 2	114,80	1,50	1,92	2,01	0,38	2,91	85%	92%	3,64	3	1,00	0,26%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	VENTILADOR 2	131,20	1,50	1,92	2,01	0,38	2,91	85%	92%	3,64	3	1,14	0,30%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	EXTRACTOR 3	147,60	1,50	1,92	2,01	0,38	2,91	85%	92%	3,64	3	1,29	0,34%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
TABLERO FILTRO PRENSA	VENTILADOR 3	164,00	1,50	1,92	2,01	0,38	2,91	85%	92%	3,64	3	1,43	0,38%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	EXTRACTOR 4	180,40	1,50	1,92	2,01	0,38	2,91	85%	92%	3,64	3	1,57	0,41%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	VENTILADOR 4	196,80	1,50	1,92	2,01	0,38	2,91	85%	92%	3,64	3	1,72	0,45%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
STD2	TABLERO FILTRO PRENSA	49,20	6,78	10,09	9,09	0,38	15,32	82%	82%	19,15	3	1,31	0,35%	10	5,26	30	3-1/C # 10 THHN + GND
TABLERO FILTRO PRENSA	MOTOR PRESIÓN DE ACEITE	22,96	3,00	4,98	4,02	0,38	7,57	78%	77%	9,46	3	0,48	0,13%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	MOTOR CIERRE Y APERTURA	26,24	3,00	4,08	4,02	0,38	6,19	87%	85%	7,74	3	0,50	0,13%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	VENTILADOR	29,52	0,04	0,05	0,05	0,38	0,08	87%	76%	0,10	3	0,01	0,00%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	MOTOR CADENA	32,80	0,75	1,10	1,00	0,38	1,66	74%	92%	2,08	3	0,14	0,04%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
STD2	TABLERO - DESENGRASANTE	65,60	7,13	8,73	9,55	0,38	13,26	91%	89%	16,57	3	1,68	0,44%	10	5,26	30	3-1/C # 10 THHN + GND
TABLERO - DESENGRASANTE	AGITADOR	16,40	1,10	1,66	1,47	0,38	2,52	87%	76%	3,15	3	0,13	0,03%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	MOTOR AGITADOR	6,56	0,03	0,03	0,03	0,38	0,05	87%	92%	0,06	3	0,00	0,00%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	RESISTENCIA	16,40	6,00	6,00	8,04	0,38	9,12	100%	100%	11,40	3	0,31	0,08%	10	5,26	30	3-1/C # 10 THHN + GND

Fuente: Postulantes

En la figura 21, se indica el consumo de las potencias (P, S, Q) de los cuales la potencia activa presenta un registro de 160.63 kW a las 14:00 de la potencia útil que se consume para realizar el trabajo requerido.

Figura 21. Potencia registrada en el STD2.



Fuente: Postulantes

### Factores eléctricos en el STD2, área de Pintura TRF 1000 kVA.

Factor de demanda (Fd) sub tablero de distribución 2 (STD2).

$$Fd_{demanda} = \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{Carga instalada}} = \frac{D_{max}}{P_{ins}}$$

$$Fd_{demanda} = \frac{210,7kVA}{226,76 kVA} = 0,93$$

Factor de carga (Fc) tablero STD2

$$Fc_{carga} = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda maxima}}$$

$$Fc_{carga} = \frac{(\sum 2638,54)kW * 1h}{160,6kW * 24h}$$

$$Fc_{carga} = 0,68$$

Factor de utilización (Fu).

$$F_{utilización} = \frac{\text{Demanda max}}{\text{Capacidad instalada}}$$

$$F_{utilización} = \frac{210,7 \text{ kVA}}{1000 \text{ kVA}} = 0,21$$

Factor de pérdida (Fp).

$$F_{pérdidas} = 0,3 * F_{carga} + 0,7 * (F_{carga})^2$$

$$F_{pérdidas} = 0,3 * 0,68 + 0,7 * (0,68)^2 = 0,53$$

Los registros de voltaje de fase, corriente y factor de potencia en el STD2 se exponen en los anexos 25-28.

### Carga instalada en el Subtablero de distribución 3 (STD3)

El STD3 (Tabla 20), presenta una carga instalada de 290,20 kVA, con una caída de voltaje en el ramal de 0.68%, Fp= 86%, η= 92%. Algunos conductores se encuentran sub dimensionados con respecto a la corriente de diseño.

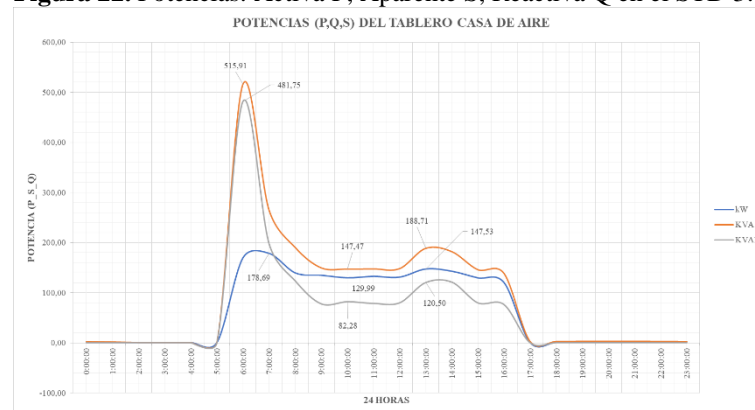
**Tabla 20.** Carga instalada en el tablero STD3 casa de aire.

DESDE	HASTA	Long [m]	kW	kVA	HP	V [kV]	I nom. [A]	P.F. [%]	EFF. [%]	I nom. Diseño [A]	# Fase	DVPP nom. [V]	DVPP nom. [%]	CALIBRE	SECCIÓN (mm2)	I nom [A]	DESCRIPCION
IDG	STD 3	86,26	228,84	290,20	306,76	0,38	440,91	86%	92%	551,14	3	2,59	0,68%	4/0	107,2	230	3-2-C # 4/0 THHN + GND
STD 3	VENTILADOR 1	65,60	90,00	112,64	120,64	0,38	171,14	85%	94%	213,92	3	1,88	0,50%	2	33,62	115	3-2-C # 2 THHN + GND
	VENTILADOR 2	49,20	90,00	112,64	120,64	0,38	171,14	85%	94%	213,92	3	1,41	0,37%	2	33,62	115	3-2-C # 2 THHN + GND
	BOMBA 1	49,20	5,50	7,06	7,37	0,38	10,73	88%	89%	13,41	3	1,63	0,43%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND
	BOMBA 2	49,20	5,50	7,06	7,37	0,38	10,73	88%	89%	13,41	3	1,63	0,43%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND
	QUEMADOR 1	82,00	0,42	0,54	0,56	0,22	2,44	85%	92%	3,05	1	0,69	0,31%	12	3,307	20	2-1-C # 12 THHN + GND
	QUEMADOR 2	114,80	0,42	0,54	0,56	0,38	1,41	85%	92%	1,77	1	0,56	0,15%	12	3,307	20	2-1-C # 12 THHN + GND
	STD6	65,60	37,00	46,33	49,60	0,38	70,39	87%	92%	87,99	3	3,61	0,95%	6	13,3	65	3-1-C # 6 THHN + GND
STD6	BOMBA DE RECIRCULACIÓN	32,80	37,00	46,33	49,60	0,38	70,39	87%	92%	87,99	3	1,41	0,37%	8	8,367	50	3-2-C # 8 THHN + GND

Fuente: Postulantes.

La figura 22, presenta el comportamiento de las curvas de potencias debido al arranque de los motores de esta área, los picos indican la simultaneidad con que operan estos motores.

**Figura 22.** Potencias: Activa P, Aparente S, Reactiva Q en el STD 3.



Fuente: Postulantes.

### Factores eléctricos en STD 3 casa de aire, Pintura TRF 1000 kVA.

Factor de demanda (Fd) sub tablero de distribución 3 (STD3).

$$F_{demanda} = \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{Carga instalada}} = \frac{D_{max}}{P_{ins}}$$

$$F_{demanda} = \frac{188,71 \text{ kVA}}{290,20 \text{ kVA}} = 0,65$$

Factor de carga (Fc) tablero STD3

$$F_{carga} = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda máxima}}$$

$$F_c = \frac{(\sum 1570,12) \text{ kW} * 1h}{178,7 \text{ kW} * 24h} = 0,4$$

$$F_{carga} = 0,4$$

El factor de carga industrial debe estar entre el 0,68 a 0,65.

Factor de utilización (Fu).

$$F_{utilización} = \frac{\text{Demanda max}}{\text{Capacidad instalada}}$$

$$F_{utilización} = \frac{188,71 \text{ kVA}}{1000 \text{ kVA}} = 0,2$$

Factor de pérdida (Fp).

$$F_{pérdidas} = 0,3 * F_{carga} + 0,7 * (F_{carga})^2$$

$$F_{pérdidas} = 0,3 * 0,4 + 0,7 * (0,4)^2 = 0,23$$

### Carga instalada en el Subtablero de distribución 4 (STD4)

En el STD4 (Tabla 21), se muestra una carga total de 33,30 kVA, Fp= 86%, η= 88%, la caída de voltaje está dentro de los límites permitidos = 0,66%.

**Tabla 21.** Carga instalada en el tablero STD4.

DESDE	HASTA	Long [m]	kW	kVA	HP	V [kV]	I nom. [A]	P.F. [%]	EFF [%]	I nom. Diseño [A]	# Fase	DVPP nom. [V]	DVPP nom. [%]	CALIBRE	SECCIÓN (mm2)	I nom [A]	DESCRIPCION
TDG	STD 4	98,40	25,24	33,30	33,83	0,38	50,59	86%	88%	63,24	3	2,50	0,66%	4	21,15	85	3-1-C # 4 THHN + GND
STD 4	TABLERO DE BOMBA Y CALDERO	9,84	7,00	9,59	9,38	0,38	14,57	86%	85%	18,21	3	0,26	0,07%	10	5,26	30	3-1-C # 10 THHN + GND
TABLERO DE BOMBA Y	BOMBA-CALDERO	49,20	5,50	7,06	7,37	0,38	10,73	88%	89%	13,41	3	1,63	0,43%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND
	QUEMADOR-CALDERO	65,60	1,50	2,20	2,01	0,38	3,34	84%	81%	4,17	3	0,65	0,17%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND
STD 4	TRATAMIENTO DE AGUAS	98,40	18,24	23,22	24,45	0,38	35,28	85%	92%	44,09	3	4,17	1,10%	8	8,367	50	3-1-C # 8 THHN + GND
	BOMBA DE AGUA CRUDA	49,20	5,50	7,03	7,37	0,38	10,69	85%	92%	13,36	3	1,57	0,41%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND
	BOMBA AGUA DESMINERALIZADA	16,40	2,24	2,86	3,00	0,38	4,35	85%	92%	5,43	3	0,21	0,06%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND
	BOMBA AGUA BLANDA	16,40	7,50	9,38	10,05	0,38	14,25	87%	92%	17,82	3	0,71	0,19%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND
	BOMBA DE LIMPIEZA DE MEMBRANAS	22,96	1,50	1,92	2,01	0,38	2,91	85%	92%	3,64	3	0,20	0,05%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND
	BOMBA DE ALTA PRESIÓN	16,40	1,50	1,92	2,01	0,38	2,91	85%	92%	3,64	3	0,14	0,04%	12	3,307	20	3-1-C # 12 THHN + GND

Fuente: Postulantes.

### Carga instalada en el Subtablero de distribución 5 (STD5)

El STD5 (Tabla 22), presenta una carga total instalada de 19,03 kVA, con una caída de voltaje de 0,65%, Fp= 90%,  $\eta$ = 92%.

**Tabla 22.** Carga instalada en el tablero STD5.

DESDE	HASTA	Long [ft]	kW	kVA	HP	V [kV]	I nom. [A]	P.F. [%]	EFF. [%]	I nom. Diseño [A]	# Fase	DVPP nom. [V]	DVPP nom. [%]	CALIBRE	SECCIÓN (mm2)	I nom [A]	DESCRIPCIÓN
TDG	STD 5	164,00	16,21	19,03	21,73	0,38	28,91	90%	95%	36,13	3	2,46	0,65%	4	21,15	85	3-1/C # 4 THHN + GND
STD 5	TURBINA DE SELLADO	49,20	7,50	9,59	10,05	0,38	14,57	85%	92%	18,21	3	2,15	0,56%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	TURBINA DE LIJADO	49,20	7,50	9,59	10,05	0,38	14,57	85%	92%	18,21	3	2,15	0,56%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
	ILUM. CAB. SELL. Y LIJADO	147,60	1,21	1,21	1,62	0,22	3,18	100%	100%	3,97	3	1,62	0,74%	12	3,307	20	2-1/C # 12+ THHN + GND

Fuente: Postulantes.

### Carga instalada Conveyor

La tabla 23, presenta una carga de 2,08 kVA, una caída de voltaje de 0,76%, Fp= 87%,  $\eta$ = 85%, valores correspondientes al ventilador y conveyor, los conductores se encuentran correctamente dimensionados.

**Tabla 23.** Cargas instaladas desde el TDG, Conveyor.

DESDE	HASTA	Long [ft]	kW	kVA	HP	V [kV]	I nom. [A]	P.F. [%]	EFF. [%]	I nom. Diseño [A]	# Fase	DVPP nom. [V]	DVPP nom. [%]	CALIBRE	SECCIÓN (mm2)	I nom [A]	DESCRIPCION
TDG	TOTAL CONVEYOR	492,00	1,53	2,08	2,05	0,38	3,16	87%	85%	3,95	3	2,88	0,76%	10	5,26	30	3-1 C # 10 THHN + GND
TOTAL	VENTILADOR CONVEYOR	131,20	0,03	0,04	0,04	0,38	0,06	87%	85%	0,08	3	0,02	0,01%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND
CONVEYOR	CONVEYOR	131,20	1,50	2,04	2,01	0,38	3,10	87%	85%	3,87	3	1,24	0,33%	12	3,307	20	3-1/C # 12 THHN + GND

Fuente: Postulantes.

### Carga instalada Compresores 1 y 2.

En tabla 24, se muestran dos cargas de la misma dimensión cada una conectada a la barra principal, no presentan inconvenientes de sección de conductor ni caída de voltaje.

El siguiente análisis se representa con respecto al compresor 2 que se encuentra en operación, el compresor 1 está en estado BACK UP (RESERVA).

**Tabla 24.** Cargas instaladas desde el TDG, compresores 1 y 2.

DESDE	HASTA	Long [ft]	kW	kVA	HP	V [kV]	I nom. [A]	P.F. [%]	EFF. [%]	I nom. Diseño [A]	# Fase	DVPP nom. [V]	DVPP nom. [%]	CALIBRE	SECCIÓN (mm2)	I nom [A]	DESCRIPCION
TDG	COMPRESOR 1	65,60	75,00	88,61	100,54	0,38	134,63	92%	92%	168,29	3	1,19	0,31%	4/0	107,2	230	3-1/C # 4/0 THHN + GND
TDG	COMPRESOR 2	114,80	75,00	88,61	100,54	0,38	134,63	92%	92%	168,29	3	2,08	0,55%	4/0	107,2	230	3-1/C # 4/0 THHN + GND

Fuente: Postulantes.

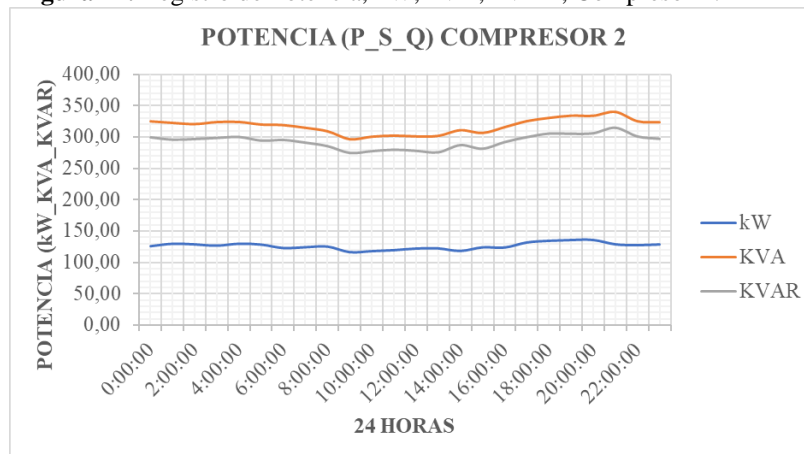
La figura 23 representa una variación de potencia activa consumida por el compresor 2 debido a que entra en funcionamiento cada vez que existe una pérdida de presión de aire en el sistema de pintura.



