



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y  
APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELECTRICOS  
DE POTENCIA

TESIS DE GRADO

TEMA:

**“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE  
DISTRIBUCIÓN DE BAJO VOLTAJE PARA DETERMINAR LA  
CARGABILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA  
AGRINAG UBICADA EN LA PARROQUIA JOSEGUANGO BAJO  
DEL CANTÓN LATACUNGA EN EL PERIODO ABRIL –  
DICIEMBRE 2015”**

Tesis presentada previa a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia.

**Autor:**

Taday Álvarez Cesar Augusto

**Director de Tesis:**

Ing. Proaño Xavier

**Asesor Metodológico:**

Lcda. Susana Pallasco

**Latacunga – Ecuador**

**Abril, 2016**



## FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado 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; por cuanto, l@s postulantes:

- Cesar Augusto Taday Álvarez

Con la tesis, cuyo título es:

“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE BAJO VOLTAJE PARA DETERMINAR LA CARGABILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA AGRINAG UBICADA EN LA PARROQUIA JOSEGUANGO BAJO DEL CANTÓN LATACUNGA EN EL PERIODO ABRIL – DICIEMBRE 2015”

Ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

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

Latacunga, Abril del 2016

Para constancia firman:

Ing. Franklin Medina  
**PRESIDENTE**

Dr. Raúl Montaluiza  
**MIEMBRO**

Ing. Iliana Gonzalez  
**OPOSITOR**

Ing. Xavier Proaño  
**TUTOR (DIRECTOR)**

## AUTORÍA

La responsabilidad del contenido y los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación **“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE BAJO VOLTAJE PARA DETERMINAR LA CARGABILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA AGRINAG UBICADA EN LA PARROQUIA JOSEGUANGO BAJO DEL CANTÓN LATACUNGA EN EL PERIODO ABRIL – DICIEMBRE 2015”**, es de exclusiva responsabilidad del autor.



Taday Álvarez Cesar Augusto

C.I. 060449275 - 1



## AVAL DEL DIRECTOR

En calidad de Director de Trabajo de Investigación sobre el tema:

**“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE BAJO VOLTAJE PARA DETERMINAR LA CARGABILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA AGRINAG UBICADA EN LA PARROQUIA JOSEGUANGO BAJO DEL CANTÓN LATACUNGA EN EL PERIODO ABRIL – DICIEMBRE 2015”**

Del señor estudiante: Cesar Augusto Taday Álvarez, postulante de la Carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia.

### CERTIFICO QUE:

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la Evaluación del Tribunal de Validación de Tesis que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Abril del 2016

Ing. Proaño Maldonado Xavier Alfonso

DIRECTOR DE TESIS



## AVAL DE ASESOR METODOLÓGICO

En calidad de Asesor Metodológico del Trabajo de Investigación sobre el tema:

**“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE BAJO VOLTAJE PARA DETERMINAR LA CARGABILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA AGRINAG UBICADA EN LA PARROQUIA JOSEGUANGO BAJO DEL CANTÓN LATACUNGA EN EL PERIODO ABRIL – DICIEMBRE 2015”**,  
Del señor estudiante: Cesar Augusto Taday Álvarez, postulante de la Carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia.

### CERTIFICO QUE:

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la Evaluación del Tribunal de Validación de Tesis que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Abril del 2016

Lcdá. Susana Pallasco

ASESOR METODOLÓGICO



Latacunga, Abril del 2016

## CERTIFICADO

En calidad de Representante Legal de la Empresa Agrinag S.A. A petición verbal del interesado certifico que:

El señor, Taday Álvarez Cesar Augusto, portador de la cedula de ciudadanía No 060449275-1 realizo la tesis de grado con el tema:

Análisis de la demanda eléctrica del sistema de distribución de bajo voltaje para determinar la cargabilidad del sistema eléctrico de la empresa Agrinag S.A. ubicada en la parroquia Joseguango Bajo del Cantón Latacunga en el periodo Abril – Diciembre 2015.

Bajo la supervisión de esta área, siguiendo todos los lineamientos y requerimientos establecidos por la empresa.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultad al interesado hacer uso de este documento en forma de que estime conveniente.

Atentamente.



Ing. Jorge Eduardo Peñafiel  
Representante Legal

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios, por su bondad y su generosidad, por concederme la oportunidad de estudiar y culminar con mi meta, por las bendiciones que me ha brindado y lograr un sin número de sueños, tanto profesionales y personales en mi vida.*

*A mi director de tesis, el Ing. Proaño Xavier, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación ha facilitado la culminación de este proyecto.*

*Al, Ing. Jorge Peñafiel Gerente Administrativo de la empresa AGRINAG S.A., a Gladys Endara por su valiosa colaboración, en beneficio de este tema de investigación.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por acogerme en sus aulas y darme la oportunidad de estudiar, a la Empresa AGRINAG S.A., por abrirme sus puertas y permitir realizar el presente Trabajo de Investigación.*

**Cesar Augusto...**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres, que con su esfuerzo constante, su compañía permanente, su amistad sincera y más aún por su amor incondicional.*

*A mi esposa por estar conmigo ya que de no ser por ella no hubiera sido posible culminar esta etapa de mi vida soy muy afortunado de tenerla a mi lado.*

*A mis hijos, a mis familiares y amigos por el apoyo y la ayuda brindada a lo largo de mi carrera universitaria y de mi vida.*

*A mis profesores por sus conocimientos y experiencias transmitidos en beneficio de mi formación académica.*

*Cesar Augusto...*



# ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>PRELIMINARES</b>	<b>PAG.</b>
PORTADA.....	i
AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL DIRECTOR.....	iii
AVAL DE ASESOR METODOLÓGICO.....	iv
CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Bases Teóricas.....	3
1.2.1 Sistema de Distribución.....	3
1.2.2 Tipos de Sistemas de Distribución.....	4
1.2.2.1 Instalación aérea.....	4
1.2.2.2 Instalación subterránea.....	4
1.2.3 Transformador de Distribución.....	4
1.3 Conductores Eléctricos.....	5
1.3.1 Conductores Preensamblados para Redes Aéreas de Bajo Voltaje.....	5
1.3.3 Caídas de Voltaje en los Conductores Eléctricos.....	6
1.3.4 Calculo de Caída de Voltaje (Conductores Eléctricos).....	7

1.3.5 Tipo de Motores .....	7
1.3.5.1 Motores eficientes en el consumo de energía eléctrica.....	8
1.4 Regulación ARCONEL No. 004/01.....	9
1.4.1 Calidad del Producto.....	9
1.4.1.1 Nivel de voltaje.....	9
1.5 Simulación del Sistema de Distribución de Bajo Voltaje en la Empresa AGRINAG S.A. ....	11
1.5.1 Descripción del Software de Simulación .....	12
1.5.2 Parametrización del Espacio de Trabajo.....	12
1.5.3 Parametrización de los Circuitos.....	13
1.5.4 Paleta de Componentes .....	14
1.5.5 Cálculos que Realiza NEPLAN .....	14
1.6 Potencia y Demanda.....	15
1.6.1 Potencia Instantánea.....	15
1.6.2 Demanda .....	16
1.6.2.1 Demanda máxima o pico.....	16
1.6.2.2 Demanda promedio.....	16
1.6.2.3 Demanda máxima unitaria o individual.....	16
1.6.2.4 Demanda diversificada.....	17
1.6.3 Carga instalada.....	17
1.7 Factor de Potencia (FP).....	17
1.7.1 Causas del Bajo Factor de Potencia (FP) .....	18
1.7.2 Consecuencias del Bajo Factor de Potencia (FP).....	18
1.7.3 Métodos Para Corregir el Bajo Factor de Potencia (FP).....	19
1.8 Métodos Para Proyectar la Demanda .....	20
1.8.1 Métodos Perspectivos .....	20
1.8.1.1 Métodos Estadísticos.....	20
1.8.1.2 Métodos Econométricos.....	21
1.8.2 Métodos Normativos.....	21
1.8.3 Métodos de Confrontación Oferta - Demanda.....	21
1.9 Analizador de Calidad de Energía Eléctrica .....	22
1.9.1 Analizador Trifásico de Calidad Eléctrica .....	22

1.10 Carga Eléctrica .....	23
1.10.1 Tipos de Carga .....	23
1.10.1.1 Cargas resistivas.....	24
1.10.1.2 Cargas inductivas. ....	24
1.10.1.3 Cargas capacitivas.....	24
1.10.2 Tableros Eléctricos de Distribución .....	24
1.10.2.1 Ubicación de los tableros de distribución. ....	25
1.10.3 Dispositivos de Protección .....	25
1.10.3.1 Interruptor termomagnético. ....	26
1.10.3.2 Coordinación de las protecciones diferenciales. ....	26
1.11 Cargabilidad del Sistema Eléctrico de Distribución de Bajo Voltaje .....	27
1.11.1 Cargabilidad en los Transformadores .....	27
1.11.2 Cargabilidad en Conductores Eléctricos .....	28
1.12 Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones Eléctricas (Utilización).....	28
1.12.1 Objetivo.....	28
1.12.2 Campo de Aplicación.....	29
1.12.3 Referencias .....	30
1.12.4 Lineamientos para la Aplicación de las Especificaciones en las Instalaciones Eléctricas (Utilización). ....	30
1.12.4.1 Objetivo.....	30
1.12.4.2 Características de las especificaciones de la norma oficial mexicana. ...	31
CAPITULO II .....	32
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	32
2.1 Aspectos Generales de la Empresa AGRINAG S.A.....	32
2.1.1 Reseña Histórica de la Empresa AGRINAG S.A. ....	32
2.1.2 Área Donde se Encuentra Ubicada la Empresa AGRINAG S.A. ....	33
2.1.3 Misión y Visión de la Empresa AGRINAG S.A. ....	33
2.1.3.1 Misión de la empresa AGRINAG S.A.....	33
2.1.3.2 Visión de la empresa AGRINAG S.A. ....	34
2.1.4 Principios Fundamentales .....	34
2.2 Diseño Metodológico .....	34

2.2.1 Métodos de Investigación .....	34
2.2.1.1 Método Hipotético Deductivo.....	34
2.2.1.2 Método Analítico. ....	34
2.2.1.3. Método Inductivo – Deductivo. ....	35
2.2.2. Tipos de Investigación .....	35
2.2.2.1 Investigación Bibliográfica .....	35
2.2.2.2. Investigación de Campo.....	35
2.2.2.3 Investigación Experimental.....	35
2.2.3 Técnicas de Investigación Aplicada.....	35
2.2.3.1 Observación.....	35
2.2.3.2 Entrevista.....	36
2.2.3.2.1 Ficha de entrevista.....	36
2.2.3.2.2 Resultados de la investigación de campo.....	36
2.3 Hipótesis.....	36
2.3.1 Operacionalización de Variables.....	37
2.3.1.1 Operacionalización de la Variable Independiente: .....	37
2.3.1.2 Operacionalización de la Variable Dependiente:.....	38
2.4 Análisis e Interpretación de Resultados de la Entrevista .....	39
2.4.1 Análisis e Interpretación de Resultados de la Entrevista Realizada al Ing. Jorge Peñafiel Gerente Administrativo de la Empresa AGRINAG S.A.....	39
2.5 Levantamiento de Información de Cargas en la Empresa AGRINAG S.A. ...	41
2.5.1 Diagrama Unifilar .....	42
2.5.1.1 Descripción de las áreas de estudio.....	44
2.5.2 Información de los Transformadores de la Empresa AGRINAG S.A. ....	44
2.6 Parámetros Eléctricos Medidos en la Empresa Florícola AGRINAG S.A. ....	45
2.6.1 Medición en el Transformador No. 9616.....	45
2.6.2 Medición en el Transformador No. S/N.....	48
2.6.3 Medición en el Transformador No. 1775.....	50
2.6.4 Medición en el Transformador No. 1523.....	53
2.6.5 Información de los Conductores Eléctricos de Bajo Voltaje. ....	56
2.7 Simulación Estado Actual de la Empresa AGRINAG S.A. en el Software NEPLAN .....	56

2.7.1 Resultados de la Simulación por Transformador .....	57
2.8 Verificación de la Hipótesis .....	68
2.8.1 Enunciado de la Hipótesis .....	68
2.8.2 Verificación.....	68
CAPÍTULO III.....	70
DESARROLLO DEL ANÁLISIS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE BAJO VOLTAJE PROPUESTO REALIZAR EN LA EMPRESA AGRINAG S.A.....	70
3.1. Desarrollo de la Propuesta .....	70
3.1.1 Tema.....	70
3.1.2 Presentación .....	70
3.1.3 Justificación de la Propuesta .....	71
3.2 Objetivos .....	73
3.2.1 Objetivo General .....	73
3.2.2 Objetivos Específicos.....	73
3.3 Análisis de Factibilidad.....	73
3.3.1 Factibilidad Técnica.....	73
3.3.1.1 Beneficios a obtenerse con la incorporación de capacitores .....	73
3.3.2 Factibilidad Económica.....	74
3.3.2.1 Presupuesto de los capacitores (Instalación).....	74
3.3.3 Análisis Económico con y sin Capacitores en la Empresa AGRINAG S.A. 75	
3.3.3.1 Costo del consumo de energía del sistema actual y proyectado .....	76
3.3.3.2 Costo de operación y mantenimiento del sistema actual y proyectado.....	77
3.3.4 Retorno de la Inversión del Sistema Proyectado.....	77
3.3.5 Cálculo del VAN y la TIR .....	79
3.4 Procedimiento del Análisis del Sistema de Bajo Voltaje.....	81
3.4.1 Modelo de Simulación .....	81
3.4.3 Pérdidas que se genera en el área No. 3 de la empresa AGRINAG S.A. ....	82
3.5 Diseño del Banco de Capacitores Trifásicos.....	83
3.5.1 Calculo del Banco de Capacitores para el Mejoramiento del Factor de Potencia de 0,84 a 0.98.....	83
3.5.1.1 Calculo de la potencia reactiva en kVAr para la corrección del factor de potencia por día. ....	85

3.5.1.2 Armado del banco de condensador .....	87
3.6 Conclusiones y Recomendaciones .....	90
3.6.1 Conclusiones .....	90
3.6.2 Recomendaciones.....	91
3.7 Términos Básicos .....	92
3.8 Bibliografía .....	94
3.8.1 Bibliografía Básica.....	94
3.8.2 Bibliografía Citada .....	94
3.8.3 Bibliografía Electrónica .....	96
ANEXOS .....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1 CABLE PREENSAMBLADO PARA BAJO VOLTAJE.....	6
FIGURA N° 2 CARACTERÍSTICA DE LA VENTANA PRINCIPAL .....	13
FIGURA N° 3 PARAMETRIZACIÓN DE LOS CIRCUITOS .....	13
FIGURA N° 4 PALETA DE COMPONENTES .....	14
FIGURA N° 5 TIPOS DE INSTALACIONES DE CAPACITORES PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA.....	20
FIGURA N° 6 EMPRESA FLORÍCOLA AGRINAG S.A. ....	33
FIGURA N° 7 DIAGRAMA UNIFILAR DE BAJO VOLTAJE DE LA EMPRESA AGRINAG S.A. ....	43
FIGURA N° 8 VARIACIÓN DE VOLTAJE TRANSFORMADOR No. 9616 ..	46
FIGURA N° 9 POTENCIA POR FASE DEL TRANSFORMADOR No. 9616..	46
FIGURA N° 10 F. P. DEL TRANSFORMADOR No. 9616 .....	47
FIGURA N° 11 VARIACIÓN DE VOLTAJE TRANSFORMADOR No. S/N..	48
FIGURA N° 12 POTENCIA POR FASE DEL TRANSFORMADOR No. S/N .	49
FIGURA N° 13 F. P. DEL TRANSFORMADOR No. S/N .....	49
FIGURA N° 14 VARIACIÓN DE VOLTAJE TRANSFORMADOR No. 1775	51
FIGURA N° 15 POTENCIA POR FASE DEL TRANSFORMADOR No. 1775	51
FIGURA N° 16 F. P. DEL TRANSFORMADOR No. 1775 .....	52
FIGURA N° 17 VARIACIÓN DE VOLTAJE TRANSFORMADOR No. 1523	54
FIGURA N° 18 POTENCIA POR FASE DEL TRANSFORMADOR No. 1523	54
FIGURA N° 19 F. P. DEL TRANSFORMADOR No. 1523 .....	55
FIGURA N° 20 DIAGRAMA DE BAJO VOLTAJE TRANSFORMADOR No. 9616.....	57
FIGURA N° 21 DIAGRAMA DE BAJO VOLTAJE TRANSFORMADOR No. S/N .....	60
FIGURA N° 22 DIAGRAMA DE BAJO VOLTAJE TRANSFORMADOR No. 1775.....	62
FIGURA N° 23 DIAGRAMA DE BAJO VOLTAJE TRANSFORMADOR No. 1523.....	65
FIGURA N° 24 SIMULACIÓN ÁREA PROPUESTA .....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 LIMITES DE LA VARIACIÓN DE VOLTAJE .....	11
TABLA N° 2 DATOS DE LOS DIFERENTES TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA AGRINAG S.A.....	44
TABLA N° 3 LEVANTAMIENTO DE CARGA DEL ÁREA No. 1.....	45
TABLA N° 4 RESUMEN POR DÍA DEL TRANSFORMADOR No. 9616 .....	47
TABLA N° 5 LEVANTAMIENTO DE CARGA DEL ÁREA No. 2.....	48
TABLA N° 6 RESUMEN POR DÍA DEL TRANSFORMADOR No. S/N .....	50
TABLA N° 7 LEVANTAMIENTO DE CARGA DEL ÁREA No. 3.....	50
TABLA N° 8 RESUMEN POR DIA DEL TRANSFORMADOR No. 1775 .....	52
TABLA N° 9 LEVANTAMIENTO DE CARGA DEL ÁREA No. 4.....	53
TABLA N° 10 RESUMEN POR DÍA DEL TRANSFORMADOR No. 1523 ....	55
TABLA N° 11 RESULTADO TRANSFORMADOR No. 9616 .....	58
TABLA N° 12 PÉRDIDAS GENERADAS EN EL ÁREA No. 1 .....	59
TABLA N° 13 RESULTADO TRANSFORMADOR No. S/N .....	60
TABLA N° 14 PÉRDIDAS GENERADAS EN EL ÁREA No. 2 .....	62
TABLA N° 15 RESULTADO TRANSFORMADOR No. 1775 .....	63
TABLA N° 16 PÉRDIDAS GENERADAS EN EL ÁREA No. 3 .....	64
TABLA N° 17 RESULTADO TRANSFORMADOR No. 1523 .....	66
TABLA N° 18 PÉRDIDAS GENERADAS EN EL ÁREA No. 4 .....	67
TABLA N° 19 COSTO DE LA INSTALACIÓN .....	75
TABLA N° 20 COSTO DE LA PROPUESTA .....	75
TABLA N° 21 COSTO DE LA ENERGÍA.....	76
TABLA N° 22 AHORRO DE USD POR AÑO EN AGRINAG S.A. ....	76
TABLA N° 23 COSTO TOTAL DE O/M SISTEMA ACTUAL .....	77
TABLA N° 24 COSTO TOTAL O/M DEL SISTEMA PROYECTADO .....	77
TABLA N° 25 AÑOS DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.....	78
TABLA N° 26 DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA TIR Y EL VAN.....	79
TABLA N° 27 FLUJOS DE EFECTIVOS PROYECTADO .....	79
TABLA N° 28 CÁLCULO DEL VAN.....	80
TABLA N° 29 CÁLCULO DEL LA TIR .....	80



TABLA N° 30 TABLA RESUMEN DE LA PERDIDAS EN EL AREA No. 3 .	82
TABLA N° 31 VALORES CALCULADOS DE $Q_c$ QUE SE NECESITAN PARA MEJORAR EL FP.....	85
TABLA N° 32 VALORES MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE POTENCIA REACTIVA CALCULADA.....	86

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 (1.3.4) .....	7
Ecuación 2 (1.3.4) .....	7
Ecuación 3 (1.3.4) .....	7
Ecuación 4 (1.3.4) .....	7
Ecuación 5 (1.3.4) .....	7
Ecuación 6 (1.4.1.1.) .....	9
Ecuación 7 (1.6.5) .....	18
Ecuación 8 (1.6.5) .....	18
Ecuación 9 (3.3.5) .....	79
Ecuación 10 (3.3.5) .....	79
Ecuación 11 (3.5.1) .....	83
Ecuación 12 (3.5.1) .....	83
Ecuación 13 (3.5.1) .....	84
Ecuación 14 (3.5.1) .....	84
Ecuación 15 (3.5.1) .....	84
Ecuación 16 (3.5.1) .....	84



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIAS Y APLICADAS**  
**Latacunga – Ecuador**

---

**TEMA:** “ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE BAJO VOLTAJE PARA DETERMINAR LA CARGABILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA AGRINAG UBICADA EN LA PARROQUIA JOSEGUANGO BAJO DEL CANTÓN LATACUNGA EN EL PERIODO ABRIL – DICIEMBRE 2015”.

**Autor:** Taday Álvarez Cesar Augusto

## **RESUMEN**

El presente proyecto se enmarca en el estudio del sistema eléctrico de bajo voltaje de la empresa AGRINAG S.A., por ende dicho estudio parte desde los transformadores que sirven a la carga de la empresa, hasta el punto más alejado que se encuentre dicho circuito derivado, para lo cual fue necesario como primer paso realizar el levantamiento de la carga de cada uno de los centros de transformación, planos eléctricos, ya que la empresa no cuenta con ninguno de estos datos para la realización de este proyecto de investigación. Una vez obtenida esta información se procedió a la colocación de unos equipos de medición en este caso son los analizadores de carga en los cuatro transformadores de la empresa para posteriormente descargar la información a Excel, los parámetros eléctricos que se evaluaron son niveles de voltaje, potencia activa, potencia aparente, potencia reactiva, corriente, cuyos resultados fueron contrastados con la REGULACIÓN DEL ARCONEL 004/01, que tiene que ver con la calidad del servicio eléctrico. El alcance contempla, plantear estrategias de solución utilizando el software de simulación NEPLAN, para llegar a la meta establecida de determinar la cargabilidad de los sistemas eléctrico de bajo voltaje de la empresa. Además de elaborar la propuesta mediante la simulación en la cual se visualiza el estado del sistema sin las irregularidades técnicas mencionadas al inicio, con esto se lograra cumplir con la regulación sobre la calidad de servicio.



# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

## ACADEMIC UNIT OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCE

### Latacunga – Ecuador

---

**TOPIC:** “ANALYSIS OF ELECTRICITY DEMAND DISTRIBUTION SYSTEM LOW VOLTAGE TO DETERMINE THE ENTERPRISE CHARGEABILITY AGRINAG ELECTRICAL LOCATED IN JOSEGUANGO PARISH LATACUNGA CANTON IN THE PERIOD APRIL - DECEMBER 2015”.

**Author:** Taday Alvarez Cesar Augusto

## ABSTRACT

This project is part of the study of low-voltage electrical system in the company AGRINAG S.A. therefore this study part from the electrical transformers that serve the charge in the enterpraise, to the farthest point that the circuit is derived, so it was necessary as a first step to survey the electrical charge in each transformer, electrical plans, since the company does not have any such information to carry out this project. Once this information is done the placement of a measurement equipment in this case load analyzers in the four electrical transformers to the company, and later dowload the imformation to Excel, the electrical parameters that were evaluated are voltaje level, active power, apparent power, reactive power, current and the results were compared whit the regulation ARCONEL 004/01, which has to do with the quality of electricity service. The scope includes, raise solving strategies using simulation software NEPLAN to reach the established goal of determining the chargeability of low voltage electrical systems in the company. In addition to developing the proposal by simulation in which the system status is displayed if the technical irregularities mentioned at the beginning, whit this being achieved comply with regulation on the quality of service.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

## CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

### ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; **M.S.C ALISON MENA BARTHELOTTY** con cedula de identidad 050180125-2 **CERTIFICO** que he realizado la respectiva revisión del ABSTRACT, con el tema **“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE BAJO VOLTAJE PARA DETERMINAR LA CARGABILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA AGRINAG UBICADA EN LA PARROQUIA JOSEGUANGO BAJO DEL CANTÓN LATACUNGA EN EL PERIODO ABRIL – DICIEMBRE 2015”**, cuyo autor es: Taday Álvarez Cesar Augusto y el director de tesis Ing. Proaño Xavier.

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, Abril del 2016

M.S.C ALISON MENA BARTHELOTTY

C.I. 050180125-2

# INTRODUCCIÓN

El interés de la empresa AGRINAG S.A. por mejorar la calidad del servicio eléctrico en las diferentes áreas de producción de las diferentes variedades de rosas, ha motivado a que se realice este estudio, con el propósito de generar beneficios técnicos y económicos, lo cual conlleva al uso de técnicas que den una óptima solución operativa de los equipos eléctricos, es por ello que se opta por un análisis a fondo del sistema de distribución de bajo voltaje de la empresa.

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad presentar una propuesta que permita determinar la cargabilidad del sistema eléctrico de la empresa AGRINAG S.A., mediante la simulación del sistema de bajo voltaje en el software NEPLAN, el cual permitirá determinar la aérea con problemas de calidad de servicio eléctrico para luego tomar decisiones que sean en beneficio de la empresa.

El proyecto está constituido por tres capítulos, en el Capítulo I se desarrolla el Marco Teórico, donde se trata de manera general la fundamentación teórica de la investigación realizada, en base al sistema de distribución de bajo voltaje, la regulación ARCONEL 004/01 vigente sobre la Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución en el país, por último la NOM (Norma Oficial Mexicana) que establece las especificaciones y lineamientos que deben satisfacer las instalaciones eléctricas, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas.

En el Capítulo II, se desarrolla la metodología aplicada como es la entrevista con la que se realiza el análisis e interpretación de resultados, con los datos obtenidos evaluar las condiciones actuales del sistema de distribución de bajo voltaje.

En el Capítulo III, se desarrolla la propuesta, una simulación del sistema de distribución de bajo voltaje del área que más problema causa a la empresa en el software NEPLAN, con el cual se dará posibles soluciones para mejorar los índices de calidad de servicio eléctrico en beneficio de la empresa.

# **CAPÍTULO I**

## **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **1.1 Antecedentes**

En el trabajo de investigación del autor Soria Soto Luis Alfonso (Abril 2001) realiza una Auditoria Energética de la Planta Embotelladora INDEGA S.A. y da como resultado que se puede ahorrar alrededor del 10% de la energía actualmente consumida en esta planta, además que una buena auditoria energética es un procedimiento que permite conocer dónde y cómo está siendo usada la energía eléctrica, además cuando y donde está su eficiencia puede ser mejorada.

En el proyecto de los autores Mena Byron y Muñoz Jorge (Febrero 2014) realizan una Remodelación de las Instalaciones Eléctricas del Antiguo Edificio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la EPN, llegan a la conclusión que es necesario ejecutar las readecuaciones en el sistema eléctrico del edificio, debido a que se han encontrado equipos que han superado su vida útil y que en el futuro no brindan la seguridad de seguir operando de manera adecuada, además este tipo de proyecto se lo realizo una corrida de flujo con la ayuda del software ECODIAL.

En la tesis de los autores Toapanta Walter y Trávez Darwin (Febrero 2013) realizan un Análisis de regulación referida a la calidad de producto y servicio técnico en el alimentador oriental de la subestación el Calvario y concluyen que el factor de potencia está en el rango de 0,9 y 0,99; para este estudio utilizaron el software CYNDIS.

En el artículo de Gómez José (Mayo 2010) realiza un Análisis y rediseño del sistema de distribución de la subestación centro industrial CNEL Los Ríos, basado en la calidad de servicio y concluye que está dentro de los límites de variaciones de un más menos 20%, ya que al momento no cuenta con muchos usuarios conectados a ese sistema.

En el trabajo publicada por los autores Berrezueta José y Encalada Andrea ( Enero 2014) realizan un Análisis de los Factores que afectan la demanda de energía eléctrica y su Estimación Sector Residencial del Área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A., concluyen que las proyecciones realizadas para la demanda de energía eléctrica reflejan sus posibles compromisos futuros en el abastecimiento y requerimientos de capacidad para la cobertura del servicio y mantiene un comportamiento creciente, con un incremento aproximado del 58%, el estudio se realizó con el software ARIMA.

En el presente estudio de Análisis de la demanda eléctrica del sistema de distribución de bajo voltaje se pretende utilizar un software de simulación para determinar la cargabilidad del sistema eléctrico de la empresa AGRINAG S.A. ya que existen estudios en sistemas de distribución, subtransmisión como se menciona anteriormente pero a nivel de empresas no existe un estudio parecido.

## **1.2 Bases Teóricas**

### ***1.2.1 Sistema de Distribución***

De acuerdo al autor MORALES, Edwin (2009, pág. 17), en la obra Proyección de la Demanda Eléctrica de EMELSUCUMBIOS Basada en una Metodología Estandarizada y Diferentes Softwares de Pronósticos, “Es la parte del sistema eléctrico cuya función es suministrar energía a los clientes, sin limitaciones de voltaje u otra restricción técnica de cualquier naturaleza”.

Puedo añadir que un sistema de distribución está formado por subestaciones de distribución, alimentadores primarios, transformadores de distribución, redes



secundarias y acometidas, todo este conjunto tiene la función de distribuir la energía eléctrica hacia el usuario.

### ***1.2.2 Tipos de Sistemas de Distribución***

En términos generales se pueden clasificar a los sistemas eléctricos de distribución por la forma de instalación en aéreos y subterráneos porque en la empresa existen estos tipos de instalaciones.

#### ***1.2.2.1 Instalación aérea.***

Por lo general la instalación aérea se encuentra montada sobre estructuras metálicas, madera, hormigón, etc.

#### ***1.2.2.2 Instalación subterránea.***

Es el sistema cuya red está enterrada directamente en el suelo o en un sistema de canalización, con circuitos construidos mediante cables aislados para evitar contactos directos o indirectos con los mismos.