**Figura 23.** Registro de potencia activa (kW), Compresor 2.

Fuente: Postulantes.

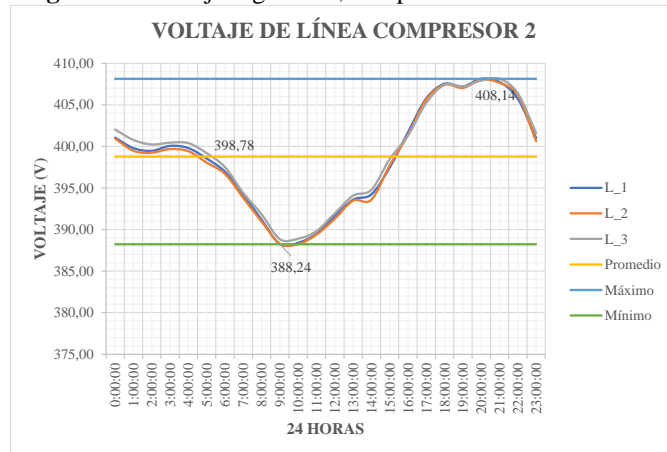
La figura 24 representa el consumo de potencias: activa, aparente y reactiva, que se producen cuando el compresor 2 entra a operar las 24 horas del día llevando la presión de aire necesaria, debido a que existen bombas de diafragma utilizadas para hacer recircular la pintura en la cabina de pintado.

**Figura 24.** Registro de Potencia, kW, kVA, kVAR, Compresor 2.

Fuente: Postulantes.

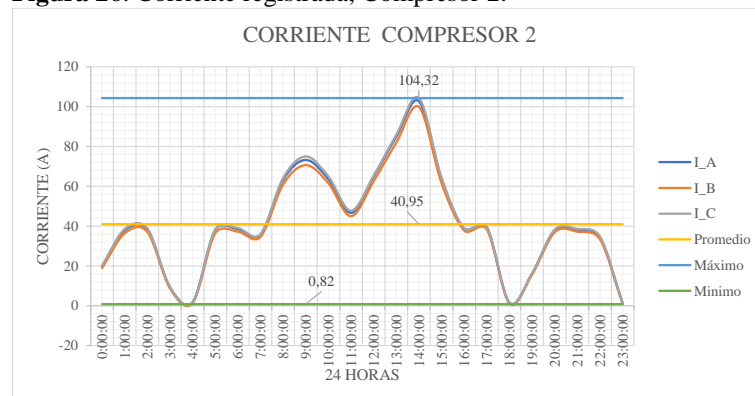
### Niveles de voltaje registrados en el compresor 2.

El nivel de voltaje se encuentra en fase respecto a cada una de las líneas debido a que el consumo de energía es constante y no existen variaciones en el día, sin embargo cuando dejan de operar los equipos fuera de las horas de trabajo, el nivel de voltaje tiende a 408,14 V el valor máximo, y un valor mínimo de 388,24 V cuando entra a operar la empresa en horas laborables. En la figura 25 se indica la curva de comportamiento del voltaje de línea del compresor 2. Y en la figura 26 se analiza las corrientes de línea que se requieren para el funcionamiento de estos equipos eléctricos.

**Figura 25.** Voltaje registrado, compresor 2.

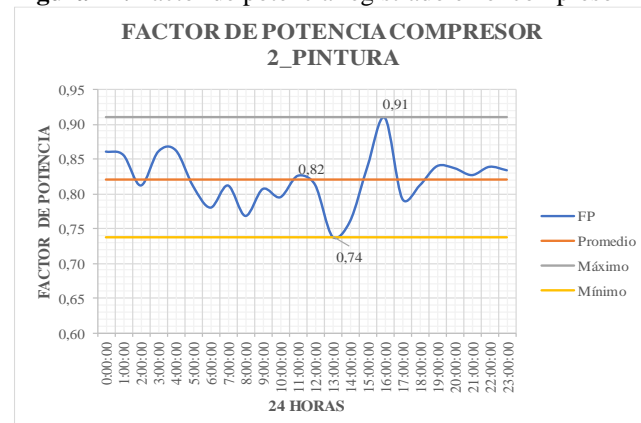
Fuente: Postulantes.

La figura 26, muestra el comportamiento de la corriente en el compresor 2, dentro de las horas de trabajo el nivel de corriente alcanza un pico de 104,32 A, producido a las 14:00, ya que el uso es variable en el tiempo según la disminución de la presión de aire que ocurra en el día.

**Figura 26.** Corriente registrada, Compresor 2.

Fuente: Postulantes.

El factor de potencia (figura 27), el compresor 2 oscila con un valor máximo de 0,91, un promedio de 0,82 y un mínimo de 0,74, debido a que este compresor entra en funcionamiento cada vez que se requiere pintar la carrocería de un vehículo.

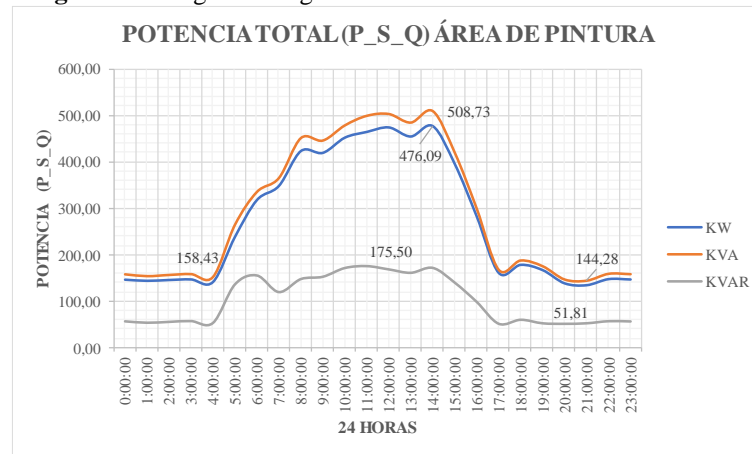
**Figura 27.** Factor de potencia registrado en el compresor 2.

Fuente: Postulantes.

### Curva de carga diaria en el área de pintura TRF 1000 kVA

La figura 28, se muestran las potencias: activa, reactiva y aparente registradas en el transformador de 1000 kVA, área de pintura. Estas curvas representan el consumo total que el transformador utiliza para el funcionamiento de cada uno de los procesos dentro de esta área.

**Figura 28.** Carga total registrada en los bornes del transformador.



Fuente: Postulantes.

Se observa una potencia máxima aparente de 508,73 kVA, potencia activa de 476,09kW y una potencia reactiva de 175,50 kVAR, estos valores son usados durante el proceso de pintado de cabinas fijados en el horario de trabajo, el horno de esmalte se calienta a las 5:00 Am y el resto de elementos entran a operar a las 7:00 Am hasta las 16:00 Pm, es decir, 8 horas diarias, por lo que se observa un decremento de la curva a esa hora.

En el anexo 29, se muestra el registro de potencias Activa (P), Aparente y (S) Reactiva (Q) usadas para representar la figura 28.

### Factores eléctricos en el TGD, área de Pintura TRF 1000 kVA.

Factor de demanda (Fd) tablero general de distribución (TDG).

$$Fd_{demanda} = \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{Carga instalada}} = \frac{D_{max}}{P_{ins}}$$

$$Fd_{demanda} = \frac{508,73 \text{ kVA}}{1184,43 \text{ kVA}} = 0,43$$

Factor de carga (Fc) tablero TDG

$$Fc_{carga} = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda maxima}}$$

$$Fc = \frac{(6528,95)kW * 1h}{476,09 kW * 24h}$$

$$F_{carga} = 0,57 \cong 57\%$$

Factor de utilización (Fu).

$$F_{utilización} = \frac{\text{Demanda máx sistema}}{\text{Capacidad instalada}}$$

$$F_{utilización} = \frac{508,73kVA}{1000kVA} = 0,51$$

Factor de pérdida (Fp).

$$F_{pérdidas} = 0,3 * F_{carga} + 0,7 * (F_{carga})^2$$

$$F_{pérdidas} = 0,3 * 0,57 + 0,7 * (0,57)^2 = 0,398 \cong 0,40$$

Factor de coincidencia o de simultaneidad (Fco).

$$F_{coincidencia} = \frac{\text{Demanda máx diversificada grupo}}{\sum \text{Demandas máximas individuales}} = \frac{1}{F_{diversidad}}$$

$$F_{coincidencia} = \frac{479,1kW}{6528,95kW} = 0,073$$

$$F_{coincidencia} = 0,073$$

Factor de diversidad (Fd).

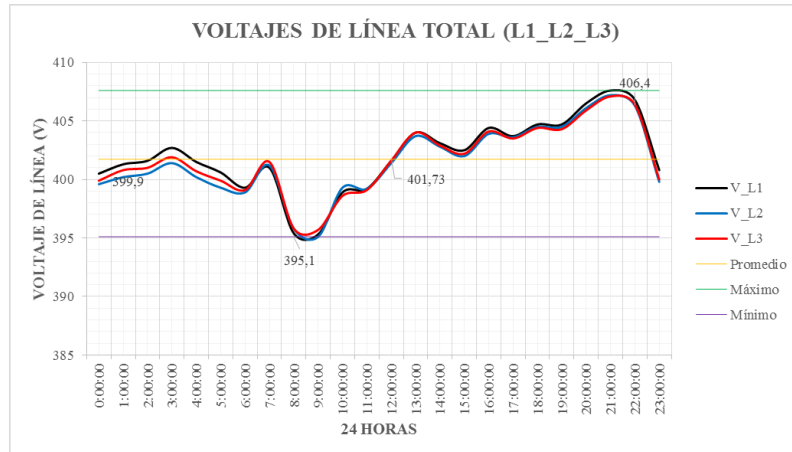
$$F_{diversidad} = \frac{\sum \text{Demandas máximas individuales}}{\text{Demanda máx diversificada grupo}} = \frac{1}{F_{coincidencia}}$$

$$F_{diversidad} = \frac{1}{0,073} = 13,69$$

### **Análisis de los niveles de voltajes de fase y de línea en el área de pintura, TRF 1000 kVA**

En la siguiente figura se puede apreciar los niveles de voltaje registrados en los bornes de bajo voltaje en el transformador de 1000 kVA.

**Figura 29.** Voltajes de línea registrados en bornes del transformador 1000kVA.



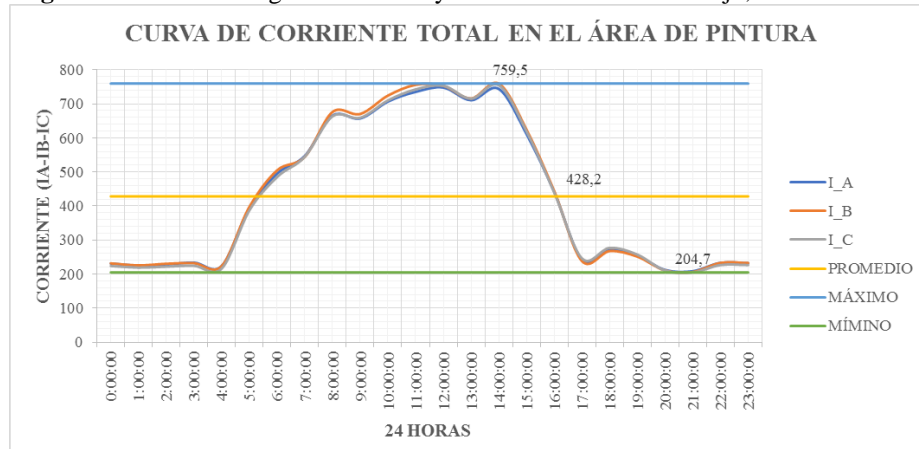
Fuente: Postulantes.

El voltaje en horario de 5:00 a 6:00 Am sufre una variación durante la puesta en marcha de los ventiladores de casa de aire, a medida que se encienden los demás equipos la curva siente la perturbación hasta llegar a estabilizarse, los voltajes fluctúan entre 395,1 V valor mínimo, 401,73 V en valor medio y 406,4 V en valor máximo.

### Análisis de corrientes para el área de pintura

La corriente máxima registrada durante el proceso de trabajo es de 759,5 Amp, la corriente mínima de 204,7 Amp, como se aprecia en la figura 30, esta corriente es debido a que durante el periodo dentro y fuera del horario de trabajo algunos equipos permanecen en funcionamiento las 24 horas del día, este es el caso de los tableros de E-COAT, y control de CUBAS. (Tabla de valores ver anexo 30).

**Figura 30.** Corriente registrada dentro y fuera del horario de trabajo, TRF 1000kVA.

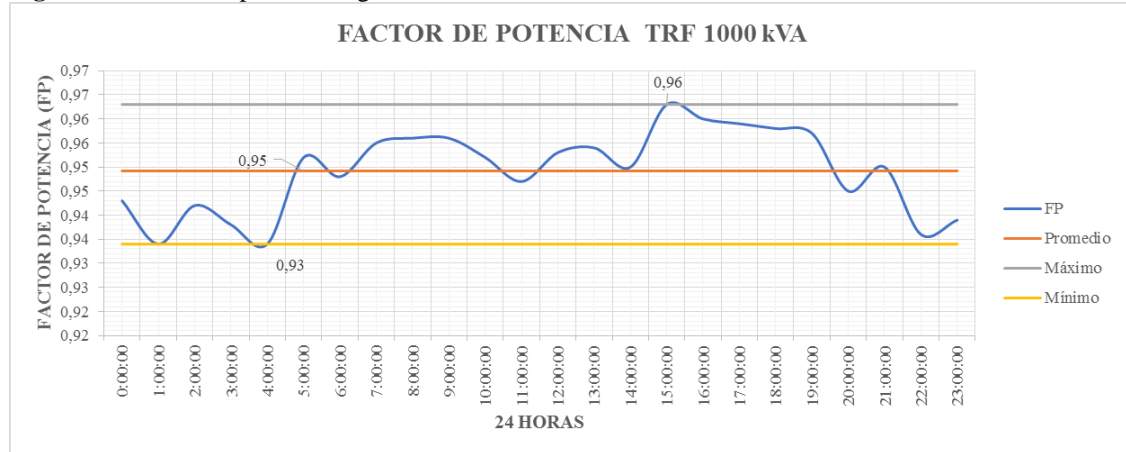


Fuente: Postulantes.

### Factor de potencia en bornes de bajo voltaje, TRF 1000 KVA.

En la figura 31 se presenta un factor de potencia aceptable con variaciones dentro de los límites permitidos con Fp máx = 0,96, Fp medio= 0,95, y Fp min= de 0,93, gracias a un banco de capacitores que se encuentra instalado en el tablero principal de protección. La tabla de valores, utilizada para la construcción de la gráfica se indica en el anexo 31.

**Figura 31.** Factor de potencia registrado en el TRF 400 KVA.



Fuente: Postulantes.

### FLUJO DE CARGA DEL ESTADO ACTUAL DEL ÁREA DE PINTURA SIMULADO EN EL SOFTWARE ETAP 12.6.0.

Ver anexo 36

#### Resultados de la simulación en el software ETAP 12.6.0 del área de pintura

En el anexo 34 se detalla el porcentaje de cargabilidad real en los conductores, este porcentaje no alcanza el 70%, el nivel de caída de voltaje es menor al 1%, la cargabilidad del TRF 1000kVA se encuentra en 50%.

#### Cargabilidad del transformador (1000kVA) en el área de pintura

El porcentaje de cargabilidad del transformador en el área de pintura es de aproximadamente el 50% según la ecuación 2, se puede aumentar la carga en un 30%, y 20 % de reserva.

$$\%Cargabilidad = \frac{S_{medida}(kVA)}{S_{transfor,mador}(kVA)}$$

$$\%Cargabilidad = \frac{508,73kVA}{1000kVA} = 0,50 \approx 50\%$$

En la tabla anterior se muestra el porcentaje de cargabilidad y variación de voltaje existente en el final del tramo.