### ***1.2.3 Transformador de Distribución***

De acuerdo al autor MORALES, Edwin (2009, pág. 18), en la obra Proyección de la Demanda Eléctrica de EMELSUCUMBIOS Basada en una Metodología Estandarizada y Diferentes Softwares de Pronósticos:

El transformador es el encargado de reducir el nivel de voltaje primario al voltaje de utilización, pueden instalarse en postes, sobre emplazamientos a nivel del suelo, o en cámaras subterráneas. Los valores estándar de estos transformadores van desde 10 kVA hasta 1.000 kVA en sistemas trifásicos porque en si la empresa lo amerita.

Puedo argumentar que los transformadores de distribución son los equipos encargados de transformar el nivel de voltaje que el usuario lo requiera, además es la unión entre los alimentadores primarios y los conductores de bajo voltaje.

### **1.3 Conductores Eléctricos**

Según el autor TIRADO, Sergio (2008, pág. 10), en la obra Departamento de Electricidad Mantenimiento Eléctrico, “Es el conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, que le otorga una gran flexibilidad”.

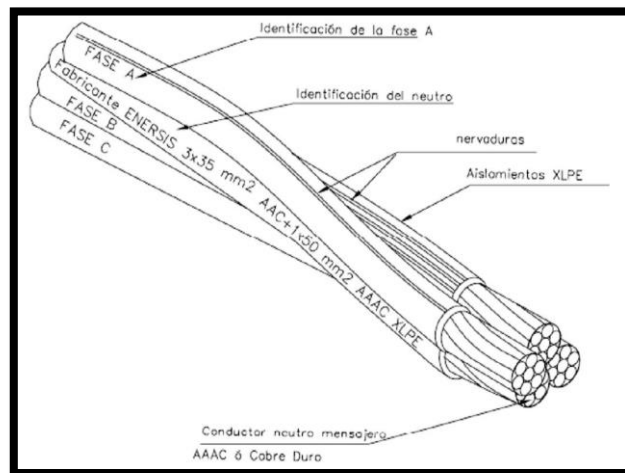
Puedo añadir que los mejores conductores eléctricos son: el cobre, el oro, el hierro y el aluminio, aunque existen otros materiales no metálicos que también poseen la propiedad de conducir la electricidad, como el grafito o las disoluciones y soluciones salinas (por ejemplo, el agua de mar) ya que constan de materiales de resistencia muy baja al paso de la corriente.

#### ***1.3.1 Conductores Preensamblados para Redes Aéreas de Bajo Voltaje***

Según los autores LLUMILUISA, Robinson y TOVAR Carlos (2011, pág. 40), en la obra Implementación del Sistema de Facturación y Medidores Prepago en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi - Plan Piloto, “El cable preensamblado está constituido por múltiples conductores de fase, y por un conductor neutro que además asume la función mecánica”.

Puedo argumentar que las fases de los conductores eléctricos Preensamblados serán de aluminio puro o cobre blando, y el neutro será de aleación de aluminio o cobre duro, el aislamiento de todos los conductores será mediante una capa de polietileno reticulado (XLPE).

FIGURA N° 1 CABLE PREENSAMBLADO PARA BAJO VOLTAJE



Fuente: <https://www.Enersis Endesa> (Septiembre 2015)

**DESCRIPCIÓN.-** Este cable preensamblado es para líneas aéreas de distribución de energía eléctrica en bajo voltaje, constituido por tres fases aisladas cableadas a espiral visible con un neutro portante (mensajero), aislado o desnudo; para voltajes nominales de servicio de hasta 1KV entre fases. El conjunto básico descrito puede suministrarse con una o dos fases adicionales para alumbrado público.

**USO.-** Estos cables se utilizan en líneas aéreas de distribución en bajo voltaje, instalados sobre postes, fachadas y en zonas arboladas.

### ***1.3.3 Caídas de Voltaje en los Conductores Eléctricos***

Según los autores LLUMILUISA, Robinson y TOVAR, Carlos (2011, pág. 33), en la obra Implementación del Sistema de Facturación y Medidores Prepago en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi - Plan Piloto, “La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de voltaje o diferencia entre los voltajes en el origen y extremo del conductor”.

A lo referente añadido que la variación de voltaje no es más que la oposición de la resistencia al paso de la corriente por eso se debe determinar el conductor adecuado, además tomar en cuenta que a mayor distancia mayor resistencia.

### **1.3.4 Calculo de Caída de Voltaje (Conductores Eléctricos)**

La caída de voltaje en el conductor se origina debido a la resistencia eléctrica al paso de la corriente. Esta resistencia depende de la longitud del circuito, el material, el calibre y la temperatura de operación del conductor.

$Z_{ef} = R \cdot \cos \phi + X_L \cdot \sin \phi$
$\Delta V_{F.N} = Z_{ef} \cdot 2 \cdot L \cdot I$ (Monofásico)
$\Delta V_{F.N} = Z_{ef} \cdot L \cdot I$ (Trifásico)
$\Delta v_{F.F} = \sqrt{3} \cdot \Delta V_{F.N}$
$\%R_v = \Delta V_{F.F} / V_{fase}$

*Ecuación 1 (1.3.4)*

*Ecuación 2 (1.3.4)*

*Ecuación 3 (1.3.4)*

*Ecuación 4 (1.3.4)*

*Ecuación 5 (1.3.4)*

**Donde:**

**Z<sub>ef</sub>:** Impedancia Eficaz

**R:** Resistencia

**Φ:** Angulo del FP

**X<sub>L</sub>:** Reactancia Inductiva del conductor

**ΔV:** Variación de voltaje

**L:** Longitud del conductor

**I:** Corriente

**%R<sub>v</sub>:** Porcentaje de regulación de voltaje

Las siguientes formulas permitirán realizar los cálculos de caídas de voltaje en los diferentes circuitos eléctricos de la empresa AGRINAG S.A.

### **1.3.5 Tipo de Motores**

En este punto se podría mencionar sobre las dimensiones de los diferentes motores, porque un motor a plena carga opera más eficiente que otro a media carga, por

último se puede decir que un motor sobredimensionado estará en la capacidad de soportar sobrecargas momentáneas sin quemarse el mismo.

Además un motor sobredimensionado estará en la capacidad de mantener la velocidad al momento de trabajar ya que no se calentará tanto y tendrá un mejor factor de potencia que es lo más importante para la empresa.

#### ***1.3.5.1 Motores eficientes en el consumo de energía eléctrica.***

Un motor eficiente o de alto rendimiento, es diseñado para entregar la misma potencia al eje que un motor estándar, con menor consumo de energía a la entrada. Los motores estándar operan con rendimientos entre el rango del 83 al 92%, mientras que un motor eficiente funciona significativamente mejor, con eficiencias entre el 92 y el 94%.

Se debe considerar en la compra de motores de alto rendimiento en los siguientes casos:

- Para la implementación de nuevas instalaciones.
- En la compra de nuevos motores eléctricos.
- En la compra de nueva maquinaria que contenga motores eléctricos, tales como compresores, ventiladores.
- En el reemplazo de motores estándar rebobinados, quemados o viejos.
- En reemplazo de motores sobre dimensionados.

Además que un motor eficiente puede costar alrededor de un 20% más que un motor estándar, pero su alta calidad en el diseño ha llevado a la creación de motores que pueden ser hasta 10% más eficientes que los motores estándar.

Los ahorros de dinero que resultan del reemplazo de un motor estándar por uno de rendimiento eficiente, obviamente que solo depende del tamaño del motor, sus horas de operación, el porcentaje de carga.

## 1.4 Regulación ARCONEL No. 004/01

Expedir la siguiente Regulación sobre la Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución.

### Disposiciones Generales

#### Objetivo

El objetivo de la presente Regulación es establecer los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las Empresas Distribuidoras.

#### 1.4.1 Calidad del Producto

Los aspectos de calidad del producto técnico que se controlarán son el nivel de voltaje, las perturbaciones y el factor de potencia, siendo el Distribuidor responsable de efectuar las mediciones correspondientes, el procesamiento de los datos levantados, la determinación de las compensaciones que pudieran corresponder a los consumidores afectados y su pago a los mismos. Toda la información deberá estar a disposición del ARCONEL al momento que se le requiera.

##### 1.4.1.1 Nivel de voltaje.

##### 1.4.1.1.1 Índice de calidad.

$$\Delta V_k (\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100 \qquad \text{Ecuación 6 (1.4.1.1.)}$$

#### Donde:

- $\Delta V_k$ : 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.

#### **1.4.1.1.2 Mediciones.**

La calidad de voltaje se determina como las variaciones de los valores eficaces (rms) medidos cada 10 minutos, con relación al voltaje nominal en los diferentes niveles.

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

1. Un registro de voltaje en cada uno de los siguientes puntos de medición:
  - a) 20% de las barras de salida de subestaciones de distribución AV/MV, no menos de 3.
  - b) 0,15% de los transformadores de distribución, no menos de 5.
  - c) 0,01 % de los Consumidores de Bajo Voltaje del área de concesión, no menos de 10.
2. Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al ARCONEL, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.
3. Simultáneamente con el registro del voltaje se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.
4. 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.

#### **1.4.1.1.3. Límites**

El Distribuidor no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando durante un 5% o más del período de medición de 7 días

continuos, en cada mes, el servicio lo suministra incumpliendo los límites de voltaje.

Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal se señalan a continuación:

TABLA N° 1 LIMITES DE LA VARIACIÓN DE VOLTAJE

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %

*Fuente: Regulación ARCONEL No. 004/01 (Septiembre 2015)*

La Tabla No. 1 me permitirá conocer el rango de tolerancia o variación de voltaje que debe de existir en los diferentes circuitos.

### **1.5 Simulación del Sistema de Distribución de Bajo Voltaje en la Empresa AGRINAG S.A.**

En la actualidad existen varios tipos de softwares que permiten la simulación de sistemas eléctricos de bajo voltaje entre ellos podemos mencionar POWERWORLD, DIGSILEND, NEPLAN, SPARD, ECODIAL, etc., aprovechando los conocimientos adquiridos del software NEPLAN se utilizara para realizar este proyecto de investigación como es el Análisis de la Demanda Eléctrica del Sistema de Distribución de Bajo Voltaje para Determinar la Cargabilidad del Sistema Eléctrico de la Empresa AGRINAG S.A., puesto que no es muy complejo al momento de implementar el diagrama en la ventana de trabajo .



### ***1.5.1 Descripción del Software de Simulación***

NEPLAN es un software que facilita el diseño de las instalaciones eléctricas bajo los siguientes conceptos:

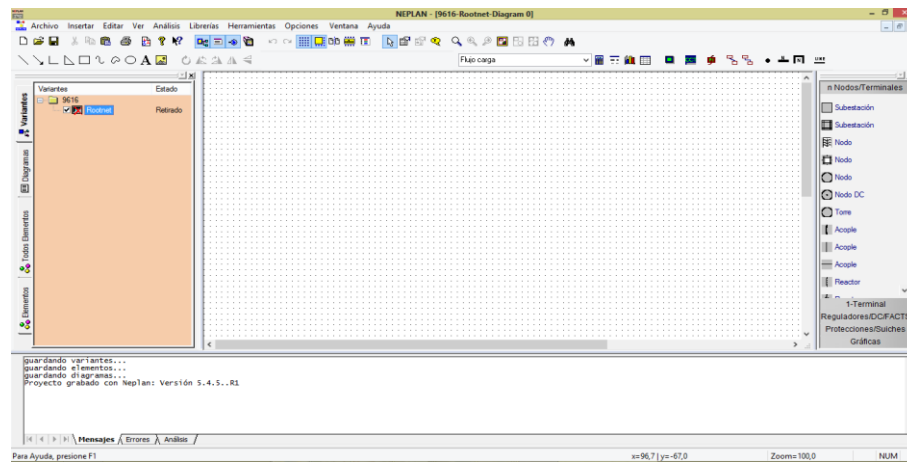
- Dibuja fácilmente el diagrama unilineal de un proyecto.
- Permite calcular una amplia gama de instalaciones eléctricas como características generales tales como:
  - Voltaje 220VAC a 690VAC.
  - Frecuencia 50 - 60 Hz
  - In: 0,5 a 6300 A
  - Régimen de las fases (varían).

### ***1.5.2 Parametrización del Espacio de Trabajo***

En la ventana principal del menú parametrización se puede adaptar las características del espacio de trabajo encontrando lo siguiente:

1. Barra de Título
2. Barra de Menú
3. Barra de Herramientas
4. Área de trabajo
5. Administrador de Variables
6. Símbolos
7. Ventana de Mensajes
8. Barra de Estado

FIGURA N° 2 CARACTERÍSTICA DE LA VENTANA PRINCIPAL



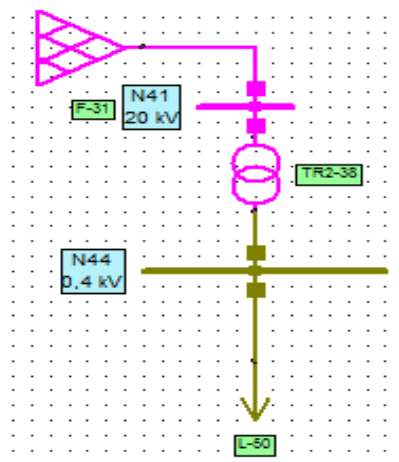
*Elaborado Por: Investigador*

### 1.5.3 Parametrización de los Circuitos

Las características de los circuitos indican los valores por defecto de cada circuito que más se adapten al tipo de estudio.

Se aconseja modificar los parámetros hasta que se tenga cierta soltura con el software, siempre se podrán adaptar al proyecto en curso.

FIGURA N° 3 PARAMETRIZACIÓN DE LOS CIRCUITOS

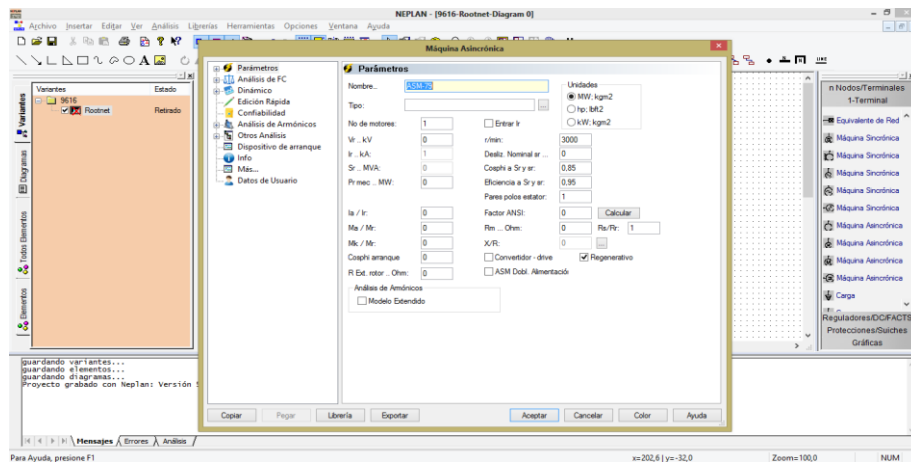


*Elaborado Por: Investigador*

### 1.5.4 Paleta de Componentes

Para elegir los componentes eléctricos a enlazar, se lo hará desde la paleta de parámetros, en la cual estos elementos están agrupados por tipos.