**Tabla 25.** Resumen de carga en bornes del TRF 1000 kVA, CIAUTO

ELEMENTO	kW	kVAR	Amp	Volt promedio	% PF	Cargabilidad	% Aumento de carga	Reserva
TRF 1000kVA	508,73	175,5	759	387	96	50%	30	20

Fuente: Postulantes

## PROPUESTA DEL PROYECTO

El respectivo análisis realizado al sistema eléctrico del estado actual en las áreas de suelda y pintura correspondiente a la empresa CIAUTO CIA LTDA., se determina lo siguiente:

### ÁREA DE SUELDA

#### Balance de carga en el lado de bajo voltaje del transformador de 400kVA

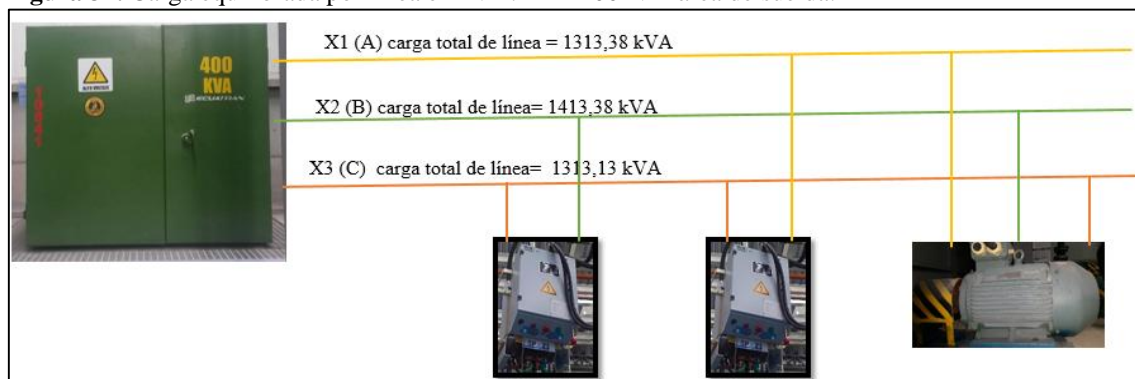
Realizar un balance de carga en los bornes de bajo voltaje del transformador, estas cargas son bifásicas y se deben distribuir de la siguiente manera:

**Tabla 26.** Equilibrio de carga por línea en el área de suelda

EQUILIBRIO DE CARGA POR FASE kVA			
EQUIPOS	X1 (A) kVA	X2 (B) kVA	X3 (C) kVA
S1	100	100	
S2		100	100
S3	100		100
S4	100	100	
S5		100	100
S6	100		100
S7	100	100	
S8		100	100
S9	100		100
S10	100	100	
S11		100	100
S12	100		100
S13	100	100	
S14		100	100
S15	100		100
S16	100	100	
S17		100	100
S18	100		100
S19	100	100	
S20		100	100
POTENCIA TOTAL POR LÍNEA	1300	1400	1300
POTENCIA TOTAL MOTORES	13.383	13.383	13.383
CAPACIDAD TOTAL POR FASE	1313,383	1413,383	1313,383
CARGA TOTAL INSTALADA	4040,15		

Elaborado por: Postulantes

Como se puede observar en la tabla 26, la potencia otorgada por línea es de 1313,38 kVA, provocando solamente un 4% de desbalance con respecto a la fase B que se encuentra con 1413,38 kVA debido a que las cargas de suelda son bifásicas.

**Figura 32.** Carga equilibrada por línea en kVA. TRF 400kVA área de suelda.

Fuente: Postulantes

### Balance de carga para la propuesta.

$$Ded = \frac{kVA1 + kVA2 + kVA3}{3}$$

$$Ded = \frac{(1313,38 + 1313,38 + 1413,38)kVA}{3} = 1346,71 kVA$$

$$D\% = \frac{(1413,38 - 1346,71)kVA}{1346,71} \times 100 = 4,9\%$$

Con el equilibrio de cargas se reduce el desbalance en la fase X3 (C), del 50% a 4,9% aproximadamente de la potencia de sobrecarga, con respecto al balance en los bornes de bajo voltaje del transformador del área de suelda.

**Tabla 27.** Niveles de carga ideal balanceada en ETAP 12.6.0 en la barra principal en el área de suelda.

Barra			Carga en Barra				
ID	kV	Amp Nominal Fase	kW	kVAR	kVA	% FP	Amp
BALANCE DE CORRIENTE EN LA BARRA PRINCIPAL	0,380	A	101,403	60,118	117,884	86,0	520,5
		B	101,412	60,105	117,885	86,0	520,5
		C	101,418	60,119	117,898	86,0	520,5

Fuente:

### Mejora de los niveles de voltaje y el factor de potencia de 0,61 a 0,95

Se requiere instalar un banco de capacitores calculado a partir del análisis del estado actual,

Para ello se tiene como demanda 108,56231kW del análisis.

Utilizando la tabla 28 para el cálculo de la potencia del banco de capacitores y corregir el bajo factor de potencia se tiene:

**Tabla 28.** Tabla de cálculo para la selección del banco de capacitores.

TABLA DE CÁLCULO PARA LA POTENCIA DEL CONDENSADOR												
Factor de potencia final		Potencia del Condensador en kvar a ser instalado por kW de carga para aumentar el factor de potencia a:										
cos φ	tq φ	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
0,61	1,3	0,48	0,46	0,43	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0,00
0,62	1,27	0,815	0,843	0,87	0,904	0,936	0,97	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
0,63	1,23	0,781	0,809	0,836	0,87	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
0,64	1,2	0,749	0,777	0,804	0,838	0,87	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
		0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200

Fuente: (LEGRAND, 2013)

Compensación necesaria= 108,56kW x 0,97= 105,30 kVAR

El banco de capacitores será de compensación variable de 4 pasos, teniendo como base:

11 kW x 0,97= 10,13 kVAR base, paso 1 aproximadamente a 11 kVAR, esta base es para la compensación reactiva de las bombas de recirculación de refrigerante utilizado para enfriar los equipos de suelda.

El segundo paso será de 23,84 kVAR



El tercer paso será de 23,84 kVAR

El cuarto paso será de 23,84 kVAR

El quinto paso será de 23,84 kVAR

El banco de capacitores permitirá mejorar el nivel de voltaje y disminuir la corriente que otorga el transformador a la carga, por ende, se evita que el transformador se sobrecargue por la demanda de corriente evitando el consumo excesivo de reactivos y mejorar el factor de potencia.

Con esta propuesta la cargabilidad del transformador queda de la siguiente manera:

$$\%Cargabilidad = \frac{S_{medida}(kVA)}{S_{transformador}(kVA)}$$

$$\%Cargabilidad = \frac{296(kVA)}{400(kVA)} = 0,74 \approx 74\%$$

Con la compensación de banco de capacitores, la cargabilidad del transformador se reduce del 83% al 74%. La capacidad de reserva del transformador aumenta en un 13% con respecto al estado actual que era del 16%, obteniendo un total de 29% de reserva.

### **Flujo de carga propuesto con un banco de capacitores variable en el área de suelda.**

Ver anexo 37

### **Puesta en paralelo de un transformador de 400KVA**

Ante un incremento de carga la capacidad del transformador de 400kVA no es suficiente para cubrir una nueva línea de soldadura que permita realizar la operación simultánea de estas al mismo instante, actualmente la operación simultanea de equipos de soldadura permite operar de manera coincidente cuatro equipos de soldadura aproximadamente, la demanda concurrente de la línea de soldadura existente y la proyectada provoca el accionamiento de los sistema de protección por sobrecarga para ello se plantea dos opciones que a continuación serán analizadas.

La primera es mantener el transformador de 400kVA actualmente instalado y la puesta en paralelo de otro transformador de las mismas características para aumentar la capacidad del sistema y evitar que el transformador actual sea desechado, si esta opción fuera la seleccionada por la empresa el funcionamiento del sistema eléctrico del área de suelda quedaría representado en el anexo 38, donde se analiza el incremento de carga y los

parámetros eléctricos que se producen. Previo a un análisis de puesta en paralelo de transformadores donde se debe cumplir las siguientes características:

### **Condiciones de puesta en paralelo de transformadores.**

(LEMOZY, 2010) Para la conexión en paralelo de dos transformadores, se deben cumplir condiciones importantes como:

1. Los voltajes secundarios deben estar en fase.
2. Las relaciones de transformación deben ser iguales.
3. Los voltajes de cortocircuito deben ser iguales.
4. Las impedancias de cortocircuito deben tener el mismo ángulo de fase.

En el anexo 38, se presenta un incremento de demanda abastecida por dos transformadores en paralelo, básicamente se observa que ante un incremento de carga las corrientes y potencias son otorgadas por los dos transformadores a plena carga, si se cumplen las condiciones de puesta en paralelo, evitará que uno de los dos transformadores se sobrecargue.

La segunda opción es desinstalar el transformador de 400kVA para ser reemplazado por un transformador de 600 kVA, los parámetros de funcionamiento se representan en el anexo 39.

### **Análisis para la ubicación de un transformador de 400kVA en paralelo con el existente.**

Los resultados obtenidos en el anexo 38, la corriente en el cable 1 y cable 155 son el producto de poner en paralelo los transformadores de 400kVA, la cargabilidad en estos tramos es menor gracias a que se logra dividir la corriente, no se tendrá problemas de accionamiento de protecciones cuando se opere simultáneamente la línea de soldadura actual y la línea de soldadura proyectada, con esto se consigue repotenciar la capacidad del sistema brindando una mejor alimentación a la carga y evitando que se recaliente los transformadores, a la vez resulta beneficioso ya que se da uso al transformador existente.

**Tabla 29.** Niveles de demanda obtenido de la simulación para la puesta en paralelo de transformadores de 400kVA.

ID	Desde	Hasta	Tipo	Distancia	#Conductor	kW	kvar	Amp Carga	% Voltage Drop
Cable1	Bus14	Bus172	Cable	7 m	2 - 1/C 350	345	205	603,7	0,06
Cable2	Bus1	Bus4	Cable	15 m	3 - 1/C 250	332	197	581,4	0,1
Cable3	Bus1	Bus8	Cable	15 m	3 - 1/C 250	327	194	573,5	0,1
Cable4	Bus4	Bus20	Cable	21 m	1 - 1/C 250	82,90	49,22	145,3	0,1
Cable5	Bus4	Bus21	Cable	18 m	1 - 1/C 250	82,91	49,22	145,3	0,09
Cable6	Bus4	Bus22	Cable	19 m	1 - 1/C 250	82,91	49,22	145,3	0,09
Cable7	Bus4	Bus23	Cable	14 m	1 - 1/C 250	82,93	49,23	145,4	0,07
Cable20	Bus8	Bus32	Cable	27,5 m	1 - 1/C 250	82,87	49,21	145,3	0,13
Cable21	Bus8	Bus33	Cable	35,1 m	1 - 1/C 250	82,84	49,20	145,2	0,17
Cable22	Bus8	Bus34	Cable	26,3 m	1 - 1/C 250	82,88	49,21	145,3	0,13
Cable23	Bus8	Bus35	Cable	21,3 m	1 - 1/C 250	78,54	46,63	137,7	0,1
Cable67	BARRA 2	Bus90	Cable	35 m	1 - 1/C 6	30,18	17,46	52,52	0,38
Cable73	Bus89	Bus90	Cable	7 m	2 - 1/C 350	10,55	6,20	18,5	0
Cable74	Bus89	Bus91	Cable	7 m	2 - 1/C 350	4,86	2,81	8,48	0
Cable75	Bus89	Bus92	Cable	7 m	2 - 1/C 350	4,86	2,81	8,48	0
Cable76	Bus89	Bus93	Cable	7 m	2 - 1/C 350	0,84	0,59	1,546	0
Cable121	Bus15	Bus80	Cable	20 m	1 - 1/C 12	9,75	5,62	17,01	0,27
Cable122	Bus15	Bus81	Cable	20 m	1 - 1/C 12	9,75	5,62	17,01	0,27
Cable153	Bus169	Bus170	Cable	7 m	5 - 1/C 350	690	410	1207	0,05
Cable154	Bus170	BARRA 2	Cable	7 m	5 - 1/C 350	690	409	1207	0,05
Cable155	Bus173	Bus169	Cable	7 m	2 - 1/C 350	345	205	603,7	0,06
TRAFO EN PARALELO	BARRA1	Bus173	Transf. 2W	13,8 / 0,38 kV	400 kVA	355	220	17,45	1,03
TRAFO_SUELDA_10841(400KV)	BARRA1	Bus14	Transf. 2W	13,8 / 0,38 kV	400 kVA	355	220	17,45	1,03

Fuente: Postulantes

### Análisis en caso de ubicar un nuevo transformador en el área de solda con una capacidad de 600KVA.

En la tabla 30 se presenta el resultado de reemplazar el transformador de 400kVA por un transformador de 600kVA, el transformador es capaz de soportar la operación simultanea de la línea de soldadura actual y la proyectada, sin embargo se produce un incremento en la demanda de corriente ya que este va a tener que elevarla para cubrir la demanda solicitada por los equipos de soldadura, para ellos también se debe balancear la carga a fin de que no exista desbalances que produzca un incremento de la corriente por la demanda en los bornes de bajo voltaje y tendría que operar con cargas simultaneas a fin de no sobrecargar al transformador.

Para el análisis de los flujos de carga se considera el banco de capacitores propuesto en el apartado anterior para mejorar el factor de potencia, debido a los reactivos que genera la carga en el área de solda.

**Tabla 30.** Niveles de demanda, al incorporar un solo transformador de 600kVA

ID	Desde	Hasta	Tipo	Longitud	#Conductor	kW	kVAR	Amp Carga	% Voltage
Cable2	Bus1	Bus4	Cable	15 m	3 - 1/C 250	323	192	573,8	0,1
Cable3	Bus1	Bus8	Cable	15 m	3 - 1/C 250	319	189	566	0,09
Cable4	Bus4	Bus20	Cable	21 m	1 - 1/C 250	80,74	47,93	143,4	0,1
Cable5	Bus4	Bus21	Cable	18 m	1 - 1/C 250	80,75	47,94	143,4	0,09
Cable6	Bus4	Bus22	Cable	19 m	1 - 1/C 250	80,75	47,94	143,4	0,09
Cable7	Bus4	Bus23	Cable	14 m	1 - 1/C 250	80,77	47,94	143,5	0,07
Cable20	Bus8	Bus32	Cable	27,5 m	1 - 1/C 250	80,71	47,93	143,4	0,13
Cable21	Bus8	Bus33	Cable	35,1 m	1 - 1/C 250	80,68	47,92	143,3	0,17
Cable22	Bus8	Bus34	Cable	26,3 m	1 - 1/C 250	80,72	47,93	143,4	0,13
Cable23	Bus8	Bus35	Cable	21,3 m	1 - 1/C 250	76,50	45,41	135,9	0,1
Cable67	BARRA 2	Bus90	Cable	35 m	1 - 1/C 6	30,19	17,46	53,22	0,39
Cable73	Bus89	Bus90	Cable	7 m	2 - 1/C 350	10,55	6,20	18,75	0
Cable74	Bus89	Bus91	Cable	7 m	2 - 1/C 350	4,86	2,81	8,594	0
Cable75	Bus89	Bus92	Cable	7 m	2 - 1/C 350	4,86	2,81	8,594	0
Cable76	Bus89	Bus93	Cable	7 m	2 - 1/C 350	0,84	0,59	1,567	0
Cable121	Bus15	Bus80	Cable	20 m	1 - 1/C 12	9,75	5,62	17,24	0,28
Cable122	Bus15	Bus81	Cable	20 m	1 - 1/C 12	9,75	5,62	17,24	0,28
Cable153	Bus169	Bus170	Cable	7 m	5 - 1/C 350	673	399	1193	0,04
Cable154	Bus170	BARRA 2	Cable	7 m	5 - 1/C 350	673	399	1193	0,04
Cable156	Bus174	Bus169	Cable	7 m	2 - 1/C 350	673	400	1193	0,11
TRF 600kVA	BARRA1	Bus174	Transf. 2W	13,8 / 0,38 kV	600 kVA	699	438	34,49	0,23

Fuente: Postulantes

En la tabla 31, observamos el porcentaje de cargabilidad y la corriente que entrega los transformadores en paralelo, en esta configuración la corriente entregada por el conjunto será de mayor capacidad.