FIGURA N° 4 PALETA DE COMPONENTES



*Elaborado Por: Investigador*

### 1.5.5 Cálculos que Realiza NEPLAN

Los cálculos básicos que realiza NEPLAN se mencionan a continuación:

- Flujo de carga
- Cortocircuito
- Confiabilidad
- **Distribución**
- Flujo Carga con Perfiles de Carga
- Reconfiguración de Redes Distribución
- Optimización de Redes de Distribución
- Refuerzo/Control de Alimentadores
- Estrategia de restauración óptima
- Cálculo de Bajo Voltaje

- Ubicación de Capacitores
- **Industrial**
- Análisis de Armónicos
- Arranque de Motores
- Dimensionamiento de Cables
- **Transmisión**
- Análisis de Contingencias
- Flujo de Carga Óptimo
- Capacidad de Transferencia Neta
- Estabilidad de Voltaje
- Estabilidad De Pequeña Señal
- Estabilidad Transitoria
- Simulador Dinámico (Transitorio/EMT)
- **Protección**
- Análisis de Búsqueda de Fallas
- Protección de Sobre-corriente
- Protección de Distancia
- Análisis de Inversión

## **1.6 Potencia y Demanda**

### ***1.6.1 Potencia Instantánea***

Según el autor FREIRE, Byron (2012, pág. 16), en la obra Análisis Técnico de la Operación del Alimentador No. 2 de la S/E Otavalo, de la Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A., “Es el valor en kW, medido en ese instante a un determinado sistema o aparato eléctrico”.

Al respecto puedo argumentar que la potencia instantánea es absorbida por un elemento en cualquier instante de tiempo, donde está dada por el producto del voltaje y la corriente.

### ***1.6.2 Demanda***

Según el autor FREIRE, Byron (2012, pág. 18), en la obra Análisis Técnico de la Operación del Alimentador No. 2 de la S/E Otavalo, de la Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A.:

Es la potencia requerida por un sistema o parte de él, promediada en un intervalo previamente establecido. Los intervalos de demanda normalmente empleados son 15, 30 y 60 minutos. De ellos el más usual es de 15 minutos. La demanda se expresa en kilovatio.

Puedo añadir que es la potencia requerida por un sistema o parte de él, promediada en un intervalo de tiempo. Los intervalos normalmente empleados son 15, 30 y 60 minutos. Se expresa comúnmente en kW a un Factor de Potencia determinado, hoy en día existen aparatos electrónicos que se programan para que midan la demanda en un determinado período de tiempo y que proporcionan otras variables eléctricas que permiten determinar el comportamiento del sistema.

#### ***1.6.2.1 Demanda máxima o pico.***

“Es la mayor demanda ocurrida en un sistema o en la parte que interesa de él, durante el período considerado. Comúnmente se llama demanda o carga pico”.

#### ***1.6.2.2 Demanda promedio.***

“Es una demanda equivalente en un período de tiempo determinado (día, semana, mes, año)”.

#### ***1.6.2.3 Demanda máxima unitaria o individual.***

“Es la demanda máxima para un cliente en particular”.

#### ***1.6.2.4 Demanda diversificada.***

“Es la demanda simultánea de un grupo de cargas en un intervalo particular. La demanda máxima diversificada es menor o lo más igual que la suma de las demandas máximas unitarias o individuales”.

#### ***1.6.3 Carga instalada.***

“Es la suma de las potencias nominales de los aparatos, equipos, alumbrado, etc. que se encuentran conectados en un área determinada se expresa por lo general en kVA o MVA”.

### **1.7 Factor de Potencia (FP)**

Según los autores HIDALGO, Giovanni y PAGUAY, Galo (2009, pág. 4), en la obra Reducción de Pérdidas de Energía Eléctrica en los Alimentadores Mediante Compensación Reactiva Considerando Clientes Finales Industriales:

El factor de potencia en términos generales es el desfaseamiento o no de la corriente con relación al voltaje y es utilizado como indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, el cual puede tomar valores entre 0 y 1.0 siendo la unidad (1.0) el valor máximo de Factor de Potencia y por tanto indica el mejor aprovechamiento de energía. Por ejemplo, si el factor de Potencia es igual a 0.80, indica que del total de la energía suministrada (100%) sólo el 80% de esa energía es aprovechada en trabajo útil.

A lo referente añadido que el valor ideal del factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía consumida por los equipos eléctricos ha sido transformada en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa un menor consumo de energía, el factor de potencia es la relación entre la potencia activa (en vatios, W), la potencia aparente (en voltamperios, VA).

El Factor de Potencia (FP) está definido por las siguientes ecuaciones:

$$FP = \cos\phi = \frac{P[KW]}{S[KVA]} \quad \text{Ecuación 7 (1.6.5)}$$

$$FP = \cos\phi = \frac{P[KW]}{V*I[KVA]} \quad \text{Ecuación 8 (1.6.5)}$$

**Donde:**

**P:** Potencia Activa

**S:** Potencia Aparente

**V:** Voltaje

**I:** Corriente

**$\Phi$ :** Angulo del factor de potencia

El cálculo del factor de potencia se los realizara los diferentes datos extraídos de los analizadores de carga colocados respectivamente en los cuatro transformadores de la empresa.

### ***1.7.1 Causas del Bajo Factor de Potencia (FP)***

“Las cargas inductivas como motores, balastros, transformadores, etc., son el origen del bajo factor de potencia ya que son cargas no lineales que contaminan la red eléctrica, porque la corriente se desfasa con relación al voltaje lo que provoca un bajo factor de potencia.”.

### ***1.7.2 Consecuencias del Bajo Factor de Potencia (FP)***

Las instalaciones eléctricas que operan con un factor de potencia menor a 1.0, afectan a la red eléctrica tanto en alto como en bajo voltaje, además tiene las siguientes consecuencias:

1. Incremento de las pérdidas por efecto joule
2. Sobrecarga de los generadores, transformadores y líneas de distribución.

3. Aumento de la caída de voltaje
4. Incremento en la facturación eléctrica

### ***1.7.3 Métodos Para Corregir el Bajo Factor de Potencia (FP)***

Según los autores HIDALGO, Giovanni y PAGUAY, Galo (2009, pág. 6), en la obra Reducción de Pérdidas de Energía Eléctrica en los Alimentadores Mediante Compensación Reactiva Considerando Clientes Finales Industriales “Las cargas industriales por su naturaleza eléctrica son reactivas a causa de la presencia principalmente de motores, transformadores, lámparas fluorescentes, etc.”.

Al respecto puedo añadir que uno de los objetivos de compensar la potencia reactiva es corregir el factor de potencia, esto a través de bancos de condensadores hasta donde sea posible.

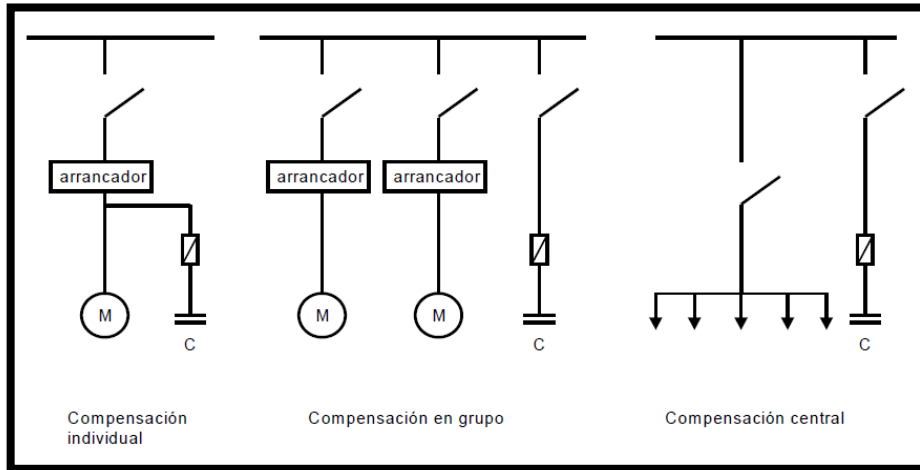
La finalidad de corregir el factor de potencia es reducir o aún más de eliminar el costo de energía reactiva en la factura. Para lograr esto, es necesario distribuir las unidades capacitivas, dependiendo de su utilización, en el lado del usuario. Existen varios métodos para corregir o mejorar el factor de potencia:

- Compensación individual en motores
- Compensación por grupo de cargas
- Compensación centralizada
- Compensación combinada

Los capacitores eléctricos o bancos de compensación, pueden ser instalados en varios puntos en la red de distribución, y pueden distinguirse cuatro tipos de instalaciones de capacitores para compensar la potencia reactiva (FIGURA No. 5), no obstante, es importante mencionar que antes de instalar capacitores eléctricos, se deben tomar en cuenta los siguientes factores: tipos de cargas eléctricas, variación y distribución de las mismas, factor de carga, disposición y longitud de los circuitos, voltajes de las líneas de distribución, entre otros.



FIGURA N° 5 TIPOS DE INSTALACIONES DE CAPACITORES PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA



Fuente: <https://www.Diagramas de compensación> (Septiembre 2015)

## 1.8 Métodos Para Proyectar la Demanda

La proyección de la demanda puede realizarse en base a tres métodos que pueden ser:

1. Métodos Perspectivos.
2. Métodos Normativos
3. Métodos de confrontación Demanda – Oferta

### 1.8.1 Métodos Perspectivos

Los métodos prospectivos son estadísticos y basan sus proyecciones futuras en necesidades pasadas y se subdividen en:

#### 1.8.1.1 Métodos Estadísticos.

Según el autor QUISPE, Vicente (2009, pág. 99), en la obra Estudio y Planificación del Sistema de Distribución Eléctrica del Cantón La Mana Jurisdicción de la

Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi (ELEPCO S.A.) Utilizando el Programa NEPLAN “Estos métodos se basan en la proyección de la demanda futura tan solo en lo que ocurrió en el pasado con respecto a este parámetro mediante un análisis de series estadísticas utilizando la información disponible”.

Al respecto puedo añadir que para la utilización de este método es necesario tener datos históricos de consumo de energía y el aumento de potencia para poder llevar a cabo este tema de investigación.

#### ***1.8.1.2 Métodos Econométricos.***

“En estos métodos el análisis pretende presentar cualitativamente las relaciones casuales de variables económicas (por ejemplo PIB) con aquellas del interés particular, en el caso presente la energía”.

#### ***1.8.2 Métodos Normativos***

Según el autor QUISPE, Vicente (2009, pág. 100), en la obra Estudio y Planificación del Sistema de Distribución Eléctrica del Cantón La Mana Jurisdicción de la Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi (ELEPCO S.A.) Utilizando el Programa NEPLAN “Se trata de normar el criterio de proyección de la demanda con el objetivo de homogenizar el método de proyección de demanda que cada empresa realiza utilizando las mismas variables de análisis”.

Puedo añadir que este método influye en el comportamiento de la demanda: económica, política de ahorro energético, crecimiento poblacional, se debe regir en base a las normas para poder realizar las proyecciones de la demanda.

#### ***1.8.3 Métodos de Confrontación Oferta - Demanda***

Según el autor QUISPE, Vicente (2009, pág. 101), en la obra Estudio y Planificación del Sistema de Distribución Eléctrica del Cantón La Mana

Jurisdicción de la Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi (ELEPCO S.A.) Utilizando el Programa NEPLAN “Este método utiliza modelos de proyección muy complejos, ya que intervienen un sin número de variables en cada modelo tanto de oferta como demanda del producto, que en este caso es la potencia y energía eléctrica”.

Al respecto puedo añadir que en este método se utiliza modelos matemáticos para su proyección de la demanda de energía eléctrica y de la potencia.

## **1.9 Analizador de Calidad de Energía Eléctrica**

El equipo necesario para este estudio se menciona a continuación así como sus bondades y características que poseen este dispositivo de medición.

### ***1.9.1 Analizador Trifásico de Calidad Eléctrica***

Este dispositivo me permitió analizar los problemas de calidad eléctrica de forma más rápida, segura y detallada.

Además detecta problemas de la calidad eléctrica y asigna el valor de las pérdidas de energía.

Los nuevos analizadores 430 Serie II ofrecen el mejor análisis de la calidad eléctrica y presentan, por primera vez, la capacidad de cuantificar pérdidas monetarias provocadas por problemas de la calidad eléctrica. Indicado para:

- Resolución inmediata de problemas.- Diagnostique rápidamente los problemas en la pantalla para volver a poner su operación en marcha.
- Gestión de pérdida de energía.- Mida y cuantifique las causas específicas de las pérdidas de energía para calcular de forma sencilla el rendimiento del capital invertido, cálculo de los armónicos y el equipo de compensación de desequilibrios.
- Eficiencia de los inversores de potencia.- Mida de forma simultánea la potencia de entrada de CA y la de salida de CC para sistemas de potencia electrónicos.

- Capture rápidamente los datos de valor eficaz (RMS).- Muestre el ciclo medio y las formas de onda para caracterizar la dinámica del sistema.
- Mantenimiento predictivo.- Detecte y prevenga problemas de la calidad eléctrica antes de que causen interrupciones.
- Cumplimiento de la calidad del servicio.- Valide la calidad eléctrica entrante a la entrada del servicio.
- Análisis a largo plazo.- Descubra problemas difíciles de detectar o intermitentes.
- Estudios de carga.- Verifique la capacidad del sistema eléctrico antes de agregar cargas.
- Prueba de carga dinámica.- Capture valores instantáneos para ver el efecto del cambio de carga en los generadores y los sistemas UPS.

## **1.10 Carga Eléctrica**

Según el autor PORRAS, Augusto (2010, pág. 33), en la obra Planificación Integral De Redes De Transmisión Y Su transmisión Del Sistema Nacional Interconectado “En la planificación del sistema de distribución se distingue el comportamiento de la carga, básicamente por sectores, caracterizando a cada uno de ellos por una curva típica de carga diaria”.

Puedo mencionar que el comportamiento de la carga que preside el usuario de acuerdo a la curva diaria, se realiza la planificación de consumo de energía eléctrica para los años futuros, caso de exceder los límites será penalizado.

### ***1.10.1 Tipos de Carga***

“En una red o circuito eléctrico; a los elementos pasivos se los conoce como cargas, ya que por medio de ellos la energía eléctrica se consume dependiendo de la intensidad de corriente que circule en los mismos, por lo que a dicha corriente se la conoce como corriente de carga de característica resistiva, inductiva o capacitiva dependiendo del tipo de carga”.

#### ***1.10.1.1 Cargas resistivas.***

“En las cargas resistivas como las lámparas incandescentes, calefactores, resistencias de carbón (es toda energía que se convierte en luz y calor) el voltaje y la corriente están en fase. En este caso, se tiene un factor de potencia unitario”.

#### ***1.10.1.2 Cargas inductivas.***

“En las cargas inductivas o bobinas como los motores y transformadores la característica principal de estos elementos es la de almacenar y consumir la energía eléctrica convirtiéndola en energía magnética por medio del campo magnético que genera al circular corriente eléctrica por estos elementos, la corriente se encuentra retrasada respecto al voltaje, es decir, existe un desfase negativo (-90). En este caso se tiene un factor de potencia retrasado”.

#### ***1.10.1.3 Cargas capacitivas.***

“Las cargas capacitivas como los condensadores son capaces de almacenar energía en forma de campo eléctrico, la corriente se encuentra adelantada respecto del voltaje por esta razón hay un desfase positivo”.

### ***1.10.2 Tableros Eléctricos de Distribución***

Según el autor RODRIGUEZ, Fernando (2010, pág. 15), en la obra Accesorios Utilizados en Instalaciones Eléctricas, “Los tableros de distribución representan el centro nervioso de las instalaciones eléctricas y contienen los dispositivos de protección contra sobre-corriente que protegen a los componentes de sobrecarga o cortocircuito”.

Puedo añadir que toda instalación debe disponer de al menos un tablero de distribución con sus respectivas protecciones automáticas en serie con cada uno de los circuitos en que se subdivide la instalación de una empresa.

### ***1.10.2.1 Ubicación de los tableros de distribución.***

Los tableros de distribución deben estar localizados en lugares accesibles o mejor aún en el centro de la empresa, su ubicación debe satisfacer las siguientes condiciones:

- a) En el centro de la carga.
- b) Cerca de los alimentadores principales.
- c) Alejado de lugares de tránsito de funcionarios.
- d) En ambientes bien iluminados.
- e) En locales de fácil acceso.
- f) En lugares no sujetos a gases corrosivos, inundaciones, etc.
- g) En ambientes con temperatura adecuada.

A los tableros que comandan motores se denomina Centro de Control de Motores (CCM). Si los tableros contienen componentes para el comando exclusivo de la iluminación se denominan Tableros de Distribución de Luz (TDL).

### ***1.10.3 Dispositivos de Protección***

Según el autor RODRIGUEZ, Fernando (2010, pág. 31), en la obra *Accesorios Utilizados en Instalaciones Eléctricas*:

El calentamiento excesivo como resultado de una corriente elevada, causa que el aislamiento del conductor se deteriore rápidamente, y pueda generar un cortocircuito línea a tierra o de línea a línea (entre conductores), también el calentamiento excesivo puede producir situaciones de peligro (fuegos o incendios), cuando se encuentra cerca de materiales inflamables.

Al respecto puedo añadir que los elementos más comunes que se utilizan son los fusibles e interruptores automáticos, estos protegen las instalaciones y equipos contra sobre-corrientes y cortocircuitos y operan abriendo los circuitos en los que están conectados antes de que la corriente exceda la máxima en los conductores.

### ***1.10.3.1 Interruptor termomagnético.***

Según el autor ENRIQUEZ, Harper (2004, pág. 44), en la obra Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas Segunda Edición:

El interruptor termomagnético es un elemento de protección que interrumpe automáticamente la corriente eléctrica en caso de sobrecarga o cortocircuito. Esta acción protege sus instalaciones y sus equipos eléctricos. El interruptor termomagnético permite abrir y cerrar un circuito en forma manual. En caso de una falla eléctrica abre el circuito automáticamente. Una vez solucionada la falla, se puede volver a accionar el interruptor sin tener que cambiar pieza alguna.

Puedo añadir que dentro de una fábrica un interruptor termomagnético es muy importante ya que abre o cierra el fluido de la corriente eléctrica al mismo tiempo protege las instalaciones eléctricas aguas abajo.

Los interruptores termomagnéticos se "disparan" en los siguientes casos:

1. Durante una sobrecarga, cuando demasiados artefactos están conectados al mismo circuito y funcionando al mismo tiempo.
2. Cuando un conductor energizado toca un elemento a tierra u otro conductor.
3. También energizado y se produce un corto circuito.

### ***1.10.3.2 Coordinación de las protecciones diferenciales.***

La separación consiste en la subdivisión de los circuitos con las protecciones individuales o colectivas además que la selectividad impide la desconexión del interruptor aguas arriba porque el de aguas abajo ha eliminado el defecto.

La selectividad puede realizarse a tres o cuatro niveles puesto que las instalaciones se comportan de la siguiente manera:

- 1<sup>er</sup> nivel; cuadro general Bajo Voltaje.
- 2<sup>do</sup> nivel; los cuadros secundarios de Bajo Voltaje.
- 3<sup>er</sup> nivel; los cuadros terminales de Bajo Voltaje.

La selectividad en sensibilidad se obtiene con el escalonamiento de los valores normalizados: 30, 100, 300 mA, 1 A; y temporizando las desconexiones.

## **1.11 Cargabilidad del Sistema Eléctrico de Distribución de Bajo Voltaje**

### ***1.11.1 Cargabilidad en los Transformadores***

Según el autor FREIRE, Byron (2012, pág. 30), en la obra Análisis Técnico de la Operación del Alimentador N° 2 de la S/E Otavalo, de la Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A.:

La cargabilidad de los transformadores de distribución está relacionada bajo dos aspectos, uno desde el punto de vista térmico y otro por lo económico. El criterio de cargabilidad térmica está ligado con las características dieléctricas de los aislantes, pérdida de vida útil, etc. EL segundo aspecto está asociado con parámetros económicos (inversión y pérdidas) que inciden en la selección de los transformadores, dependiendo de la carga, aspectos que son tratados ampliamente en modelos de manejo de carga en transformadores.

Puedo argumentar que la cargabilidad en si es el grado de carga que debe estar en este dispositivo ya que permite saber cuánta potencia dispone y poder tener en cuenta a un futuro para incorporar alguna carga.



### ***1.11.2 Cargabilidad en Conductores Eléctricos***

Según el autor RIVERA, José (2013, pág. 50), en la obra Eficiencia Eléctrica en Alimentadores Primarios de Distribución de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. Ecuador:

El dimensionamiento del conductor se realiza en la etapa de diseño y su control durante el período de vida útil del mismo, en estas dos etapas es importante considerar sus condiciones de cargabilidad, con el fin de obtener condiciones adecuadas de operación dentro de parámetros técnico económicos razonables.

Además se puede añadir que es la cantidad máxima de potencia eléctrica que se puede enviar a través de los conductores manteniendo las condiciones operativas del sistema eléctrico de distribución, también se puede decir que la temperatura depende de la magnitud de la corriente y de la duración de esta, así como de la temperatura ambiente y de las condiciones físicas del conductor.

## **1.12 Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.**

### **Instalaciones Eléctricas (Utilización)**

#### ***1.12.1 Objetivo***

El objetivo de esta NOM es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:

- Las descargas eléctricas,
- Los efectos térmicos,
- Las sobrecorrientes,
- Las corrientes de falla y
- El sobre-voltaje.

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta NOM promueve el uso de la energía eléctrica en forma segura; asimismo esta NOM no intenta ser una guía de diseño, ni un manual de instrucciones para personas no calificadas.

### ***1.12.2 Campo de Aplicación***

Esta NOM (Norma Oficial Mexicana) cubre a las instalaciones destinadas para la utilización de la energía eléctrica en:

- a) Propiedades industriales, comerciales, de vivienda, cualquiera que sea su uso, públicas y privadas, y en cualquiera de los niveles de voltaje de operación, incluyendo las utilizadas para el equipo eléctrico conectado por los usuarios. Instalaciones en edificios utilizados por las empresas suministradoras, tales como edificios de oficinas, almacenes, estacionamientos, talleres mecánicos y edificios para fines de recreación.
- b) Casas móviles, vehículos de recreo, construcciones flotantes, ferias, circos y exposiciones, estacionamientos, talleres, lugares de reunión, lugares de atención a la salud, construcciones agrícolas, marinas y muelles.
- c) Todas las instalaciones del usuario situadas fuera de edificios;
- d) Alambrado fijo para telecomunicaciones, señalización, control y similares (excluyendo el alambrado interno de aparatos);
- e) Las ampliaciones o modificaciones a las instalaciones, así como a las partes de instalaciones existentes afectadas por estas ampliaciones o modificaciones.

Los equipos eléctricos sólo están considerados respecto a su selección y aplicación para la instalación correspondiente.

La NOM (Norma Oficial Mexicana) no se aplica en:

- a) Instalaciones eléctricas en embarcaciones.
- b) Instalaciones eléctricas para unidades de transporte público eléctrico, aeronaves o vehículos automotores.

- c) Instalaciones eléctricas del sistema de transporte público eléctrico en lo relativo a la generación, transformación, transmisión o distribución de energía eléctrica utilizada exclusivamente para la operación del equipo rodante o de señalización y comunicación.
- d) Instalaciones eléctricas en áreas subterráneas de minas, así como en la maquinaria móvil autopropulsada de minería superficial y el cable de alimentación de dicha maquinaria.
- e) Instalaciones de equipo de comunicaciones que esté bajo el control exclusivo de empresas de servicio público.

### ***1.12.3 Referencias***

Para la correcta utilización de esta NOM, es necesario consultar los siguientes documentos vigentes o los que los sustituyan:

- NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida.
- NOM-063-SCFI-2001, Productos eléctricos-Conductores-Requisitos de seguridad.
- NMX-J-098-ANCE-1999, Sistemas eléctricos de potencia-Suministro-Tensiones Eléctricas Normalizadas.

### ***1.12.4 Lineamientos para la Aplicación de las Especificaciones en las Instalaciones Eléctricas (Utilización).***

#### ***1.12.4.1 Objetivo.***

El objetivo de las especificaciones es precisar las disposiciones de carácter técnico que deben cumplir las instalaciones eléctricas.

Las disposiciones establecidas en las especificaciones de esta NOM no deben considerarse como guía de diseño de instalaciones ni como un manual de instrucciones para personas no-calificadas (véase definición de persona calificada en el Artículo 100 del Capítulo 1). Se considera que para hacer un uso apropiado de estas especificaciones, es necesario recibir capacitación y tener experiencia suficiente en el manejo de las instalaciones eléctricas.

#### ***1.12.4.2 Características de las especificaciones de la norma oficial mexicana.***

Las especificaciones de esta NOM se dividen como se indica en el Título 5. Los Capítulos 1, 2, 3 y 4, son de aplicación general; los Capítulos 5, 6 y 7, se refieren a ambientes especiales, equipos especiales u otras condiciones especiales. Estos últimos Capítulos complementan o modifican las reglas generales. Los Capítulos 1 a 4 se aplican a todo, excepto en lo modificado por los Capítulos 5, 6 y 7 para las condiciones particulares o especiales.

El Capítulo 8 trata de las instalaciones para los sistemas de comunicación y es independiente de los demás, excepto en las referencias específicas que se haga de ellos.

El Capítulo 9, incluye disposiciones para instalaciones destinadas al servicio público; líneas aéreas, líneas subterráneas y subestaciones.

El Capítulo 10, consiste de Tablas de datos de conductores y de sus aislamientos, así como del tubo conduit y de los factores de ocupación por los conductores. Se incluye el apéndice D, que es de carácter normativo y los apéndices A, B, C y E, de carácter informativo.

Cada Capítulo, está dividido en Artículos seguido de un número asignado. Cada Artículo trata un tema específico, por ejemplo: alimentadores, puesta a tierra, circuitos derivados, circuitos de motores, etcétera.

## CAPITULO II

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 2.1 Aspectos Generales de la Empresa AGRINAG S.A.

##### *2.1.1 Reseña Histórica de la Empresa AGRINAG S.A.*

La Empresa Florícola AGRINAG S.A. constituida desde el 1 de diciembre del 2003 comprándole a la empresa Flornaca de los dueños de Pronaca antes llamada Flor Lasso siendo en un principio la hacienda ganadera del Pacer ahora en la actualidad tiene 21 hectáreas de producción de rosas localizadas a una altitud de 2.852 msnm en las faldas del volcán Cotopaxi, Ecuador. Contamos con más de 120 variedades de rosas capaces de satisfacer hasta el más exigente de los clientes en cualquier mercado mundial.

Contamos con el certificado BASC para proteger a todos los que hacemos AGRINAG S.A. de la ilegal e inmoral industria del narcotráfico.

“La principal fortaleza de AGRINAG S.A. es su gente. Todos nuestros colaboradores reciben entrenamientos y charlas mensuales. Creemos que la forma de alcanzar nuestra misión es contando con un personal disciplinado, motivado, competente y honesto. Por ello ofrecemos facilidades como transporte gratis, dispensario médico, comisariato, convenios escolares y un novedoso sistema de incentivos y bonos”.

### ***2.1.2 Área Donde se Encuentra Ubicada la Empresa AGRINAG S.A.***

La empresa Florícola AGRINAG S.A. se encuentra ubicada en el centro de la parroquia Joseguango Bajo vía a la parroquia de Mulaló la misma que pertenece al cantón Latacunga provincia de Cotopaxi.

FIGURA N° 6 EMPRESA FLORÍCOLA AGRINAG S.A.



*Elaborado Por: Investigador*

A la fecha, la empresa está comprometida con la calidad de sus productos, con un enfoque en los procesos de las diferentes variedades de rosas que se producen para de esta manera lograr oportunidades de trabajo bajo los estándares de calidad.

### ***2.1.3 Misión y Visión de la Empresa AGRINAG S.A.***

#### ***2.1.3.1 Misión de la empresa AGRINAG S.A.***

“Ofrecer rosas de la mejor calidad mientras brindamos un servicio de primera. Participar en el desarrollo del país y nuestras comunidades con un alto grado de responsabilidad social y ambiental”.

### ***2.1.3.2 Visión de la empresa AGRINAG S.A.***

"Satisfacer las expectativas de nuestros clientes y establecer relaciones a largo plazo con clientes, proveedores, colaboradores y socios estratégicos en una atmósfera de confianza, seguridad y optimismo".

### ***2.1.4 Principios Fundamentales***

- Disponer de recursos humanos capacitados, motivados y comprometidos con los objetivos institucionales.
- Practicar una gestión gerencial moderna, dinámica, participativa, comprometida en el mejoramiento continuo.

## **2.2 Diseño Metodológico**

### ***2.2.1 Métodos de Investigación***

#### ***2.2.1.1 Método Hipotético Deductivo.***

Este método se aplicó para el diseño de la investigación porque se fundamenta esencialmente en el Planteamiento y la Verificación de la Hipótesis, por ser el camino lógico para buscar la solución al problema que se planteó a más de comprobar con los datos disponibles.

#### ***2.2.1.2 Método Analítico.***

Se aplicó este método para un análisis de las características de los elementos del sistema eléctrico de la empresa AGRINAG S.A., y posteriormente unificarlo para obtener el diseño apropiado, además que se descompone en partes iguales para observar las causas y efectos.

### ***2.2.1.3. Método Inductivo – Deductivo.***

Se empleó este método en la identificación de posibles estrategias que me ayudaron al mejoramiento de las instalaciones eléctricas y al uso racional de la energía eléctrica de la empresa AGRINAG S.A.

## ***2.2.2. Tipos de Investigación***

### ***2.2.2.1 Investigación Bibliográfica***

Este tipo de investigación se empleó para formular el marco teórico acorde al tema de trabajo planteado, además se menciona la regulación ARCONEL 004/01 que se enfoca a la calidad de servicio eléctrico.