**Tabla 31.** Porcentaje de cargabilidad en transformadores en paralelo a plena carga

Cargabilidad de Transformadores en paralelo								
TRF.	Centro de transformación	Capacidad (kVA)	Carga		Carga		Carga Amp	Voltaje en Barra
			kVA	%	kVA	%		
PARALELO	TRAFO EN PARALELO	400,0	416,3	104,1	401,5	100,4	602,3	384,7
EXISTENTE	TRAFO_SUELDA_10841(400KV)	400,0	416,3	104,1	401,5	100,4	602,3	

Fuente: Postulantes

En la tabla 32, se muestra los resultados de flujo de carga en barra principal y barra donde se realiza la compensación el factor de potencia se mantendrá en 91,3%

**Tabla 32.** Muestra los niveles de carga total en las barras principales donde se encuentra la carga.

ID	Informe Resumen de Carga en Barras				
	Barra	kV Nominal	kVA	% FP	Amp
BARRA PRINCIPAL COMPENSADA	0,380	802,6	91,3	1204,7	0,384
BARRA SECUNDARÍA	0,380	851,9	86,0	1279,4	
BARRA LÍNEAS DE SOLDADURA	0,380	816,3	86,0	1226,5	

Fuente: Postulantes

**Flujo de carga en el software ETAP 12.6.0 del transformador de 600 kVA, en reemplazo del transformador de 400 kVA.**

Ver anexo 39

## ÁREA DE PINTURA

El diagnóstico del sistema eléctrico en el área de pintura determina que los conductores instalados que alimentan a cada tablero y los conductores que llegan a cada carga se encuentran operando en porcentaje menor al 70% de cargabilidad como lo indica el anexo 34 por lo que no es necesario realizar ningún cambio en el sistema, salvo los conductores de los equipos que se encuentran operando las 24 horas del día, este cambio se lo hace en vista a que presentan una temperatura de 50°C y pertenecen al STD 2 esto se pudo apreciar mediante la técnica de la observación, Este flujo continuo de corriente provoca calentamiento en los conductores.

**Tabla 33.** Cambio de conductores propuestos en STD2, control de bombas área de Pintura\_CIAUTO CIA.LTDA.

TABLERO CONTROL DE BOMBAS						
ELEMENTO	LONGITUD (m)	# CONDUCTORES	CALIBRE ACTUAL	CALIBRE PROPUESTO	COSTO	CANTIDAD
B3 ENJUAGUE DE AGUA	10	4	10	8	6,56	65,60
B4 ACONDICIONADOR	10	4	12	10	3,65	36,50
B5 FOSFATO	23	4	12	10	3,65	83,95
B8 UF1	17	4	12	10	3,65	62,05
B9 UF2	10	4	12	10	3,65	36,50
					<b>SUBTOTAL</b>	284,60
					<b>IVA(12%)</b>	34,15
					<b>TOTAL</b>	318,75

Fuente: Postulantes

Los conductores que se encuentran enmarcados con color rojo en las tablas de la 16 a la 24 se encuentran correctamente dimensionados gracias a un análisis de flujo de corriente que circula en estado real como lo indica la simulación en el anexo 36, además lo mencionado se constató mediante los registros de parámetros eléctricos de cada elemento que la empresa CIAUTO conlleva.

## **12. IMPACTOS TÉCNICO Y ECONÓMICO**

### **IMPACTO TÉCNICO**

#### **Área de suelda**

Al equilibrar las cargas conectadas en las fases de los bornes del transformador se reduce el desequilibrio del 50% al 4,9% de mejora del sistema, esto logrará reducir la corriente de desequilibrio, las pérdidas en las líneas que conectan a cada sub tablero de distribución y el buen uso de la energía eléctrica para que todas las fases sean casi homogéneas evitando el deterioro de los conductores y el desgaste de las protecciones que se encuentran instaladas actualmente.

El transformador actual cubre la demanda para cuatro sueldas cuando estas operan simultáneamente, esto quiere decir que no todas las cargas funcionan al mismo tiempo y su uso es en milésimas de segundo por cada punto de suelda aplicado a la carrocería.

Ubicación de un banco de capacitores regulable permite mejorar el bajo factor de potencia para compensar los reactivos producidos por las sueldas de punto eléctrico, al mismo tiempo se refleja un ahorro en la disminución del costo en la planilla eléctrica solo en esta área de producción.

#### **Área de pintura**

El diagnostico en esta área no exige mayores cambios ni rectificaciones, salvo en el STD2 debido a ciertos elementos que se encuentran funcionando las 24 horas del día y se muestran en la tabla del anexo 34. Este cambio se lo realiza con el fin de disminuir el calor de los conductores que llega a los 50°C.

Esta área además se encuentra controlada por medio de un banco de capacitores automático existente para la compensación de reactivos cuando el sistema lo requiera y mejorar el factor de potencia. A nivel de esta área el factor de potencia oscila entre un  $F_p \text{ máx} = 0,96$ ,  $F_p \text{ medio} = 0,95$ , y  $F_p \text{ min} = 0,93$ .

## **IMPACTO ECONÓMICO**

Este proyecto se desarrolla con la finalidad de mejorar los parámetros eléctricos en el área de suelda y pintura respectivamente:

### **Área de suelda**

Se realizó la compensación de reactivos en el área de suelda al implementar un banco de capacitores variable de 105,3 kVAR para mejorar el factor de potencia de 0,61 a 0,95, para esto se requiere una inversión de materiales y mano de obra de \$4058,68, y se recuperará en el lapso de 1 año 3 meses en esta área de producción.

### **Área de pintura**

Esta área se encuentra dentro de los parámetros óptimos de funcionamiento, el impacto económico es mínimo que oscila entre los \$318,75 por cambio de conductores en el STD 2 correspondiente al área de control de bombas debido a que se presenta una temperatura alrededor de los 50°C que provoca un calentamiento en sus conductores, la recuperación es a corto plazo y está dentro de un tiempo aceptable de 6 a 7 meses.

## **13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.**

### **Área de suelda**

Se analizará el beneficio económico que se obtendrá al mejorar el factor de potencia mediante un banco de capacitores variable.

La empresa CIAUTO CIA LTDA., al contar con varias áreas de procesos fue indispensable diagnosticar espacios que presente mayor demanda, por esto se brindó atención de análisis a las áreas de suelda y pintura.

El banco de condensadores variable destinado a la corrección del factor de potencia presenta los siguientes equipos para su instalación. En la tabla 34 se mencionan los rubros de implementación del banco de condensadores para la corrección del factor de potencia de 0,61 a 0,95.

**Tabla 34.** Lista de materiales para la propuesta del banco de capacitores en el área de suelda.

<b>LISTA DE MATERIALES PARA LA PROPUESTA DEL BANCO DE CAPACITORES EN EL ÁREA DE SUELDA CIAUTO CIA LTDA.</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNIT</b>	<b>TOTAL</b>
1	CONDENSADOR TRIFÁSICO 12,5/15 KVAR 380/440	1	89,437	89,437
2	CONDENSADOR TRIFÁSICO 23,5 KVAR 380/440	4	144,71	578,84
3	CONTROLADOR MC3 ADV 12 PASOS 230V	1	197,6	197,6
4	CONTACTOR 3RT2026-1AN20 25A 220V	1	45,65	45,65
5	CONTACTOR 50 A-220V 3RT1036-1AN20	4	92,02	368,08
6	CABLE SUPERFLEX #8	20	1,37	27,4
7	CABLE SUPERFLEX # 4/0 AWG	30	17,4	522
8	CABLE FLEXIBLE # 18 AWG	100	0,14	14
9	BREAKER C/M A2N 250 TMF 3P 200A	1	157,51	157,51
10	BREAKER C/M A1B 125 TMF 3P 20A	1	55,11	55,11
11	BREAKER C/M A1B 125 TMF 3P 40A	4	55,11	220,44
12	BARRA DE COBRE 1/8X3/4-245A	1	5,75	5,75
13	GABINETE METÁLICO 1800x800x600MM	1	540	540
14	AISLAMIENTO (taipe)	2	1	2
15	Varios materiales	1	20	20
			<b>SUBTOTAL</b>	2843,82
			<b>IVA(12%)</b>	341,26
			<b>TOTAL</b>	3185,08

**Fuente:** Proforma realizada en Mercurio Electricidad.

Para la compra de equipos de compensación se pueden presentar varios costos, entre ellos los costos de adquisición de materiales y de instalación.

Con estos rubros se procederá a calcular el ahorro proyectado para mejorar el factor de potencia mediante el cálculo de pérdidas de energía a plena carga en horas de trabajo de 7:00 a 15:00 y las de vacío, mediante la ecuación del Ing. Mentor Poveda que representa el costo económico por pérdidas en el transformador tanto en carga como en vacío y se describe a continuación:

$$D_{rlm\acute{a}x} = \left( \frac{KVA_{Dm\acute{a}x}}{KVA_{Dtrafo}} \right)^2 * P_{cu} \quad (23)$$

Donde:

$D_{rlm\acute{a}x}$ : Son las pérdidas resistivas a plena carga

$KVA_{Dm\acute{a}x}$ : Demanda máxima en kVA que registra la carga

$KVA_{Dtrafo}$ : Potencia nominal del transformador

$P_{cu}$ : Pérdidas a plena carga.

$$P_c = 10,465 * P_n + 537 \quad (24)$$

$$P_o = 13,27 * 400^{(0,7093)} = 930 \text{ W} \approx 0,93 \text{ kW} \quad [\text{anexo 32}] \quad (25)$$

$$D_{rli} = \left( \frac{D_{pi} * \cos\varphi_{m\acute{a}x}}{D_{pm\acute{a}x} * \cos\varphi_i} \right)^2 * D_{rlm\acute{a}x} \quad (26)$$

Dónde:

$D_{rli}$ : Son las pérdidas resistivas totales

$D_{pi}$ : Es la demanda medida en el intervalo

$D_{pm\acute{a}x}$ : Es la demanda medida máxima

$\cos\varphi_{m\acute{a}x}$ : Es el factor de potencia máximo registrado

$\cos\varphi_i$ : Es el factor de potencia registrado en el intervalo

Procedimiento de cálculo:

$$D_{rlm\acute{a}x} = \left( \frac{335,58 \text{ kVA}}{400 \text{ kVA}} \right)^2 * 4730$$

$$D_{rlm\acute{a}x} = 3329,14 \text{ W} \cong 3,33 \text{ kW}$$

$$D_{rli} = \left( \frac{227,61 * 0,86}{335,58 * 0,83} \right)^2 * 3329,14$$

$$D_{rli} = 1644,23 \text{ W} \cong 1,64 \text{ kW}$$

**Tabla 35.** Cálculo de pérdidas en horas de trabajo

HORA	kVA	FP	PÉRDIDAS (kW)
7:00:00	227,61	0,83	1,64
8:00:00	295,07	0,81	2,9
9:00:00	285,58	0,82	2,65
10:00:00	305,53	0,81	3,11
11:00:00	335,58	0,83	3,57
12:00:00	271,80	0,84	2,29
13:00:00	215,31	0,81	1,54
14:00:00	250,77	0,81	2,1
15:00:00	173,16	0,86	0,89
<b>TOTAL (Pérdidas)</b>			<b>20,69</b>

Fuente: Postulantes

Resumen de valores realizado con el cálculo respectivo para la obtención de las pérdidas de energía en el transformador de suelda

Para calcular el total de pérdidas en horas de trabajo se obtuvo de la siguiente manera:

$$Total_{pc} = 20,69 \text{ kW} * 7 \text{ horas de trabajo} \cong 144,83 \text{ kW}$$

$$Total_{pc} = 144,83 \text{ kW} * 16 \text{ dias laborables al mes} = 2317,28 \text{ kWh/mes}$$



$$Total_{p_o} = 0,93 \text{ kW} * 17 \text{ horas en vacío} \cong 15,81 \text{ kWh}$$

$$Total_{p_o} = 15,81 \text{ kWh} * 30 \text{ días mes} = 474,3 \text{ kWh/mes}$$

**Tabla 36.** Resumen de valores de pérdidas de energía en el área de suelda

<b>TRANSFORMADOR (kVA)</b>	<b>ÁREA</b>	<b>PÉRDIDAS EN VACÍO (Po) kWh/mes</b>	<b>PÉRDIDAS CON CARGA (Pc) kWh/mes</b>
400 kVA	SUELDA	474,3	2317,28

Fuente: Postulantes

USD Comercialización: 1,414 USD.

USD Energía (USD/kWh) en horas de trabajo=0,093

Para obtener el costo de consumo se procede a calcular según el pliego tarifario vigente para el sector industrial por la demanda mensual.

$$USD Demanda = Pérdidas mensuales * 0,093 \quad (27)$$

Luego:

$$USD Demanda = Demanda \left( \frac{USD}{kW} \right) + Energía \left( \frac{USD}{kWh} \right) + Comercialización \left( \frac{USD}{consumidor} \right) \quad (28)$$

$$Ppc = (\$4,576 + \$2317,28 * 0,093 + \$1,414) = \$221,49 \text{ kWh.}$$

Para el cálculo de las pérdidas de energía se procede de la siguiente manera:

USD Comercialización: 1,414 USD.

USD Energía (USD/kWh) en horas fuera de trabajo=0,075

$$USD Ppo = (\$4,576 + 474,3 \text{ kWh} * 0,075 + \$1,414 = \$41,56 \approx \$42 \text{ kWh}$$

Para obtener un valor total del costo de energía se suman el costo por pérdidas en vacío más el costo de perdidas con carga.

$$P = \$ 221,49 \text{ kWh} + \$42 \text{ kWh}$$

$$P_{total} = \$ 263,5 \text{ kWh (mensual)}$$

$$P = \$ 3161,88 \text{ kWh (anual)}$$

El ahorro por reducción de pérdidas totales en el transformador de 400kVA es de \$263,5 kWh/mes, considerando un ahorro de \$3161,88 kWh/año en el área de suelda.

La inversión requerida en el banco de capacitores se obtiene de la tabla 34 que suma un valor total de \$ 3185,08 además se incluye para el cálculo valores de mano de obra para su instalación como se indica en la tabla 37.

**Tabla 37.** Costo de instalación para el banco de compensación en el área de suelda

<b>COSTO DE INSTALACIÓN PARA EL BANCO DE COMPENSACIÓN</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO (\$)</b>	<b>PRECIO TOTAL (\$)</b>
1	Profesional técnico	1	350	350
2	Mano de obra	2	200	400
3	Gastos directos e indirectos	1	30	30
			<b>SUBTOTAL</b>	780,00
			<b>IVA(12%)</b>	93,60
			<b>TOTAL</b>	873,60

Fuente: Postulantes

Por consiguiente, la inversión total para ejecutar la propuesta es de \$4058,68.

### **Periodo de recuperación de la inversión con respecto al banco de capacitores**

Este parámetro se obtiene de la siguiente relación:

$$\text{Periodo de recuperación} = \left( \frac{\text{Inversión realizada}}{\text{Ahorro total}} \right) \quad (29)$$

$$\text{Periodo de recuperación} = \left( \frac{\$ 4058,68}{\$ 3161,88} \right)$$

$$\text{Periodo de recuperación} = 1,28 \cong 1,3 \text{ años}$$

Significa que el tiempo de recuperación para la propuesta del banco de compensación regulable en el área de suelda es de aproximadamente de 1 año y tres meses, según el cálculo realizado por el método de periodo simple de retorno ya que la propuesta es viable para estos casos.

### **Selección de la mejor propuesta en base al presupuesto planteado para el área de suelda.**

#### **a) Presupuesto para el transformador de 400 (kVA) para la conexión en paralelo al existente en el área de suelda**

Actualmente la capacidad instalada del área de suelda es de 400 kVA, la empresa desea incrementar una nueva línea de soldadura para el ensamblaje de un nuevo modelo de vehículos, por consiguiente, se ha realizado el respectivo análisis para la ubicación de un nuevo transformador de 400 kVA en paralelo al existente, esto evitará que el equipo de transformación instalado actualmente no sea removido, más bien se logre mejorar la capacidad del sistema, siempre y cuando se considere las respectivas condiciones para su instalación.

En la tabla 38 se detalla el costo de un nuevo transformador de 400 kVA.

**Tabla 38.** Costo del transformador de 400 kVA tipo Padmounted para la conexión en paralelo con el existente en el área de suelda Ciauto Cía. Ltda.

COSTO DEL TRANSFORMADOR TIPO PADMOUNTED 400KVA PARA EL ÁREA DE SUELDA					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNIT	TOTAL	
1	TRF PADMOUNTED 400 KVA / 13800V/380-220 V \$ 12920	1	12920	12920	
				<b>SUBTOTAL</b>	12920,00
				<b>IVA(12%)</b>	1550,40
				<b>TOTAL</b>	14470,40

Fuente: Ecuatran

El costo de la demanda se consideró un consumo de 2317,28 kWh mensuales con un ahorro de \$3161,88 anuales.

Periodo de recuperación

$$\text{Periodo de recuperación} = \left( \frac{\text{Inversión realizada}}{\text{Ahorro total}} \right)$$

$$\text{Periodo de recuperación} = \left( \frac{\$ 14470,40}{\$ 3161,88} \right)$$

$$\text{Periodo de recuperación} = 4,57 \cong 4 \text{ años y } 6 \text{ meses}$$

Cabe recalcar que no se considera para el análisis el costo de instalación, mano de obra, operación y mantenimiento debido. Para que la carga opere simultáneamente se consideró el uso del mismo banco de compensación variable para corregir el bajo factor de potencia que genera la carga de suelda de punto eléctrico cuando entra a operar en horas de trabajo.

La recuperación de la inversión para este caso es de aproximadamente 4 años y 6 meses aproximadamente.

#### **b) Presupuesto para el transformador de 600 (kVA) en reemplazo al existente en el área de suelda**

Otra alternativa que la empresa presenta es de reemplazar al transformador existente de 400 kVA en el área de suelda por otro de 600kVA, el costo de este equipo se muestra en la tabla 39, al optar por este transformador de mayor capacidad se puede aumentar la demanda en esta área pero se debe considerar la utilización simultanea de la carga para no sobrecargar al transformador, además se debe considerar el uso del banco de compensación propuesto anteriormente para mejorar el factor de potencia de 0,61 a 0,95.

**Tabla 39.** Costo del transformador de 600 kVA en el área de suelda Ciauto Cía. Ltda.

COSTO DEL TRANSFORMADOR TIPO PADMOUNTED 600KVA PARA EL ÁREA DE SUELDA					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNIT	TOTAL	
	TRF PADMOUNTED 600 KVA / 13800V/380-220 \$ 21045	1	21045	21045	
				<b>SUBTOTAL</b>	21045,00
				<b>IVA(12%)</b>	2525,40
				<b>TOTAL</b>	23570,40

Fuente: Ecuatran

El costo de la demanda se consideró un consumo de 2317,28 kWh mensuales con un ahorro de \$3161,88 anual.

Periodo de recuperación:

$$\text{Periodo de recuperación} = \left( \frac{\text{Inversión realizada}}{\text{Ahorro total}} \right)$$

$$\text{Periodo de recuperación} = \left( \frac{\$ 23570,40}{\$ 3161,28} \right)$$

$$\text{Periodo de recuperación} = 7,45 \cong 7 \text{ años y } 5 \text{ meses aprox.}$$

Al realizar el respectivo análisis con las alternativas (a y b) que la empresa requiere se puede llegar a la conclusión que la mejor opción es la (a) de incorporar un nuevo transformador en paralelo de 400kVA antes que el de 600 kVA, debido a costos, tiempo de recuperación de la inversión, posible salida de servicio del transformador de menor capacidad, etc.

**Tabla 40.** Relación costo beneficio para la selección del transformador ante un incremento de carga en el área de suelda.

<b>RELACIÓN COSTO-BENEFICIO PARA LA SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR MÁS ADECUADO EN EL ÁREA DE SUELDA CIAUTO</b>				
<b>ITEM</b>	<b>CODIGO</b>	<b>CAPACIDAD (kVA)</b>	<b>COSTO EQUIPO (USD)</b>	<b>PERIODO DE RECUPERACION</b>
A	TRF	400	14.470	4 años, 6 meses
B		600	23.570	7 años, 5 meses

Fuente: Postulantes

Para poner en paralelo los transformadores en el área de suelda deben cumplir con las mismas características eléctricas (voltaje, corriente, frecuencia, relación de transformación, etc.), posee ventajas como hacer más robusto el sistema ante el incremento de carga, se puede operar en caso de falla o mantenimiento con una unidad siempre y cuando existan equipos de maniobra instalados por seguridad, si la demanda es muy variable, se las puede ir agregando a medida que la carga lo exige.

### **Presupuesto en el área de pintura**

El presupuesto que se requiere es aproximadamente de \$318,75, destinado exclusivamente al cambio de conductores en el STD2 del tablero de bombas. Motivo que se presenta un calentamiento en los conductores durante el tiempo de trabajo en esta área.

**Tabla 41.** Costo de pérdidas de energía en el estado actual.

Elemento conductor a 50°C	P. de potencia en (KW)	P. de energía (kWh) mensual
BOMBA 3 ENJUAGUE AGUA	0,02	7,13
BOMBA 4	0,02	7,13
BOMBA FOSFATO ÁCIDO	0,02	7,13
BOMBA 7 FOSFATIZADO POR INMERSIÓN	0,05	21,4
BOMBA 8 UF1 - ÁCIDO	0,02	8,56
<b>TOTAL GASTO</b>		51,35

Fuente: Postulantes

**Tabla 42.** Costo de perdidas con cambio de conductor # 12 AWG a # 10 AWG.

Elemento conductor a 50°C	P. de potencia en (KW)	P. de energía (kWh) mensual
BOMBA 3 ENJUAGUE AGUA	0,017	0,8
BOMBA 4	0,017	0,8
BOMBA FOSFATO ÁCIDO	0,017	0,8
BOMBA 7 FOSFATIZADO POR INMERSIÓN	0,051	0,8
BOMBA 8 UF1 - ÁCIDO	0,02	0,9
<b>TOTAL GASTO</b>		4,1

Fuente: Postulantes

Por consiguiente, si se resta el costo de las pérdidas de energía en (USD) del estado actual con el costo de pérdidas de energía con la propuesta se obtiene un total de \$ 47,25, entonces se aplica la siguiente ecuación para obtener el periodo de recuperación:

$$\text{Periodo de recuperación} = \frac{\text{Inversion}}{\text{Ahorro}}$$

$$\text{Periodo de recuperación} = \frac{\$ 318,75}{\$ 47,25} = 6,75 \cong 7 \text{ meses.}$$

La recuperación del capital invertido será de aproximadamente 7 meses.

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Se realizó el levantamiento de carga y se implementó la actualización de los diagramas unifilares correspondiente a las áreas de suelda y pintura, donde se puede visualizar el tipo de conductor, la distancia y la carga instalada a la que alimenta, proveyendo de la información detallada y oportuna cuando la empresa lo requiera.
- Utilizando el analizador de carga Fluke 435 y AEMC 3945-B, se obtuvo las mediciones necesarias para el análisis de parámetros eléctricos, posteriormente se realizó la modelación en el software ETAP 12.6.0 del sistema eléctrico actual, con perspectivas de incremento de carga en la empresa CIAUTO Cía. Ltda.
- En el área de suelda se presenta un bajo de factor de potencia de 0,61 por lo que se propone instalar un banco de capacitores variable que mejore el factor de potencia a 0,95, del mismo modo, se analizó la factibilidad de instalar otro transformador en paralelo con

el existente de 400 kVA, para aumentar la capacidad del sistema ante el incremento de carga.

- El transformador en el área de pintura mantiene un 50% de cargabilidad del total de su capacidad nominal que corresponde a 508,73 kVA que usa esta área para que la carga opere, el factor de potencia es de 0,96 gracias al banco de compensación existente instalado en la barra principal.
- Con respecto al análisis técnico económico en el área de suelda para la inversión en un banco de capacitores que mejoren el factor de potencia es de aproximadamente 1 año y tres meses, considerando que el costo por pérdidas en el transformador a plena carga y en vacío es de \$3185,08 anuales. En el área de pintura no se registran mayores cambios, el factor de potencia está dentro de los parámetros técnicos, existe un calentamiento en los conductores en el área de bombas por lo que se propuso realizar un cambio de conductores, cuya inversión es de aproximadamente \$318,75 y se espera una recuperación de la inversión en aproximadamente siete meses.

#### **RECOMENDACIONES:**

- Balancear la carga conectada por fase en los bornes de bajo voltaje del transformador en el área de suelda para evitar el disparo eventual de las protecciones, sobrecalentamiento en los conductores eléctricos y precautelar la vida útil del transformador.
- El censo de carga ayuda a determinar la carga total instalada en las áreas de suelda y pintura respectivamente, aunque no todas las cargas operan al mismo tiempo en estas áreas de producción, para ello, se determina con el cálculo de factores eléctricos la cantidad de elementos reales conectados al sistema.
- Con la capacidad instalada del transformador actual (400kVA) en el área de suelda ante el incremento de carga es necesario proveer otro equipo con mayor capacidad al instalado actualmente, otra opción es ubicar un transformador en paralelo que cumpla con las mismas características eléctricas, esto evita que el existente sea removido y que el costo sea menor, aumentando la robustez del sistema, además ante una falla o mantenimiento es necesario instalar equipos de maniobra y protección adecuado para mantener la continuidad del servicio.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- ACHURI HOLGUÍN , S. H. (1998). *UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA*. Obtenido de APUNTES GENERALES SOBRE REDES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN: <https://es.scribd.com/document/109674309/50918295-Apuntes-Generales-Sobre-Redes-de-Distribucion-Elctrica>
- ADENDA, U. N. (2005/2006). *Departamento de Ingeniería Eléctrica*. Obtenido de Análisis de Sistemas Eléctricos: [http://www.ieec.uned.es/Web\\_docencia/Archivos/material/AD-ASE-0708.pdf](http://www.ieec.uned.es/Web_docencia/Archivos/material/AD-ASE-0708.pdf)
- AEMC.Instruments. (octubre de 2006). *Manual de instrucciones AEMC Instruments 3845-B*. Obtenido de Descripción del producto: [http://www.chauvin-arnoux.us/pdfs\\_aemc/user-manuals/3945-POWERPAD\\_ES.pdf](http://www.chauvin-arnoux.us/pdfs_aemc/user-manuals/3945-POWERPAD_ES.pdf)
- ANSI.C57.12.28. (28 de 12 de 1999). *ANSI C57.12.28*. Obtenido de IEEE - ANSI C57.12.28: <http://standards.globalspec.com/std/1153870/ieee-ansi-c57-12-28>
- ARCONEL. (23 de mayo de 2001). *Regulación CONELEC 004/01*. Obtenido de Calidad del servicio eléctrico de distribución: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Regulacion-No.-CONELEC-004-01.pdf>
- ARCONEL, P. (2017). *Pliego y cargos tarifarios para las empresas distribuidoras*. Quito.
- ARCONEL. (enero-diciembre de 2017). *Pliego tarifario para las empresas eléctricas*. Obtenido de Consumidor industrial: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/01/Pliego-y-Cargos-Tarifarios-SPEE-2017.pdf>
- BRATU&CAMPERO. (1995). En C. E. Bratu Serbán, *INSTALACIONES ELÉCTRICAS* (pág. 277). Mexico: Alfaomega Grupo Editor, SA, de CV. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/199504138/instalaciones-electricas-conceptos-basicos-y-diseno-segunda-edicion-n-bratu-e-campero-pdf>
- CASAVILLA&ECHINOPE, G . V. (16 de noviembre de 2005). *Desbalances - Estudio de alternativas para su estimación*. Obtenido de Propuestas para el desbalance en los reglamentos de calidad de servicio: <https://iie.fing.edu.uy/eventos/epim/epim2005/trabajos/p12.pdf>
- CFE. (2015). Comisión Federal de Electricidad. *Administracion y control de su demanda de energia*, 3.
- DELCROSA. (10 de marzo de 2017). *Delcrosa. Energía para el Perú*. Obtenido de Sobrecarga en transformadores: <http://www.delcrosa.com.pe/leer-noticias/sobrecarga-en-transformadores>
- ELECTRICIDAD. (08 de Noviembre de 2010). *Análisis de redes eléctricas*. Obtenido de La revista energética de Chile: <http://www.revistaei.cl/reportajes/analisis-de-redes-electricas/>
- ENRIQUEZ H, G. (2004). *Cálculo de conductores por caída de voltaje*. México: Limusa.

- ENRIQUEZ HARPER, G. (2002). Diagramas unifilares. En G. E. Harper, *Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales* (pág. 520). Balderas 95, Mexico D.F.: Limusa\_Noriega Editores.
- ETAP 12.6.0, M. (s.f.). *Introducción a ETAP*. Obtenido de <http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/electrica-ingenieria/analisis-de-sistemas-de-potencia-ii/2015/i/guia1.pdf>
- FALCÓN D, V. M. (enero de 2008). *Análisis, Diagnostico y Mejoras al Sistema Eléctrico de un Club Deportivo*. Obtenido de Desarrollo de un Diagnóstico Energético: <https://es.scribd.com/doc/20821242/ANALISIS-DIAGNOSTICO-Y-MEJORAS-AL-SISTEMA-ELECTRICO-DE-UN-CLUB-DEPORTIVO-Ing-Victor-M-Falcon>
- Hernández M & Labrador L. (26 de 07 de 2010). *Biblioteca Cubasolar*. Obtenido de Diagnóstico energético: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia25/HTML/articulo09.htm>
- IEC.60076-7. (12 de 2005). *NORME INTERNATIONALE*. Obtenido de Limitations spécifiques pour les transformateurs de distribution: <http://rastaktavan.com/UserFiles/Download/Over%20loading%20power%20transformer%20%20%20IEC%2060076-7.pdf>
- IEEE. (26 de 12 de 1992). *Institute of Electrical and Electronics Engineers*. Obtenido de NORMA IEEE C57.12.26: <https://standards.ieee.org/findstds/standard/C57.12.26-1992.html>
- IEEE.Std.C57-91. (7 de marzo de 2012). *Institute of Electrical and Electronics Engineers*. Obtenido de C57.91-2011 - Guía IEEE para la carga de transformadores de inmersión en aceite mineral y reguladores de tensión de paso: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6166928/>
- INEN 2115. (22 de diciembre de 2012). *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*. Obtenido de Transformadores de distribución nuevos trifásicos. Valores de corriente sin carga, pérdidas y voltaje de cortocircuito.
- LEGRAND. (27 de diciembre de 2013). *Legrand*. Obtenido de Compensacion de energia reactiva y monitoreo de la calidad de la potencia: [http://www.legrand.cl/archivos/guia\\_catalogo\\_tecnico.pdf](http://www.legrand.cl/archivos/guia_catalogo_tecnico.pdf)
- LEMA&ZAPATA. (2017). *Análisis de la demanda eléctrica en la Empresa Molinos Poulthier S.A. para determinar la cargabilidad del sistema electrico*. Latacunga.
- LEMOZY, N. A. (2010). *Paralelo de transformadores*. Obtenido de Condiciones para la puesta en paralelo: [https://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/maq\\_elec1/paralelo.pdf](https://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/maq_elec1/paralelo.pdf)
- LLUMIGUSÍN S. Alexandra, J. (Septiembre de 2014). *Resultados de la aplicacion de los transformadores pad mounted en el sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Quito S.A.* Obtenido de Escuela Politécnica Nacional: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8561/3/CD-5772.pdf>