### ***2.2.2.2. Investigación de Campo***

Este tipo de investigación se realizó con la presencia del investigador en el lugar de ocurrencia, para luego proceder a los respectivos cálculos para contribuir en la solución del problema planteado.

### ***2.2.2.3 Investigación Experimental***

Se necesitó de esta investigación para las mediciones de carga en las diferentes áreas y verificar el comportamiento actual del sistema.

## ***2.2.3 Técnicas de Investigación Aplicada***

### ***2.2.3.1 Observación.***

Se realizó una observación directa del sistema de bajo voltaje, equipos eléctricos que se encuentran instalados en la empresa AGRINAG S.A., etc., y de esta manera buscar soluciones al problema planteado.



### **2.2.3.2 Entrevista.**

Esta técnica se aplicó al Ing. Jorge Peñafiel, Gerente Administrativo de la empresa AGRINAG S.A., misma que permitió obtener la información desde el punto de vista de la dirección administrativa, para lo cual se plantearon las siguientes interrogantes.

#### **2.2.3.2.1 Ficha de entrevista.**

1. ¿Problemas que tiene con las instalaciones eléctricas antiguas de la empresa?
2. ¿Área de más incidencia de problemas eléctricos que viene pasando la empresa?
3. ¿Tipos de cargas que piensa reemplazar en un futuro en su empresa?
4. ¿Si llegara a cambiar las potencias de los equipos eléctricos en que área los reemplazaría?

#### **2.2.3.2.2 Resultados de la investigación de campo.**

La presente entrevista fue realizada al ingeniero Jorge Peñafiel, ya que al momento el cargo que desempeña específicamente en la empresa AGRINAG S.A. es gerente administrativo por ende es la máxima autoridad además conoce del tema.

## **2.3 Hipótesis**

“El análisis de la demanda eléctrica del sistema de distribución de bajo voltaje permitirá determinar la cargabilidad del sistema eléctrico de la empresa AGRINAG ubicada en la parroquia Joseguango Bajo del cantón Latacunga en el periodo Abril – Diciembre 2015”.

**2.3.1 Operacionalización de Variables**

**2.3.1.1 Operacionalización de la Variable Independiente: Análisis de la Demanda Eléctrica del Sistema de Distribución de Bajo Voltaje**

<b>CONCEPTUALIZACIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ÍTEMS</b>	<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS</b>
<p>La demanda eléctrica es una medida de la tasa promedio del consumo eléctrico de sus instalaciones en un determinado tiempo.</p>	<p>Potencia del sistema eléctrico</p> <p>Demanda del sistema eléctrico</p> <p>Energía del sistema eléctrico</p>	<p>¿Problemas que tiene con las instalaciones eléctricas?</p> <p>¿Área con mayor demanda en el sistema eléctrico?</p> <p>¿Uso adecuado de las instalaciones eléctricas?</p>	<p>Entrevista</p> <p>Analizador de calidad (Fluke)</p>

*Elaborado Por: Investigador*

**2.3.1.2 Operacionalización de la Variable Dependiente: Determinar la Cargabilidad del Sistema Eléctrico de la Empresa AGRINAG S.A.**

CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>La cargabilidad es la cantidad máxima de potencia eléctrica que se puede enviar a través de una o de un conjunto de líneas, manteniendo las condiciones operativas del sistema.</p> <p>Cargabilidad o capacidad térmica del conductor eléctrico.</p>	<p>Tiempo de funcionamiento.</p> <p>Potencia máxima en los equipos eléctricos.</p> <p>Perdida de energía en el sistema.</p> <p>Variación de voltaje.</p>	<p>¿El sistema eléctrico posee fiabilidad y seguridad a la personas?</p> <p>¿Qué capacidad de potencia piensa cambiar en un futuro?</p> <p>¿Con la implementación del sistema de compensación se reducirá las pérdidas?</p> <p>¿Considera usted que el sistema tenga una variación de voltaje?</p>	<p>Entrevista</p> <p>Analizador de calidad (Fluke)</p>

*Elaborado Por: Investigador*

## **2.4 Análisis e Interpretación de Resultados de la Entrevista**

### ***2.4.1 Análisis e Interpretación de Resultados de la Entrevista Realizada al Ing. Jorge Peñafiel Gerente Administrativo de la Empresa AGRINAG S.A.***

#### **PREGUNTA No. 1.**

##### **¿Problemas que tiene con las instalaciones eléctricas antiguas de la empresa?**

El Ingeniero Jorge Peñafiel Gerente Administrativo de la Empresa AGRINAG S.A., manifiesta que los diferentes problemas que vienen suscitando son caídas de voltaje, corrientes tal vez que son muy bajas además que se tiene un factor de potencia que no es aceptable por la empresa distribuidora.

La empresa AGRINAG S.A., al momento cuenta con el servicio de cuatro transformadores de distribución, además con el paso de los años ha ido a la par con la tecnología es por esto que se han incorporado diferentes equipos eléctricos y también se han retirado los que no son necesarios o que se han dañado con el transcurso de los años por no contar con un mantenimiento adecuado.

#### **PREGUNTA No. 2.**

##### **¿Área de más incidencia de problemas eléctricos que viene pasando la empresa?**

El Ingeniero Jorge Peñafiel señala que el área donde más problemas tiene con las instalaciones es en el campo porque el recorrido de los conductores eléctricos son extensos además tienen que atravesar distancias largas para llegar a otros bloques, además al estar expuestos a temperaturas muy altas su aislamiento se ha ido deteriorando con el pasar de los años, en el cuarto de bombas es un problema parecido (Transformador No. 1775).

Una buena instalación eléctrica es el conjunto de circuitos eléctricos que se encuentran colocados en el lugar específico los mismos que si son bien dimensionados e instalados nos asegura un correcto funcionamiento, los problemas con las instalaciones eléctricas viejas son: diseños inadecuados de las redes eléctricas; sistemas de tierra deficientes; conexión de cargas que inducen perturbaciones en la red eléctrica, no cuentan con un conducto que se los proteja del sol; etc.

### **PREGUNTA No. 3.**

#### **¿Tipos de cargas que piensa remplazar en un futuro en su empresa?**

El Ingeniero Jorge Peñafiel manifiesta que con el avance de la tecnología y para que la empresa vaya a la par con la tecnología piensa modificar los motores de las bombas de fumigación por unas de mayor potencia, más eficientes y de esta manera tener una mayor concentración del producto a la hora de fumigar.

En la empresa se encuentran diferentes dispositivos electrónicos y equipos eléctricos los mismos que se encargan de realizar trabajos a la par con el hombre, además están destinados a aprovechar las señales eléctricas pero a su vez estos dispositivos son los que distorsionan la onda fundamental o dan variaciones de voltaje al momento de su arranque.

### **PREGUNTA No. 4.**

#### **¿Si llegara a cambiar las potencias de los equipos eléctricos en que área los reemplazaría?**

El Ingeniero Jorge Peñafiel menciona que la empresa como tal está copada en todas las áreas, es decir que no tiene a donde más crecer y lo único que tiene en mente es cambiar de capacidad a las bombas de fumigación, obviamente que esto se lo realizará gracias al estudio que se está efectuando.

Luego de haber colocado los analizadores en los diferentes transformadores de la empresa AGRINAG S.A., se puede constatar que hay variaciones de voltaje, potencia, corriente, y un factor de potencia que está por debajo del valor que acepta la empresa distribuidora, además no se cuenta con un diagrama unifilar en la parte eléctrica es por esto que es necesario este estudio; el incremento de potencia en las bombas de fumigación es tratar de utilizar toda la energía disponible que se encuentra en los centros de transformación.

## **2.5 Levantamiento de Información de Cargas en la Empresa AGRINAG S.A.**

En este paso se realizó el levantamiento de todos los equipos eléctricos como son motores de fuerza, iluminación, equipos de oficina, taller etc.

Toda la información esta recopilada en tablas, diseñadas para este estudio de investigación en los mismos que cuenta con la ubicación de los equipos eléctricos datos de las placas importantes como: voltaje, potencia aparente, factor de potencia.

Para realizar el levantamiento de las diferentes cargas que se encuentran instalada en la empresa AGRINAG S.A., lo más común es lo siguiente:

- Diagrama Unifilar de la empresa AGRINAG S.A.
- Transformadores
- Tableros de distribución
- Motores eléctricos
- Sistemas de iluminación
- Equipos de oficina
- Cocina / Comedor / Vestuarios
- Taller de mantenimiento

La determinación de la potencia instalada es la suma de toda la carga que se encuentra instalado en la empresa, una vez que se realice su respectiva simulación seleccionar el área que está afectando la calidad de servicio eléctrico a la empresa.

### ***2.5.1 Diagrama Unifilar***

Es un plano de las instalaciones eléctricas existentes, ya que permite al personal administrativo tener claro de la estructura y funcionamiento del sistema de distribución de bajo voltaje de la empresa AGRINAG S.A.

En el diagrama se incluye los diferentes circuitos que van desde la red de Medio Voltaje de la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A., transformadores, tableros, se debe indicar la ubicación de los elementos, el calibre del conductor, el tipo de protección y observaciones generales.

El diseño del diagrama unifilar es totalmente nuevo para ello fue necesario trabajar con el personal de mantenimiento de la empresa porque ellos son los que conocen las instalaciones eléctricas así como su ubicación, mencionaron también que de contar con un plano sería una guía para ir registrando los cambios que se vaya realizando.





### 2.5.1.1 Descripción de las áreas de estudio.

Las áreas de estudio corresponde al análisis del sistema de distribución de bajo voltaje empezando desde el transformador trifásico que se alimenta de un voltaje de 13.8 kV de la red de la Sub-Estación Mulalo salida No. 1.

En las áreas de estudio se identificó cada uno de los equipos eléctricos que se encuentran conectados al sistema de distribución de bajo voltaje, fue importante la recopilación de los parámetros de cada elemento para una mejor modelación.

### 2.5.2 Información de los Transformadores de la Empresa AGRINAG S.A.

En este paso se detalla el estado de cada uno de los transformadores que se encuentran instalados en la empresa.

Para fines de estudio a los diferentes transformadores que se encuentran instalados en la empresa se ha dividido por áreas, además cada transformador tiene su propia carga que debe abastecer para la producción y proceso de las diferentes variedades de rosas.

A continuación se detalla la información de los transformadores de distribución trifásicos de la empresa.

TABLA N° 2 DATOS DE LOS DIFERENTES TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA AGRINAG S.A.

DATOS DE LOS TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA AGRINAG												
Provincia	Canton	Parroquia	Alimentador	Medio Voltaje	Montaje	No. Transformador	Código de Estructura	Potencia KVA	Conexión	Configuración BV	Fase de Conexión	Propiedad
Cotopaxi	Latacunga	Joseguango Bajo	MLS1	13.8 kV	Poste	9616	3C50T	50	Dy5	Estrella	ABC	Particular AGRINAG
						S/N	3C75T	75				
						1775	3C75T	75				
						1523	3C100T	100				

*Elaborado Por: Investigador*

## 2.6 Parámetros Eléctricos Medidos en la Empresa Florícola AGRINAG S.A.

Para graficar los diferentes parámetros eléctricos se utilizaron una instrumentación fija como se menciona en el Capítulo 1. Además en este paso se tabula tres magnitudes eléctricas por cada transformador y estas son:

- Voltaje (V)
- Potencia Aparente (VA)
- Factor de Potencia (Calculado)

### 2.6.1 Medición en el Transformador No. 9616

Para fines de estudio las diferentes gráficas se toma de un día laborable en la empresa, en este caso las gráficas son del Martes 15 de Septiembre del 2015 y de los otros días se puede apreciar en el ANEXO No. 12.

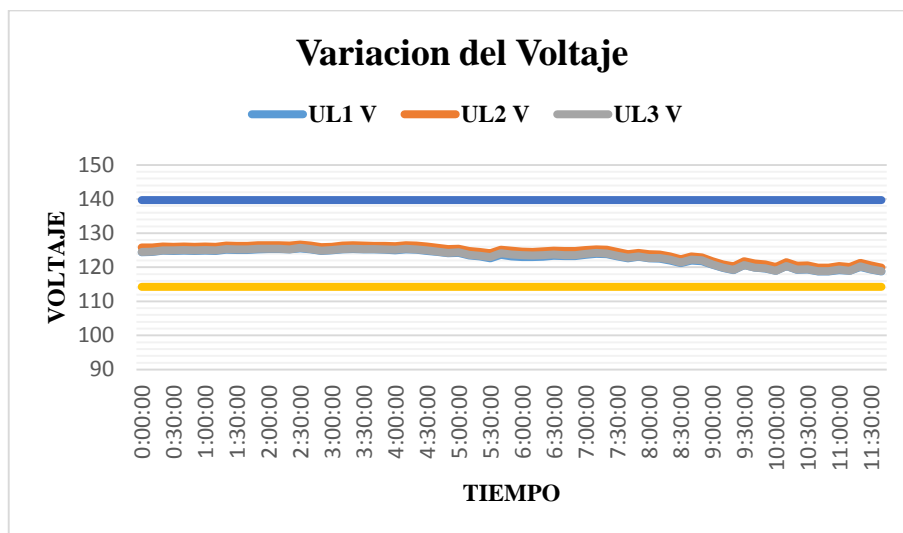
TABLA N° 3 LEVANTAMIENTO DE CARGA DEL ÁREA No. 1

CARGA							BREAKER	ILUMINACIÓN		
AREA	No. TR	Equipo	Cantidad	Marca	Potencia [W]	Total [W]	Tipo	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]
1	9616	Bomba de Agua (7,5HP)	1	Siemens	5595	5595	Fusibles 100A	100	5	500
		Bombas de Fumigar (5HP)	2	Siemens	3730	7460				
		Motor (compostera)	1	Siemens	5595	5595				
<b>Potencia Total [W]</b>						<b>19150</b>				

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 3 se puede apreciar la carga que se encuentra instalado en transformador No. 9616 que en este caso sería la primera área de estudio.

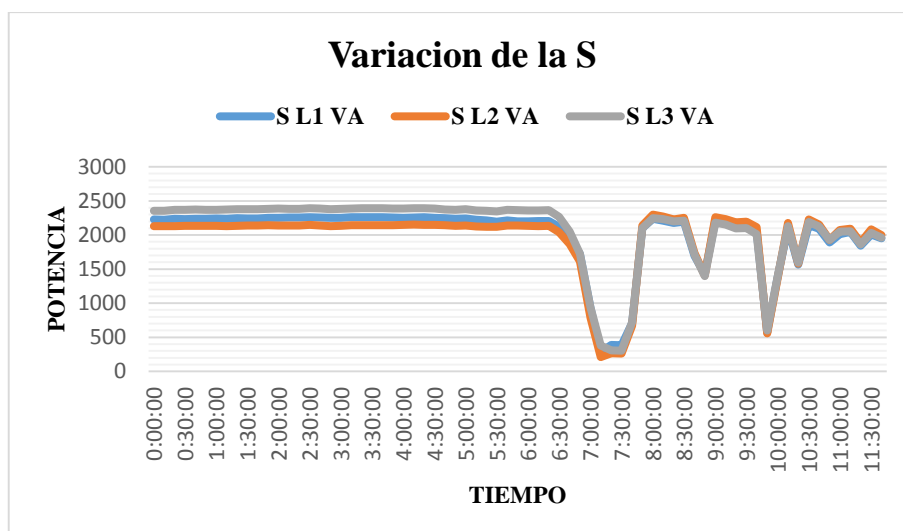
FIGURA N° 8 VARIACIÓN DE VOLTAJE TRANSFORMADOR No. 9616



*Elaborado Por: Investigador*

En la Figura No. 8 se puede apreciar las señales del voltaje analizado y se encuentra dentro de las variaciones permitidas por la regulación.