- LLUMIQUINGA LOYA, F. S. (Marzo de 2012). Obtenido de Diseño de un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia de la empresa BANCHISFOOD S.A.: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6607/1/UPS-KT00475.pdf>
- NEC, N. (enero de 2013). *Alimentadores, Conceptos generales*. Obtenido de NEC. Capítulo 15-35: [https://issuu.com/cieepi.ecuador/docs/nec2011-cap15\\_instalaciones\\_electro](https://issuu.com/cieepi.ecuador/docs/nec2011-cap15_instalaciones_electro)
- NIETO, A. G. (julio de 2012). *Universidad de la República Facultad de Ingeniería Instituto de Ingeniería Eléctrica*. Obtenido de Disparo Automático de Carga mediante Algoritmos Genéticos: <https://iie.fing.edu.uy/publicaciones/2012/GMN12/GMN12.pdf>
- PIRAVAL, M. (2007). *Diagnóstico y evaluación de las instalaciones eléctricas de los edificios del centro cultural universitario (Paraninfo) y club deportivo "LOS ARCOS"*. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0632\\_EA.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0632_EA.pdf)
- RAMIREZ CASTAÑO, S. (Enero de 2004). *Redes de distribución de energía*.
- SEGOVIA S. Rodolfo, A. (2013). *Mantenimiento de transformadores de distribución en C.A.* Obtenido de Universidad Católica de Cuenca: <http://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/reducacue/5620/1/TESIS.pdf>
- SOTO CRUZ, J. J. (1996). Fundamentos sobre ahorro de energía. En J. J. Cruz, *Definición de Factor de potencia*. UADY.
- VENTURA NAVA, I. C. (Abril de 2007). *Instalaciones eléctricas Industriales*. Obtenido de Manual Técnico: <https://es.scribd.com/doc/50241896/MANUAL-TECNICO-INSTALACIONES-ELECTRICAS-INDUSTRIALES>
- VILLALOBOS C., J. (5 de abril de 2010). *Potencia eléctrica y Factor de potencia*. Obtenido de SlideShare: [https://es.slideshare.net/idefime/potencia-electrica-y-factor-de-potencia?qid=44d21b3f-3cce-472b-aeb1-f9fff810b88a&v=&b=&from\\_search=4](https://es.slideshare.net/idefime/potencia-electrica-y-factor-de-potencia?qid=44d21b3f-3cce-472b-aeb1-f9fff810b88a&v=&b=&from_search=4)
- WILDI, T. (2007). Máquinas eléctricas y sistemas de potencia. En T. WSildi, *Factor de potencia* (pág. 934). Pearson Educación.

# ANEXOS

**Anexo 1.** Logotipo de la empresa CIAUTO CIA. LTDA.



**Fuente:** Postulantes

**Anexo 2.** Ubicación geográfica de la empresa CIAUTO CIA. LTDA.



**Fuente:** Google Earth Pro

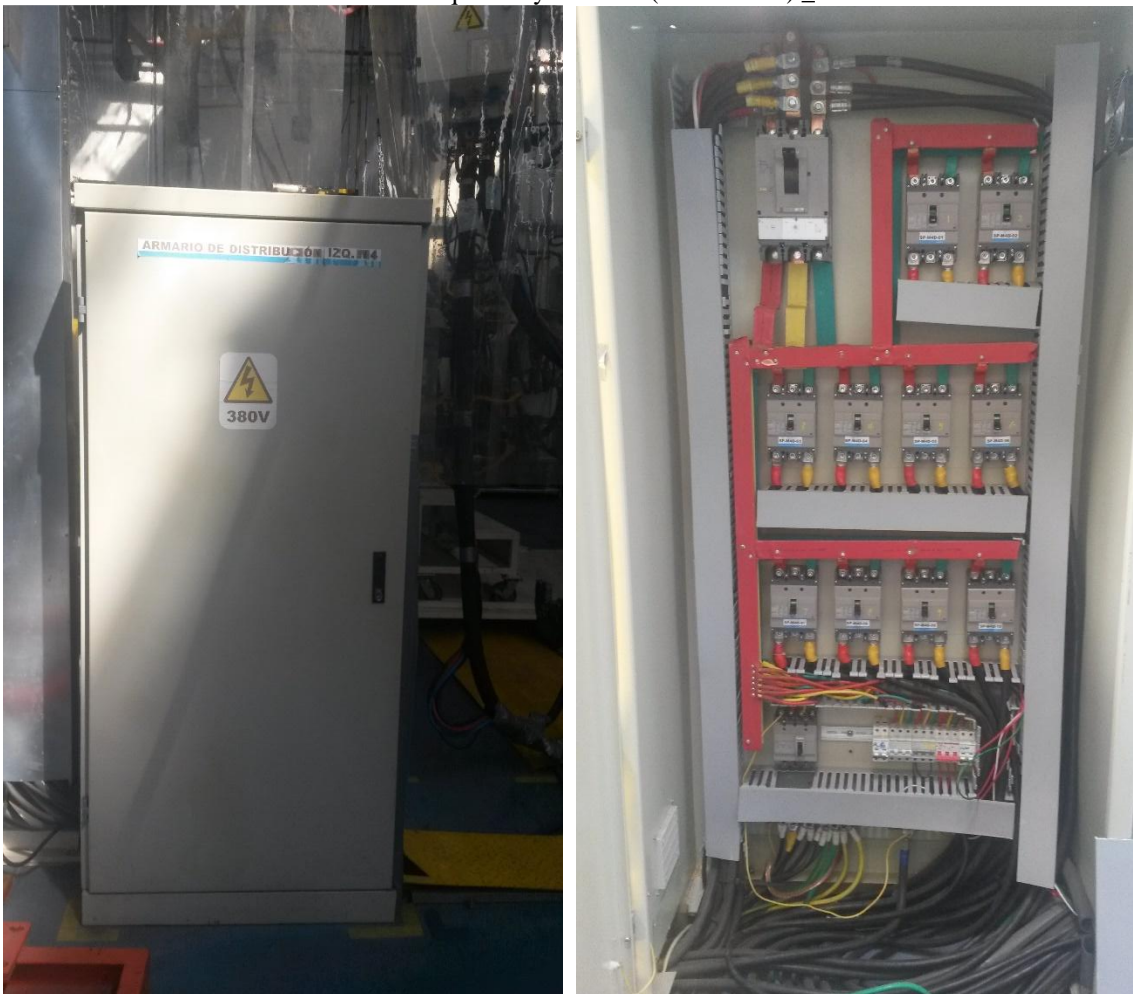
## Área de Suelta

Anexo 3. Transformador del área de suelta (400kVA), código:10841



Fuente: Postulantes

Anexo 4. Subtableros de Distribución Izquierdo y Derecho (Modelo M4) \_área de suelta.



Fuente: Postulantes



**Anexo 5.** Área de suelda, producción del modelo M4



**Fuente:** Postulantes

**Anexo 6.** Área de suelda para el modelo ZOTYE-T600



**Fuente:** Postulantes

## Área de Pintura

**Anexo 7.** Transformador (10843) 1000kVA\_Area de Pintura.



**Fuente:** Postulantes

**Anexo 8.** Tablero de Distribución Principal (TDP-1)\_Área de suelda.



**Fuente:** Postulantes

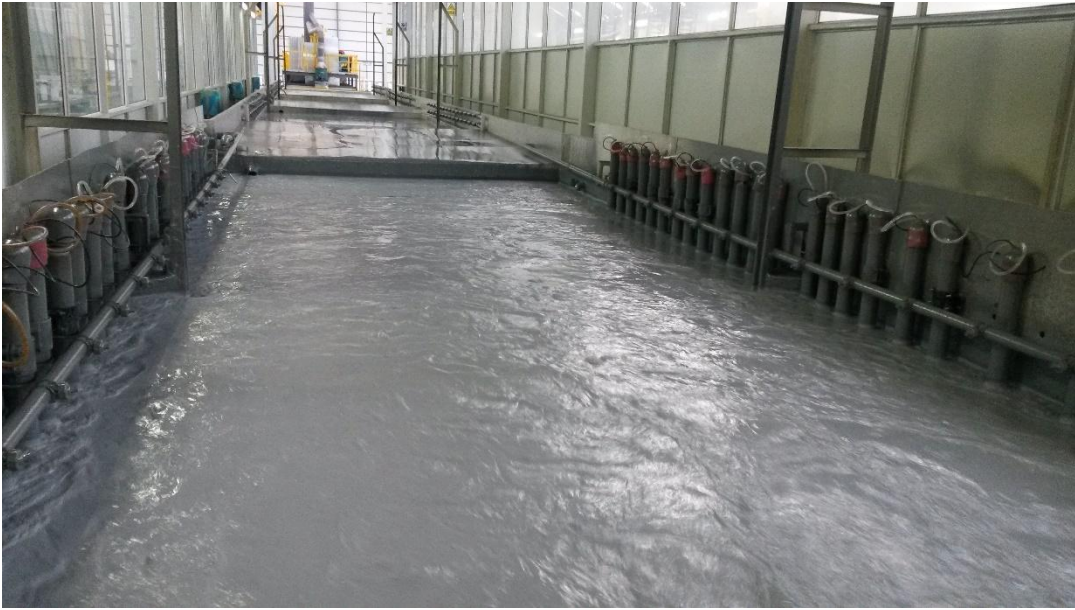
**Anexo 9.** Motores de las bombas E-Coat



**Fuente:** Postulantes



**Anexo 10.** Área de cuba de electrolitos E-Coat



**Fuente:** Postulantes

**Anexo 11.** Cadena de producción en el área de Pintura CIAUTO CIA. LTDA.



**Fuente:** Postulantes

**Anexo 12.** Producto terminado Modelo M4. CIAUTO CIA. LTDA.



**Fuente:** Postulantes

**Anexo 13.** Instalación del analizador de carga AEMC 3945-B



**Fuente:** Postulantes

## **ANEXOS DEL ANÁLISIS:**

### **ÁREA DE SUELDA**

#### **POTENCIA ACTIVA POR LÍNEA ENTREGADA POR EL TRANSFORMADOR DE 400kVA EN EL ÁREA DE SUELDA.**

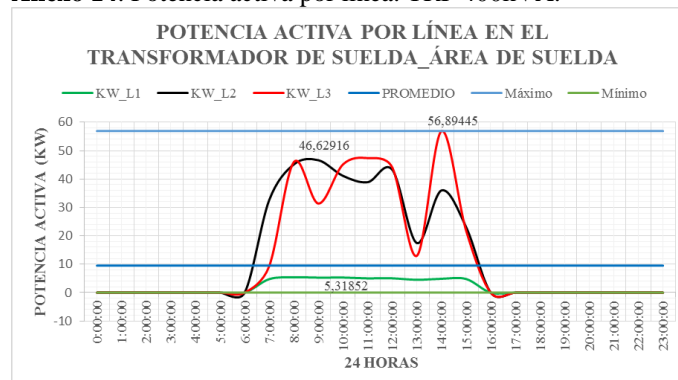
En la siguiente gráfica se puede apreciar la potencia activa entregada por el transformador, cada línea presenta un consumo de:

L1= 5,31 kW,

L2= 46,62kW,

L3= 56,89

**Anexo 14.** Potencia activa por línea. TRF 400kVA.



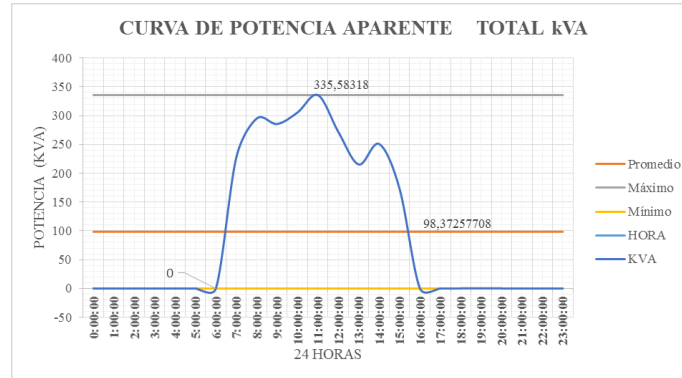
**Fuente:** Postulantes



## POTENCIA APARENTE kVA.

La potencia aparente máxima total del transformador es de 335,58 kVA en el horario de trabajo de las 11:00 am, la potencia media total es de 98,37, con un mínimo de 0 kVA como lo indica la siguiente curva de potencia aparente.

**Anexo 15.** Curva de potencia aparente kVA transformador de 400kVA.

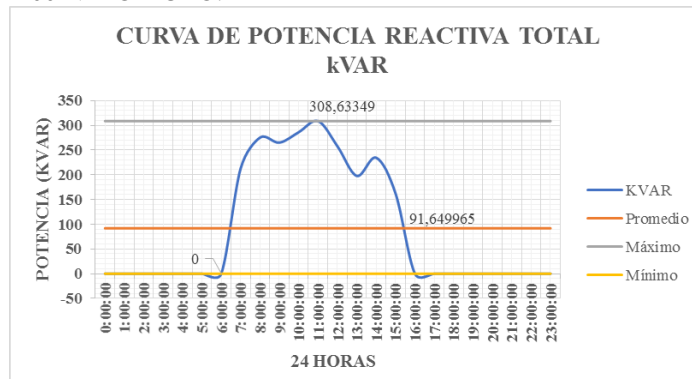


Fuente: Postulantes

## POTENCIA REACTIVA KVAR TRANSFORMADOR 400KVA ÁREA DE SUELDA.

La potencia reactiva total resultante máxima del análisis es de 308,63 kVAR, la potencia reactiva promedio de 91,64 kVAR y un mínimo de 0 kVAR.

**Anexo 16.** Curva de potencia reactiva transformador de 400kVA CIAUTO.

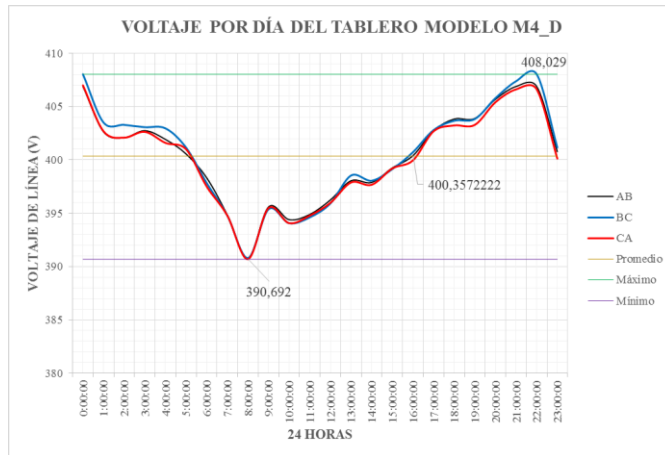


Fuente: Postulantes

## Registro de voltaje en sub tableros lado derecho y lado izquierdo línea de soldadura M4.

Los datos reflejan que debido a la longitud existe una caída de voltaje como se muestran a continuación mediante la representación gráfica de curvas de voltaje.

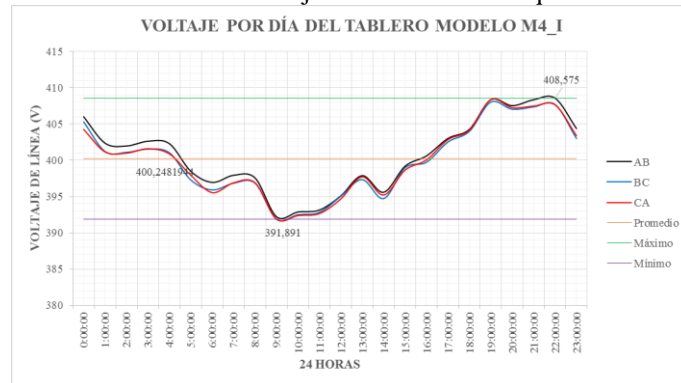
**Anexo 17.** Voltajes existentes en el STD1 lado derecho del M4, TRF 400kVA



**Fuente:** Postulantes.

La siguiente figura y la siguiente tabla de muestran los niveles de voltaje existentes en el sub tablero de distribución 1 del lado izquierdo del M4 presentan una distorsión por el uso de las soldas lo que conlleva a desbalances de voltaje de línea.