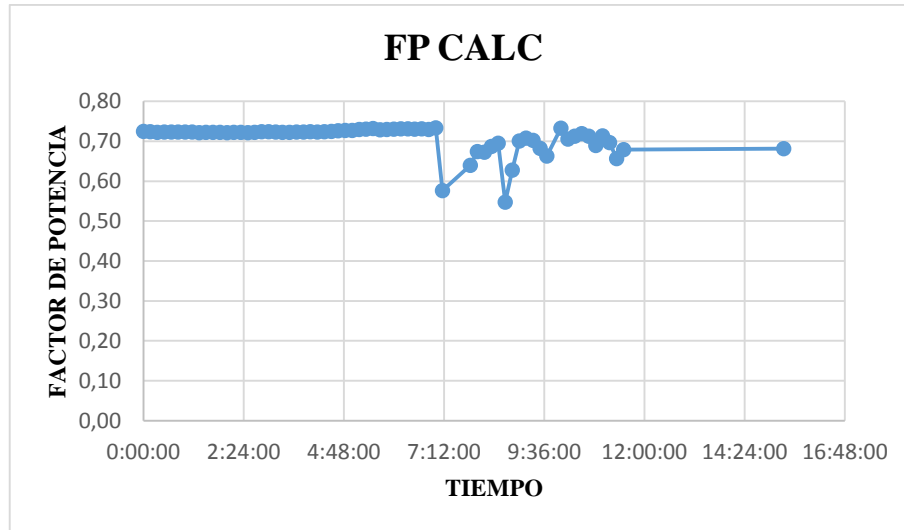
FIGURA N° 9 POTENCIA POR FASE DEL TRANSFORMADOR No. 9616



*Elaborado Por: Investigador*

En la Figura No. 9 se puede observar las variaciones de la potencia debido a la conexión y desconexión de las bombas de fumigación en esta área.

FIGURA N° 10 F. P. DEL TRANSFORMADOR No. 9616



*Elaborado Por: Investigador*

En la Figura No. 10 se observa la variación del factor de potencia el mismo que no se encuentra dentro de los límites de calidad de servicio.

TABLA N° 4 RESUMEN POR DÍA DEL TRANSFORMADOR No. 9616

# Días	Voltaje (V)			Potencia (VA)			PF
	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3	
Día 1	123,02	124,81	123,63	4639,79	4914,40	5091,06	0,86
Día 2	125,61	127,03	125,80	2289,71	2307,30	2625,64	0,77
Día 3	127,73	129,13	127,90	415,52	282,96	328,70	0,89
Día 4	124,43	126,16	124,86	2214,29	2140,71	2353,02	0,73
Día 5	125,54	126,69	125,67	2262,80	2300,71	2393,50	0,73
Día 6	127,73	129,13	127,90	415,52	282,96	328,70	0,89
Día 7	124,43	126,16	124,86	2226,02	2140,71	2353,41	0,73

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 4 se aprecia las variaciones de un  $\pm 4\%$  del voltaje dependiendo del día de trabajo, el factor de potencia que oscila desde 0,73 a 0,89 mismo que no está dentro de los límites de calidad de servicio que el distribuidor exige y obviamente la potencia aparente.

### 2.6.2 Medición en el Transformador No. S/N

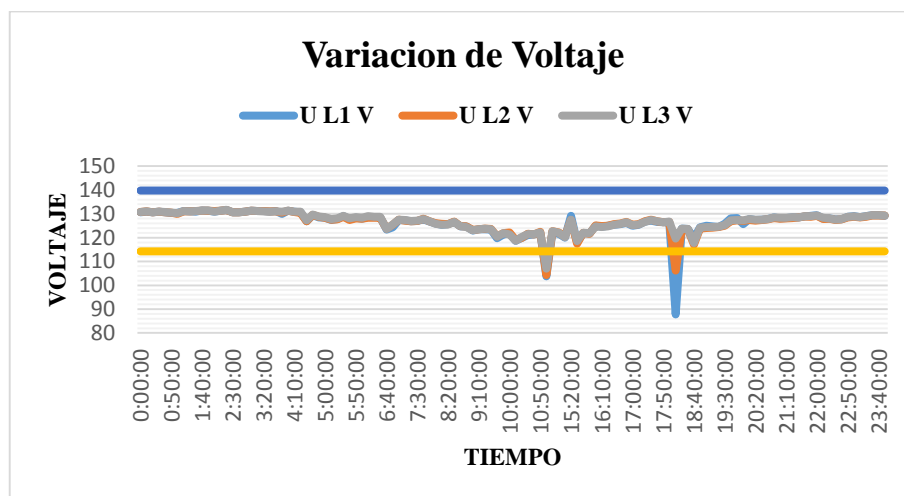
TABLA N° 5 LEVANTAMIENTO DE CARGA DEL ÁREA No. 2

CARGA							BREAKER	ILUMINACIÓN		
AREA	No. TR	Equipo	Cantidad	Marca	Potencia [W]	Total [W]	Tipo	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]
2	S/N	Motor (1 HP)	2	Siemens	746	1492	100 A	250	4	1000
		Motor (5 HP)	2	Siemens	3730	7460	250 A	100	2	200
		Motor (7,5 HP)	6	Siemens	5595	33570				
Potencia Total [W]						43722				

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 5 se aprecia toda la carga instalada en el área No. 2 de la empresa.

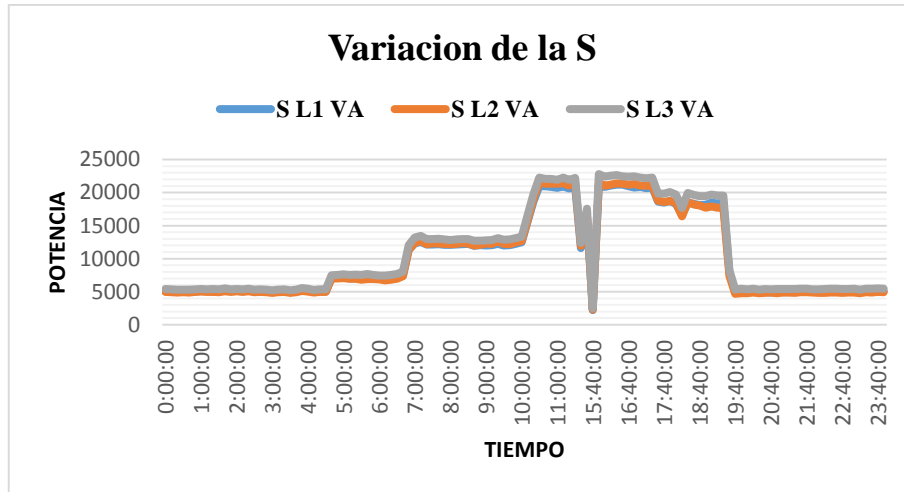
FIGURA N° 11 VARIACIÓN DE VOLTAJE TRANSFORMADOR No. S/N



*Elaborado Por: Investigador*

En la Figura No. 11 se puede apreciar la constante variación del voltaje que existe por la conexión y desconexión de las bombas de agua.

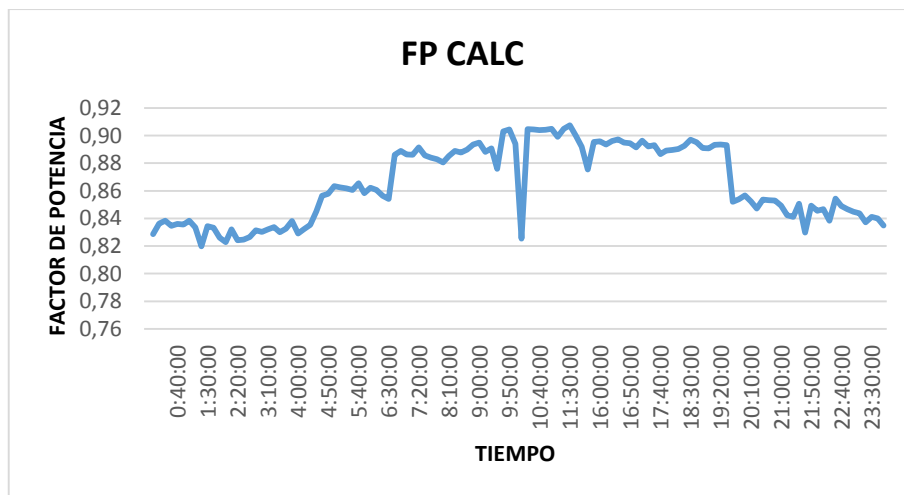
FIGURA N° 12 POTENCIA POR FASE DEL TRANSFORMADOR No. S/N



*Elaborado Por: Investigador*

En la Figura No. 12 se observa el incremento y decremento de la potencia ya que existen motores para el bombeo del agua a los diferentes bloques de la empresa.

FIGURA N° 13 F. P. DEL TRANSFORMADOR No. S/N



*Elaborado Por: Investigador*

En la Figura No. 13 se puede apreciar la constante variación del factor de potencia debido a que se utiliza motores para el bombeo de agua a los diferentes bloques.

TABLA N° 6 RESUMEN POR DÍA DEL TRANSFORMADOR No. S/N

# Días	Voltaje (V)			Potencia (VA)			PF
	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3	
Día 1	128,96	128,49	129,01	20463,79	20731,36	21815,37	0,90
Día 2	130,84	130,53	131,05	23455,10	22839,59	24785,11	0,89
Día 3	132,62	132,67	133,14	12766,96	13060,99	13794,12	0,88
Día 4	132,46	132,72	132,88	21158,69	21619,35	22448,52	0,91
Día 5	131,62	131,57	131,67	21221,42	21630,13	22823,91	0,91
Día 6	131,62	131,41	131,57	22949,36	22513,21	24396,99	0,91
Día 7	131,41	131,41	131,41	23013,07	22621,02	24901,75	0,90

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 6 se aprecia las variaciones del voltaje en un + 4 %, la potencia aparente, el factor de potencia que oscila desde 0,88 a 0,91 pese a tener dos botellas de capacitores está por debajo de los límites de calidad de servicio que la distribuidora exige a la empresa.

### 2.6.3 Medición en el Transformador No. 1775

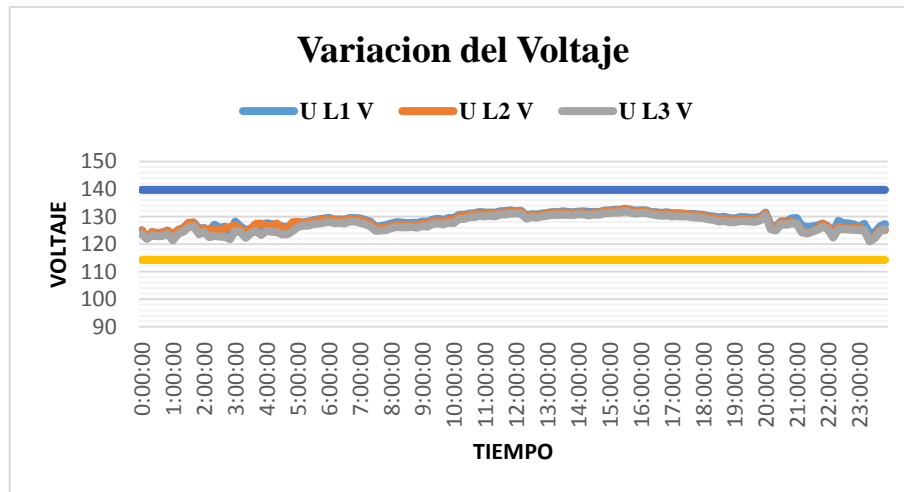
TABLA N° 7 LEVANTAMIENTO DE CARGA DEL ÁREA No. 3

		CARGA					BREAKER	ILUMINACIÓN		
AREA	No. TR	Equipo	Cantidad	Marca	Potencia [W]	Total [W]	Tipo	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]
3	1775	Bomba de Agua (20 HP)	1	Siemens	14920	14920	75 A	100	4	400
		B. Fumigar (5 HP)	2	Siemens	3730	7460	70 A			
							70 A			
Potencia Total [W]					22780					

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 7 se aprecia la carga instalada en el área No. 3, ya que existe una carga de gran capacidad para la extracción de agua de un río subterráneo.

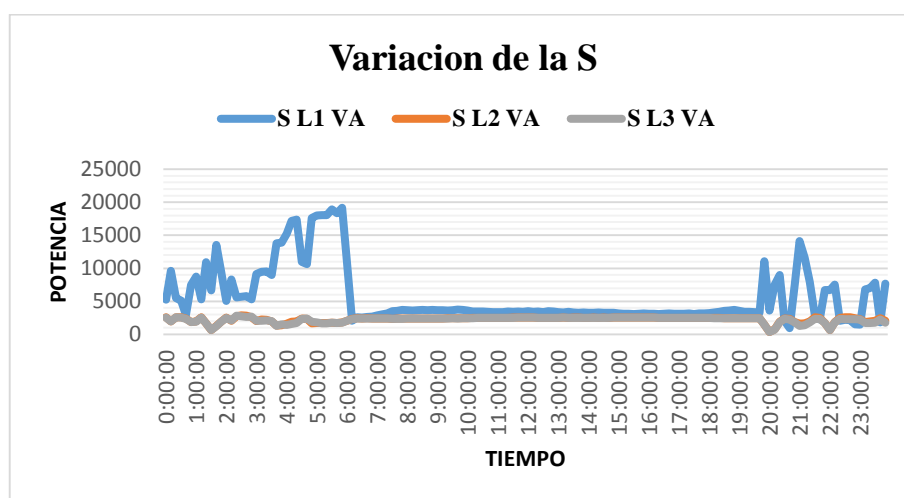
FIGURA N° 14 VARIACIÓN DE VOLTAJE TRANSFORMADOR No. 1775



*Elaborado Por: Investigador*

En la Figura No. 14 se verifica la variación del voltaje del transformador No. 1775.