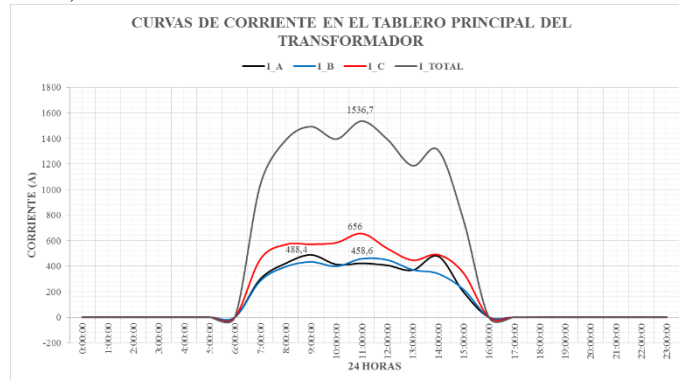
**Anexo 18.** Niveles de voltaje en el STD1 lado izquierdo.



**Fuente:** Postulantes

**VALORES DE CORRIENTE EN EL TRF DE 400 KVA**

**Anexo 19.** Corriente máxima alcanzada en el TDG área de suelda, TRF 400 kVA.

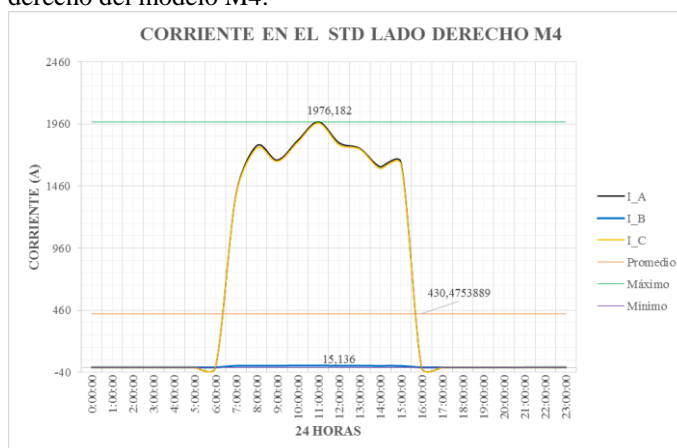


**Fuente:** Postulantes

En este análisis se puede identificar las corrientes máximas alcanzadas en el lapso de 24 horas, al realizar la sumatoria de estas corrientes se puede alcanzar picos máximos de hasta 1536,7 (A), valores que son producidos por la coincidencia de operación de las sueldas.

## CORRIENTES DE SUBTABLEROS DE SUELDA PARA LOS MODELOS M4\_D Y M4\_I.

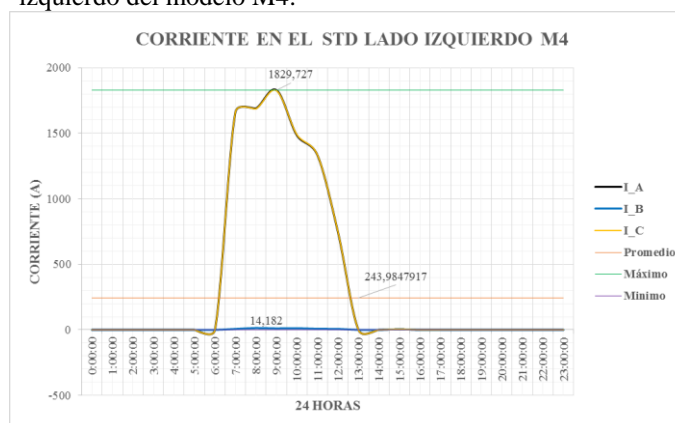
**Anexo 20.** Curva de corriente ocasionada en el STD lado derecho del modelo M4.



**Fuente:** Postulantes

En la gráfica se muestran las corrientes en STD lado derecho ocurren cuando la carga instalada es accionada simultáneamente y existe la coincidencia de los puntos de suelda, alcanzando una corriente elevada de hasta 1976,18 (A) en milésimas de segundos entre las fases (A\_C) de la cual la fase B está desbalanceada presentando un consumo de 15,36 A.

**Anexo 21.** Registro de corriente ocasionada en el STD lado izquierdo del modelo M4.



**Fuente:** Postulantes

En la figura anterior se observa que las fases en uso para este tablero es la A y C, lo que ocasiona un desbalance en la fase B que se encuentra con un valor mínimo de 14,182 Amperios con respecto a la fase A y C que oscilan con corriente pico hasta 1829,7 (A) durante las horas de trabajo diario.

## TABLA DE VALORES DEL FACTOR DE POTENCIA EN EL ÁREA DE SUELDA

**Anexo 22.** Registro del factor de potencia de todo el día, TRF 400 kVA CIAUTO.

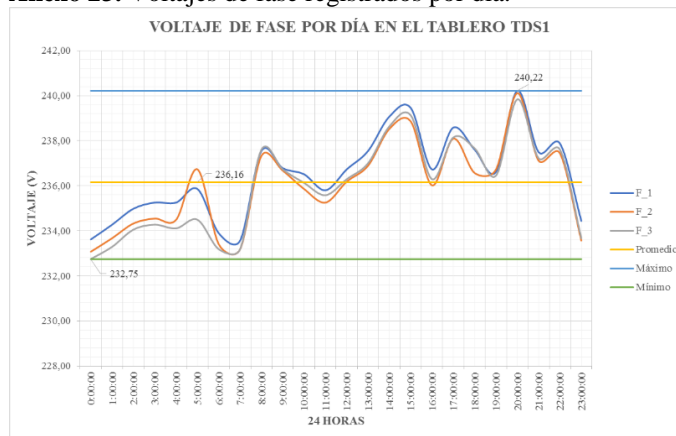
ANÁLISIS DEL FACTOR DE POTENCIA DIARIO				
HORA	FP	PROM	MAX	MIN
0:00:00	0,00	0,31	0,86	0,00
1:00:00	0,00	0,31	0,86	0,00
2:00:00	0,00	0,31	0,86	0,00
3:00:00	0,00	0,31	0,86	0,00
4:00:00	0,00	0,31	0,86	0,00
5:00:00	0,00	0,31	0,86	0,00
6:00:00	0,00	0,31	0,86	0,00
7:00:00	0,83	0,31	0,86	0,00
8:00:00	0,81	0,31	0,86	0,00
9:00:00	0,82	0,31	0,86	0,00
10:00:00	0,81	0,31	0,86	0,00
11:00:00	0,83	0,31	0,86	0,00
12:00:00	0,84	0,31	0,86	0,00
13:00:00	0,81	0,31	0,86	0,00
14:00:00	0,81	0,31	0,86	0,00
15:00:00	0,86	0,31	0,86	0,00
16:00:00	0,00	0,31	0,86	0,00
17:00:00	0,00	0,31	0,86	0,00
18:00:00	0,00	0,31	0,86	0,00
19:00:00	0,00	0,31	0,86	0,00
20:00:00	0,00	0,31	0,86	0,00
21:00:00	0,00	0,31	0,86	0,00
22:00:00	0,00	0,31	0,86	0,00
23:00:00	0,00	0,31	0,86	0,00

**Fuente:** Postulantes

## ANEXOS DE PINTURA

### ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE VOLTAJE DE FASE POR DÍA EN EL TABLERO STD1\_PINTURA

**Anexo 23.** Voltajes de fase registrados por día.

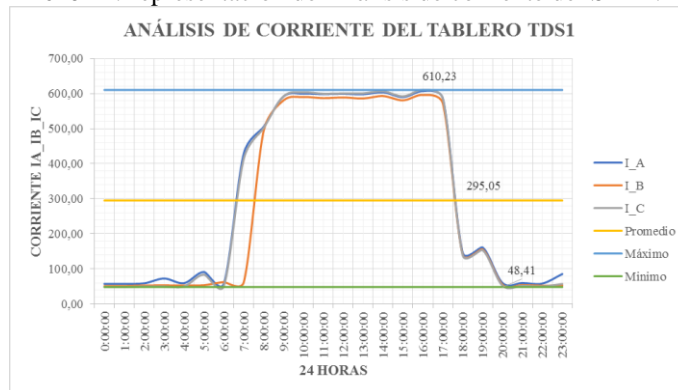


**Fuente:** Postulantes.

Los niveles de voltaje presentes en la gráfica indican que existe una variación brusca de voltaje lo que ocurre que exista un desbalance entre sus fases, ya sea por el arranque de motores que se encuentran presentes en la instalación eléctrica.

## CORRIENTE REGISTRADA EN EL STD1 ÁREA DE PINTURA, TRF 1000 KVA.

Anexo 24. Representación de Análisis de corriente del STD1.

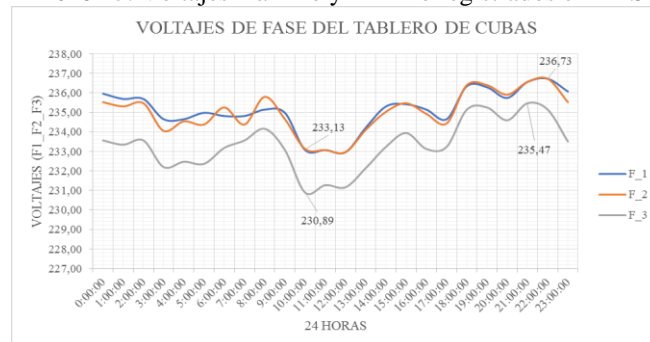


Fuente: Postulantes

Para este análisis las corrientes se encuentran desbalanceadas en el momento de operar la carga conectada al STD1, al momento de operar la carga en horas de trabajo la corriente tiende a balancearse, aunque las fases (A y C) estas balanceadas con respecto a la fase B antes de operar la carga.

## REGISTRO DE VOLTAJES EN EL STD2

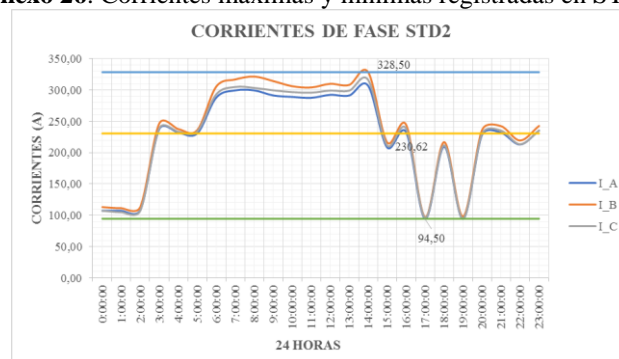
Anexo 25. Voltajes máximo y mínimo registrados en TDS2.



Fuente: Postulantes.

## REGISTRO DE CORRIENTES EN STD2.

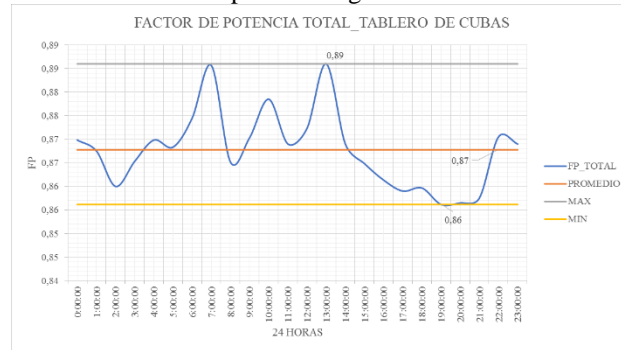
Anexo 26. Corrientes máximas y mínimas registradas en STD2.



Fuente: Postulantes.

## Factor de potencia existente en el STD2, TRF 1000 kVA área de pintura

**Anexo 27.** Factor de potencia registrado en el STD2.



Fuente: Postulantes.

**Anexo 28.** Factor de potencia máximo, promedio y mínimo del tablero STD2\_cubas.

FACTOR DE POTENCIA TOTAL DE FASE DEL TABLERO DE CUBAS		
PROMEDIO	MÁXIMO	MÍNIMO
0,87	0,89	0,86

Fuente: Postulantes.

## Registro de potencias (P\_S\_Q) del transformador en el área de pintura 1000 kVA.

**Anexo 29.** Registro de potencias P, S, Q, TRF 1000kVA. CIAUTO CIA LTDA.

ANÁLISIS DE POTENCIA (P_S_Q) TOTAL DE TODOS LOS DÍAS_PINTURA			
HORA	KW	KVA	KVAR
0:00:00	145,78	157,95	57,09
1:00:00	143,34	154,06	54,12
2:00:00	145,10	156,60	55,95
3:00:00	146,30	158,43	57,68
4:00:00	140,78	152,22	53,72
5:00:00	237,79	264,46	136,36
6:00:00	317,16	335,11	155,43
7:00:00	347,49	364,94	119,84
8:00:00	422,48	450,78	147,78
9:00:00	418,66	445,51	152,73
10:00:00	451,31	478,06	171,46
11:00:00	463,65	498,66	175,50
12:00:00	473,31	502,54	168,49
13:00:00	453,79	484,11	161,18
14:00:00	476,09	508,73	171,68
15:00:00	394,74	419,39	140,03
16:00:00	281,82	299,25	98,73
17:00:00	160,42	167,69	51,91
18:00:00	177,70	187,67	60,45
19:00:00	166,33	175,36	52,87
20:00:00	137,88	146,81	51,81
21:00:00	133,87	144,28	52,95
22:00:00	146,98	159,08	57,41
23:00:00	146,18	158,28	56,87

Fuente: Postulantes.

## TABLA DE VALORES PARA LA CORRIENTE EN EL TRAF0 DE 1000KVA

**Anexo 30.** Registro de corriente total en bornes de bajo voltaje, TRF 1000kVA CIAUTO.

ANÁLISIS DE CORRIENTE TOTAL EN EL ÁREA DE PINTURA						
HORA	I_A	I_B	I_C	PROMEDIO	MÁXIMO	MÍMINO
0:00:00	231,1	231,5	223,7	428,2	759,5	204,7
1:00:00	225	225,6	218,9	428,2	759,5	204,7
2:00:00	227,9	230,3	221,8	428,2	759,5	204,7
3:00:00	233,8	232	224,3	428,2	759,5	204,7
4:00:00	223,7	223,4	216	428,2	759,5	204,7
5:00:00	394	397,4	387,2	428,2	759,5	204,7
6:00:00	495,1	504,6	485	428,2	759,5	204,7
7:00:00	547,2	544,4	544,5	428,2	759,5	204,7
8:00:00	665,5	676,3	663,5	428,2	759,5	204,7
9:00:00	657,2	670,3	659,2	428,2	759,5	204,7
10:00:00	706,8	724,3	710,2	428,2	759,5	204,7
11:00:00	735,4	756	742,5	428,2	759,5	204,7
12:00:00	748	753,2	753,2	428,2	759,5	204,7
13:00:00	710,8	715,9	715,3	428,2	759,5	204,7
14:00:00	743,9	759,5	754,8	428,2	759,5	204,7
15:00:00	611,5	624,3	619,2	428,2	759,5	204,7
16:00:00	441,6	443,7	439,9	428,2	759,5	204,7
17:00:00	242,7	238,2	246	428,2	759,5	204,7
18:00:00	271,4	267,4	276,9	428,2	759,5	204,7
19:00:00	253,3	251,3	257,2	428,2	759,5	204,7
20:00:00	212,2	210,5	210,3	428,2	759,5	204,7
21:00:00	208,4	206,1	204,7	428,2	759,5	204,7
22:00:00	233	232,9	226,6	428,2	759,5	204,7
23:00:00	231,9	232,5	226,5	428,2	759,5	204,7

Fuente: Postulantes.

## FACTOR DE POTENCIA EN BORNES DE BAJO VOLTAJE TRF 1000 KVA

**Anexo 31.** Detalle del factor de potencia medido, TRF 1000kVA CIAUTO.

ANÁLISIS DEL FACTOR DE POTENCIA EN EL ÁREA DE PINTURA				
HORA	FP	Promedio	Máximo	Mínimo
0:00:00	0,94	0,95	0,96	0,93
1:00:00	0,93	0,95	0,96	0,93
2:00:00	0,94	0,95	0,96	0,93
3:00:00	0,94	0,95	0,96	0,93
4:00:00	0,93	0,95	0,96	0,93
5:00:00	0,95	0,95	0,96	0,93
6:00:00	0,95	0,95	0,96	0,93
7:00:00	0,96	0,95	0,96	0,93
8:00:00	0,96	0,95	0,96	0,93
9:00:00	0,96	0,95	0,96	0,93
10:00:00	0,95	0,95	0,96	0,93
11:00:00	0,95	0,95	0,96	0,93
12:00:00	0,95	0,95	0,96	0,93
13:00:00	0,95	0,95	0,96	0,93
14:00:00	0,95	0,95	0,96	0,93
15:00:00	0,96	0,95	0,96	0,93
16:00:00	0,96	0,95	0,96	0,93
17:00:00	0,96	0,95	0,96	0,93
18:00:00	0,96	0,95	0,96	0,93
19:00:00	0,96	0,95	0,96	0,93
20:00:00	0,95	0,95	0,96	0,93
21:00:00	0,95	0,95	0,96	0,93
22:00:00	0,94	0,95	0,96	0,93
23:00:00	0,94	0,95	0,96	0,93

Fuente: Postulantes.

**Anexo 32.** Valores para el cálculo de potencia de pérdidas con carga y en vacío

Para clase medio voltaje ≤ 25 kV de 15 a 2 000 kVA	
Desde 15 kVA hasta 150 kVA :	$P_o = 10,514 \times P_n^{0,7486}$
Mayores de 150 kVA hasta 800 kVA:	$P_o = 13,27 \times P_n^{0,7093}$
Mayores de 800 kVA hasta 2 000 kVA:	$P_o = 1,227 \times P_n + 554,59$
Desde 15 kVA hasta 150 kVA :	$P_c = - 0,0103 \times P_n^2 + 13,892 \times P_n + 106,65$
Mayores de 150 kVA hasta 800 kVA:	$P_c = 10,465 \times P_n + 537$
Mayores de 800 kVA hasta 2 000 kVA:	$P_c = 9,2632 \times P_n + 1875,2$

Fuente: (INEN 2115, 2012)

**Anexo 33.** Transformadores trifásicos 15 a 2 000 kVA Clase medio voltaje ≤ 25 kV Clase bajo voltaje ≤1,2 referidos a 85° C

POTENCIA NOMINAL (kVA)	I <sub>o</sub> (% de I <sub>n</sub> )	P <sub>o</sub> (W)	P <sub>c</sub> (W)	P <sub>t</sub> (W)	U <sub>zn</sub> (%)
15	4,4	80	313	393	3,0
30	3,6	134	514	648	3,0
45	3,6	182	711	893	3,0
50	3,4	197	776	973	3,0
60	3,2	225	903	1 128	3,5
75	2,6	266	1 094	1 360	3,5
100	2,6	330	1 393	1 723	3,5
112,5	2,6	361	1 539	1 900	3,5
125	2,6	390	1 682	2 072	3,5
150	2,4	447	1 959	2 406	4,0
160	2,5	486	2 211	2 697	4,0
200	2,1	569	2 630	3 199	4,0
225	2,1	618	2 892	3 510	4,0
250	2,1	666	3 153	3 819	4,0
300	2,0	758	3 677	4 435	4,5
350	2,0	846	4 200	5 046	4,5
400	1,9	930	4 730	5 660	4,5
500	1,7	1 090	5 770	6 860	5,0
630	1,6	1 284	7 170	8 454	5,0
750	1,6	1 453	8 386	9 839	5,0
800	1,6	1 521	8 909	10 430	5,0
1 000	1,6	1 782	11 138	12 920	5,0
1 250	1,5	2 088	13 454	15 542	6,0
1 500	1,5	2 395	15 770	18 165	6,0
1 600	1,5	2 518	16 696	19 214	6,0
2 000	1,5	3 009	20 402	23 411	6,0

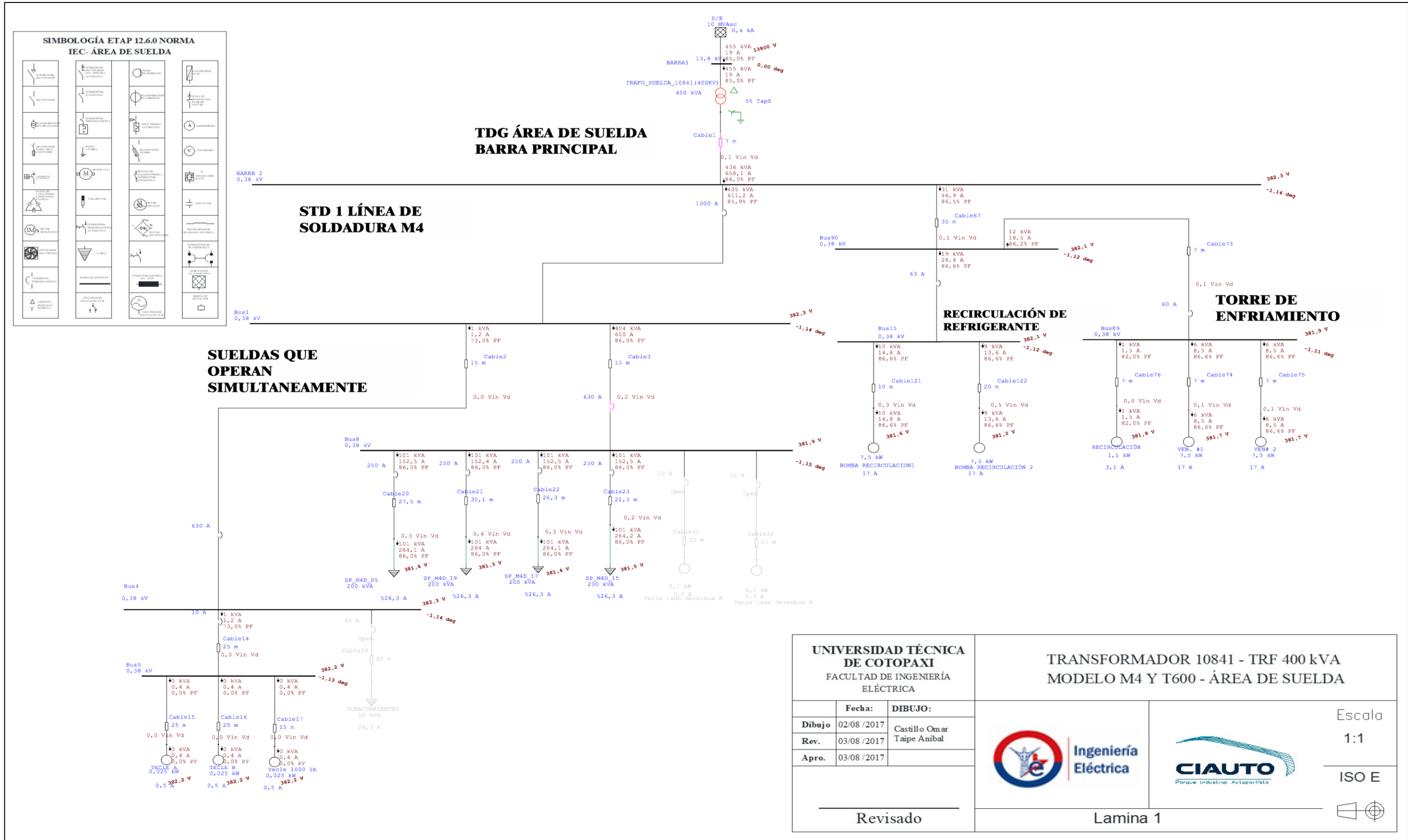
Fuente: (INEN 2115, 2012)





# FLUJO DE CARGA DEL ÁREA DE SUELDA EN ETAP 12.6.0.

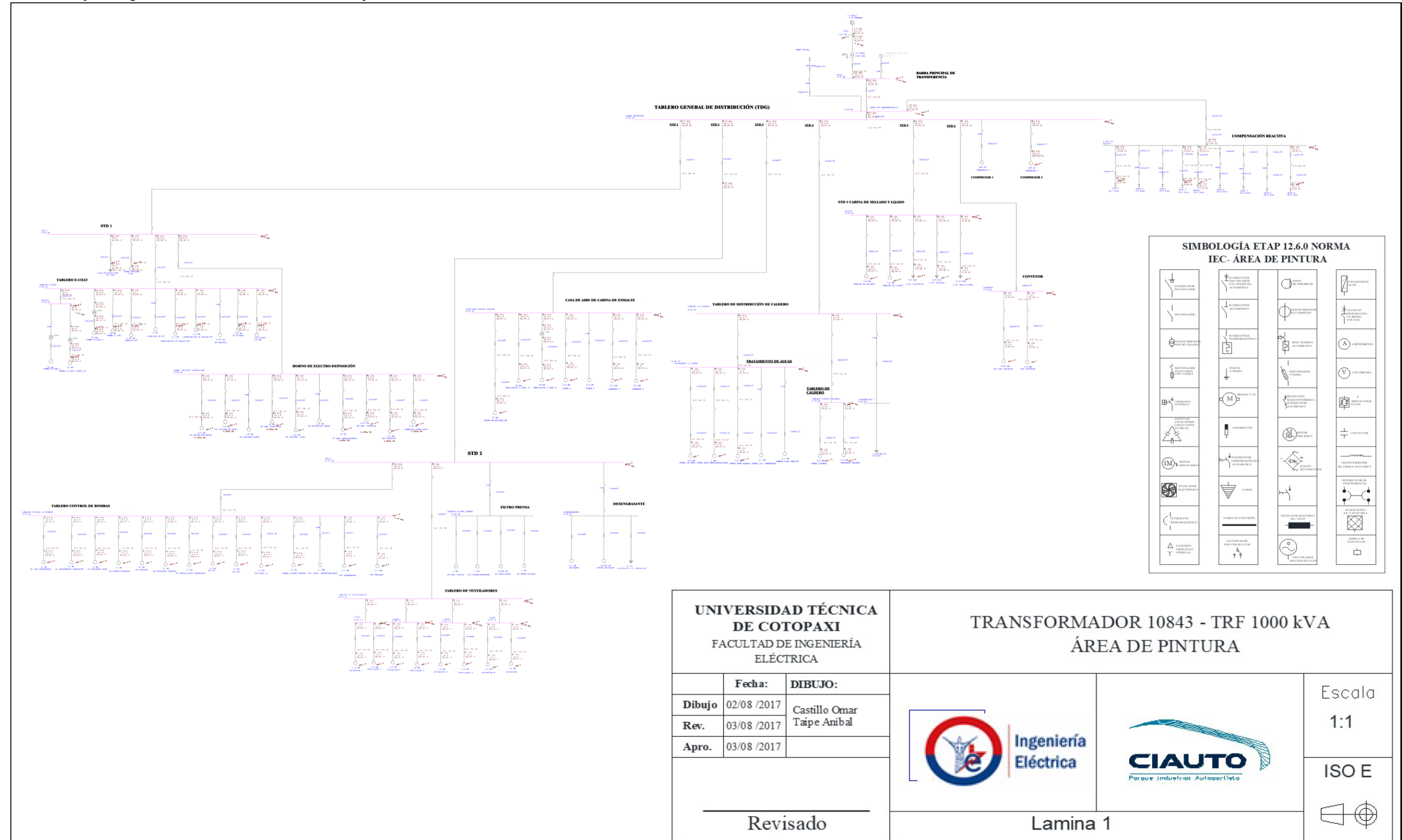
Anexo 35. Simulación en ETAP del área de solda. CIAUTO CIA. LTDA.



Fuente: Postulantes

# FLUJO DE CARGA DEL ESTADO ACTUAL DEL ÁREA DE PINTURA SIMULADO EN EL SOFTWARE ETAP 12.6.0.

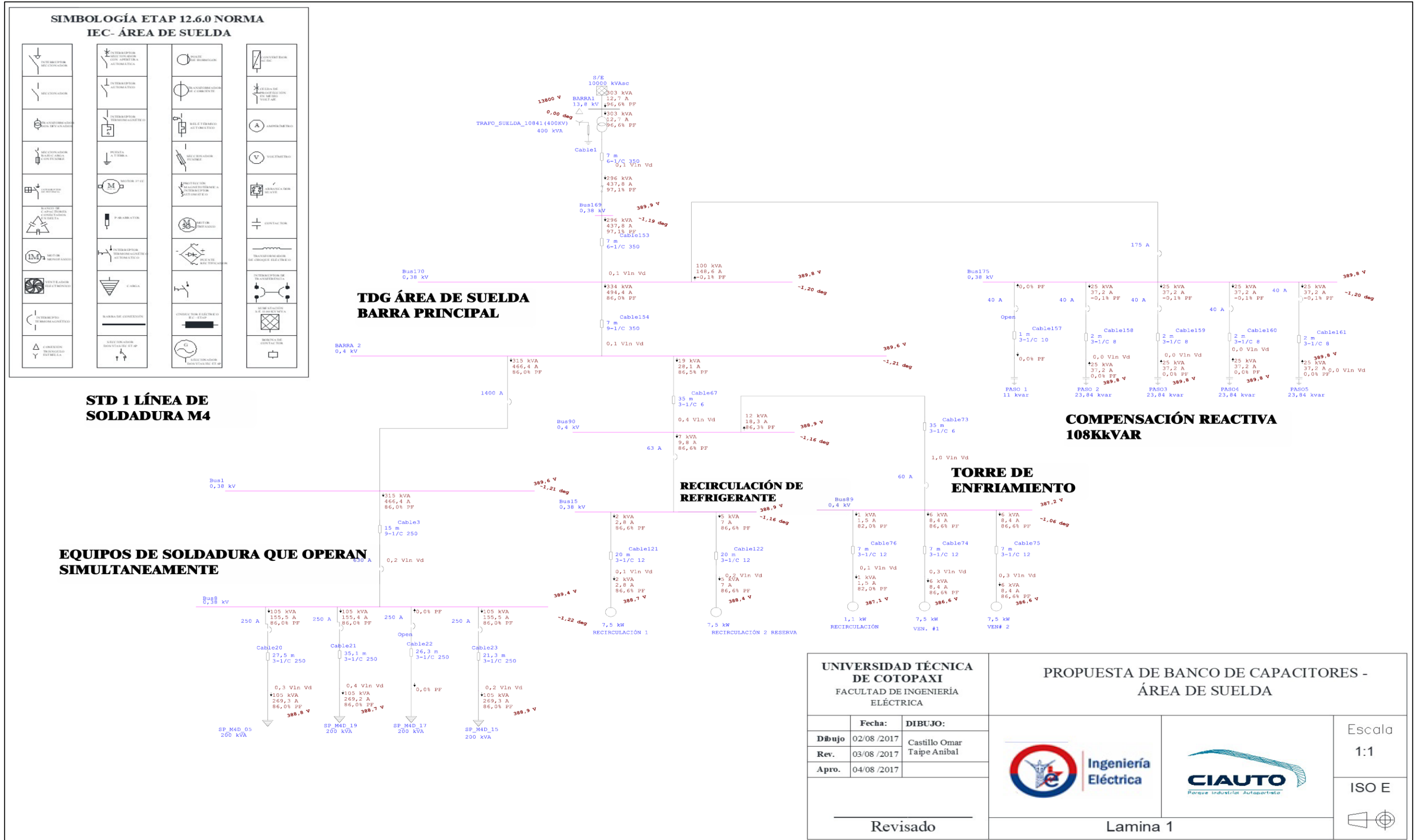
Anexo 36. Flujo de carga en el software ETAP.12.6.0 en el área de pintura en el estado actual



Fuente: Postulantes

# FLUJO DE CARGA PROPUESTO CON UN BANCO DE CAPACITORES VARIABLE EN EL ÁREA DE SUELDA.

Anexo 37. Flujo de carga propuesto para el área de solda



Fuente: Postulantes





# FLUJO DE CARGA EN EL SOFTWARE ETAP 12.6.0 DEL TRANSFORMADOR DE 600 KVA, EN REEMPLAZO DEL TRANSFORMADOR DE 400 KVA.

Anexo 39. Análisis del flujo de carga al implementar un transformador de 600 kVA en el área de suelda.