FIGURA N° 15 POTENCIA POR FASE DEL TRANSFORMADOR No. 1775

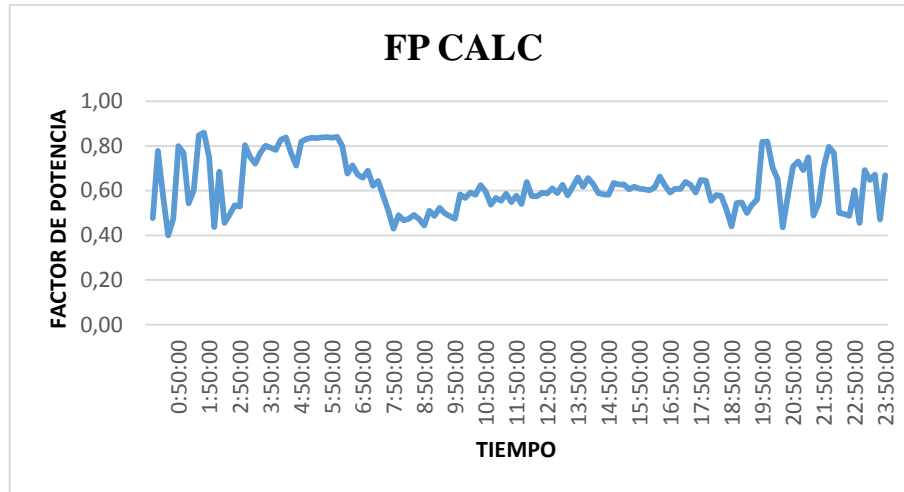


*Elaborado Por: Investigador*



En la Figura No. 15 se puede apreciar la potencia en las tres fases que no está equilibrada y hay variaciones bastante considerables que tomar en cuenta.

FIGURA N° 16 F. P. DEL TRANSFORMADOR No. 1775



*Elaborado Por: Investigador*

En la Figura No. 16 se aprecia la variación del factor de potencia siendo esta el área de mayor problema con los índices de calidad de servicio que exige la distribuidora.

TABLA N° 8 RESUMEN POR DIA DEL TRANSFORMADOR No. 1775

# Días	Voltaje (V)			Potencia (VA)			PF
	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3	
Día 1	135,21	135,08	134,05	19998,73	2828,61	2771,27	0,84
Día 2	135,21	135,08	134,05	19998,73	2828,61	2771,27	0,90
Día 3	133,06	132,85	131,76	17474,45	2768,82	2755,59	0,90
Día 4	133,01	132,70	131,89	16345,36	2821,26	2728,15	0,88
Día 5	132,88	132,54	131,89	19175,92	2858,50	2814,40	0,86
Día 6	136,67	131,78	130,61	16345,36	2676,69	2648,27	0,88
Día 7	130,24	129,80	128,62	1914,65	2265,04	2305,23	0,84

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 8 se puede apreciar la constante variación de las magnitudes eléctricas es por esto que la propuesta va enfocada a esta área (Transformador No. 1775), ya que el factor de potencia varía desde 0,84 a 0,90 que es el más alto.

#### 2.6.4 Medición en el Transformador No. 1523

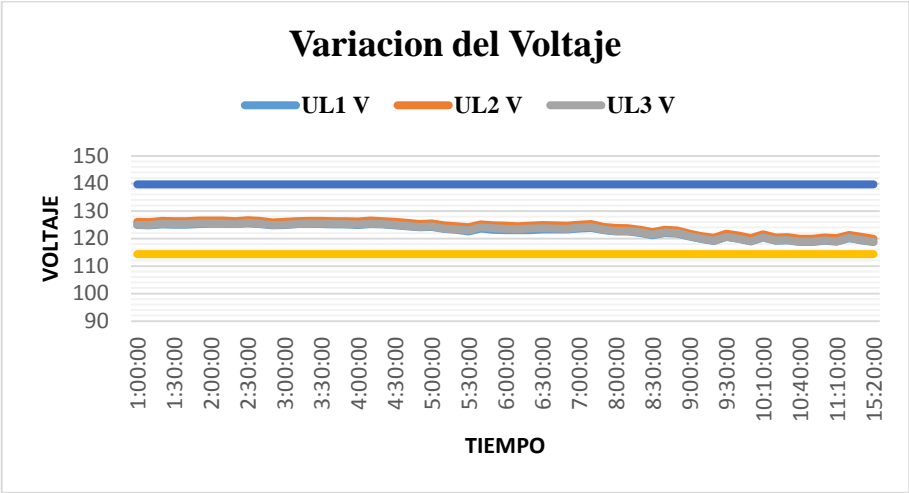
TABLA N° 9 LEVANTAMIENTO DE CARGA DEL ÁREA No. 4

		CARGA					BREAKER	ILUMINACIÓN		
AREA	No. TR	Equipo	Cantidad	Marca	Potencia [W]	Total [W]	Tipo	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]
4	1523	Ventilador	4	Copeland	7040	28160	225 A	40	188	7520
		CPU	16	Samsung	280	4480	100 A	60	20	1200
		Monitor	16	Samsung	33	528		100	6	600
		Impresora	1	Samsung	300	300				
		Soldadora	1	INDURA	6600	6600				
		Motor (1,5 HP)	2	Siemens	746	1492				
		Motor (3 HP)	1	Siemens	2238	2238				
		Motor (7,5 HP)	1	Siemens	5595	5595				
Potencia Total [W]					58713					

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 9 se puede apreciar toda la carga que se encuentra instalada en la cuarta área, además cabe mencionar que en esta área existe dos botellas de capacitores de 5 KVAR (10 KVAR) es por esto que se obviara también a esta área para enfocar la propuesta.

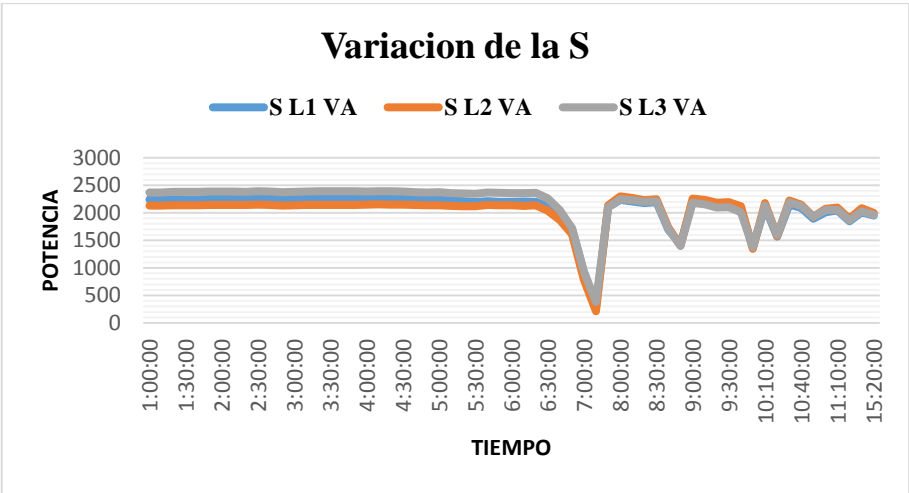
FIGURA N° 17 VARIACIÓN DE VOLTAJE TRANSFORMADOR No. 1523



Elaborado Por: Investigador

En la Figura No. 17 se observa la variación del voltaje el mismo que se encuentra dentro de los límites que exige la empresa distribuidora.

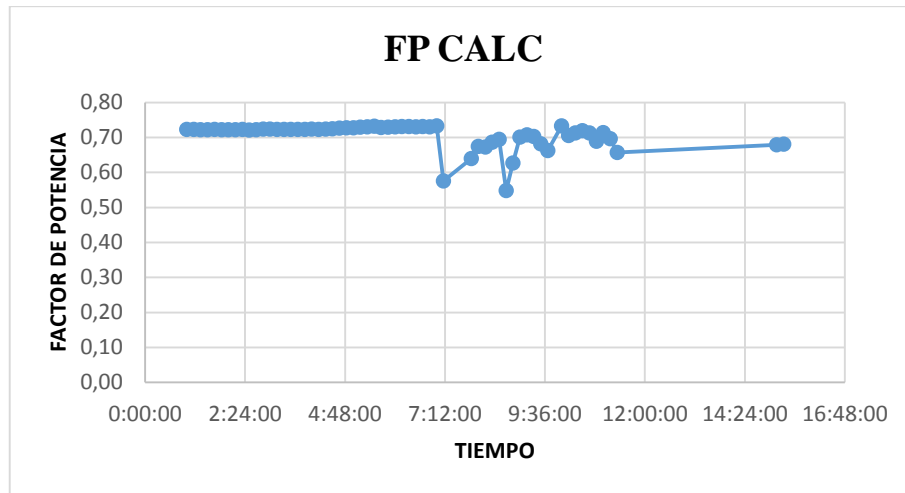
FIGURA N° 18 POTENCIA POR FASE DEL TRANSFORMADOR No. 1523



Elaborado Por: Investigador

En la Figura No. 18 se aprecia la variación de la potencia aparente de acuerdo a la utilización de los equipos eléctricos que existe en esta área, cabe mencionar que a partir de las 07.00 de la mañana son los problemas con las magnitudes eléctricas.

FIGURA N° 19 F. P. DEL TRANSFORMADOR No. 1523



*Elaborado Por: Investigador*

En la Figura No. 19 se puede apreciar la variación del factor de potencia pese a que se encuentra instalado un banco de capacitores (10 KVAR), está por debajo de los límites que exige la empresa distribuidora.

TABLA N° 10 RESUMEN POR DÍA DEL TRANSFORMADOR No. 1523

# Días	Voltaje (V)			Potencia (VA)			PF
	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3	
Día 1	123,02	124,81	123,63	4639,79	4914,40	5091,06	0,86
Día 2	125,61	127,03	125,80	2289,71	2307,30	2625,64	0,77
Día 3	127,73	129,13	127,90	415,52	282,96	328,70	0,89
Día 4	127,14	128,61	127,07	2294,41	2162,33	2406,24	0,80
Día 5	125,54	126,69	125,67	2262,80	2300,71	2393,50	0,73
Día 6	123,02	124,81	123,63	4639,79	4914,40	5091,06	0,86
Día 7	127,73	129,13	127,90	415,52	282,96	328,70	0,89

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 10 se cuenta con el resumen de la variación de las magnitudes eléctricas, cabe mencionar que se encuentra instalado un banco de capacitores es por esta razón que se obviara esta área para enfocar la propuesta.

### ***2.6.5 Información de los Conductores Eléctricos de Bajo Voltaje.***

En este paso se detalla de donde a donde es el recorrido de los conductores eléctricos para saber la caída de voltaje que sufre o con cuanto de voltaje llega al último punto de conexión. Los conductores eléctricos de bajo voltaje para la producción de rosas son:

- Para el transformador No. 9616 es tipo ACSR No. 1/0 para las tres fases como para el neutro una parte y otra parte de tipo XLPE No. 1/0 para las fases y un No. 1/0 para el neutro.
- Para el transformador No. S/N es de tipo Cu No. 1/0 hasta llegar al tablero principal y a la otra caseta es ACSR No. 1/0.
- Para el transformador No. 1775 es de tipo Cu No. 1/0 tanto las fases como para el neutro hasta llegar al tablero principal.
- Para el transformador No. 1523 el primer tramo es de Cu No. 1/0 hasta llegar al tablero principal y la otra mitad es de tipo ACSR No. 2 hasta llegar al taller el quien está más alejado del centro de transformación.

Los diferentes conductores que llegan a las respectivas cajas de distribución secundarias son de tipo conductor trenzados por su mayor flexibilidad y consecuente facilidad de manejo.

## **2.7 Simulación Estado Actual de la Empresa AGRINAG S.A. en el Software NEPLAN**

En este punto se detalla cómo se encuentra el sistema de distribución de bajo voltaje de cada uno de los transformadores de la empresa AGRINAG S.A. para hacer una comparación con los datos de los analizadores de carga.



TABLA N° 11 RESULTADO TRANSFORMADOR No. 9616

Nodo Nombre	Elemento Nombre	Tipo	P [kW]	Q [kVAr]	I [A]	Cargabilidad [%]	P Pérdidas [kW]	Q Pérdidas [kVAr]
Poste 2	Aluminio # 2	Línea	10,02	4,22	29,1	8,36	0,213	0,02
Poste 5	Aluminio # 2	Línea	9,81	-4,2	29,1	8,36	0,213	0,02
Poste 5	Cu # 6	Línea	5,91	2,5	17,5	0	0,007	0,002
Caseta	Cu # 6	Línea	5,9	-2,5	17,5	0	0,007	0,002
Línea MV	Barra SLACK	Equivalente de Red	25,24	-12,79	1,2	0		
Poste 11	Luminaria 220V	Carga	0	0	0	0		
Poste 13	Mo. Compostera	Máquina Asincrónica	3,73	2,4	11,9	0		
Poste 11	L801108	Línea	3,73	2,4	11,9	0	0,004	0,001
Poste 13	L801108	Línea	3,73	-2,4	11,9	0	0,004	0,001
Poste 13	Lum Na	Carga	0	0	0	0		
Poste 2	Aluminio # dos	Línea	3,74	1,4	10,7	0	0,005	0,001
Poste 8	Aluminio # dos	Línea	3,73	-1,4	10,7	0	0,005	0,001
P31411	B. Fu 3 (5HP)	Máquina Asincrónica	3,73	1,7	11	0		
Poste 15	ASCR # 1/0	Línea	0	0	0	0	0	0
Poste 16	ASCR # 1/0	Línea	0	0	0	0	0	0
Poste 8	Lumin 220V	Carga	0	0	0	0		
Poste 15	B.Fumin 4 (5HP)	Máquina Asincrónica	3,73	2,4	11,9	0		
Poste 5	B. Fumigar 1 (5HP)	Máquina Asincrónica	3,9	1,7	11,6	0		
Poste 8	Bomba F. 2	Máquina Asincrónica	3,73	1,4	10,7	0		
Poste 14	L801191	Línea	3,73	-2,4	11,9	0	0,002	0
P31411	L801191	Línea	3,73	2,4	11,9	0	0,002	0
Poste 1	L801199	Línea	17,52	-8,03	51,5	0	0,012	0,002
Interconexión	L801199	Línea	17,53	8,03	51,5	0	0,012	0,002
Poste 2	L801207	Línea	13,76	-5,62	39,8	0	0,023	0,004

Poste 1	L801207	Línea	13,78	5,63	39,8	0	0,023	0,004
Caseta	B. de Agua 7,5 HP	Máquina Asincrónica	5,9	2,5	17,5	0		
Poste 15	L801215	Línea	3,73	-2,4	11,9	0	0,002	0
Poste 14	L801215	Línea	3,73	2,4	11,9	0	0,002	0
Interconexión	TR 9616	Transformador 2 Dev.	25,03	-12,14	74,3	0	0,215	0,656
Línea MV	TR 9616	Transformador 2 Dev.	25,24	12,79	1,2	0	0,215	0,656
P31411	XLPE 1/0	Línea	7,46	-4,1	22,8	0	0,029	0,005
Interconexión	XLPE 1/0	Línea	7,49	4,11	22,8	0	0,029	0,005
Poste 16	Luminaria	Carga	0	0	0	0		
Poste 11	ACSR #2	Línea	3,73	-2,4	11,9	0	0,011	0,002
Poste 1	ACSR #2	Línea	3,74	2,4	11,9	0	0,011	0,002
Poste 14	Lum Sodio	Carga	0	0	0	0		
P31411	Lumin	Carga	0	0	0	0		

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 11 se puede apreciar los valores de las magnitudes eléctricas en los diferentes puntos de conexión de las cargas, las mismas que fueron extraídas del software NEPLAN gracias a la simulación realizada.

**TABLA N° 12 PÉRDIDAS GENERADAS EN EL ÁREA No. 1**

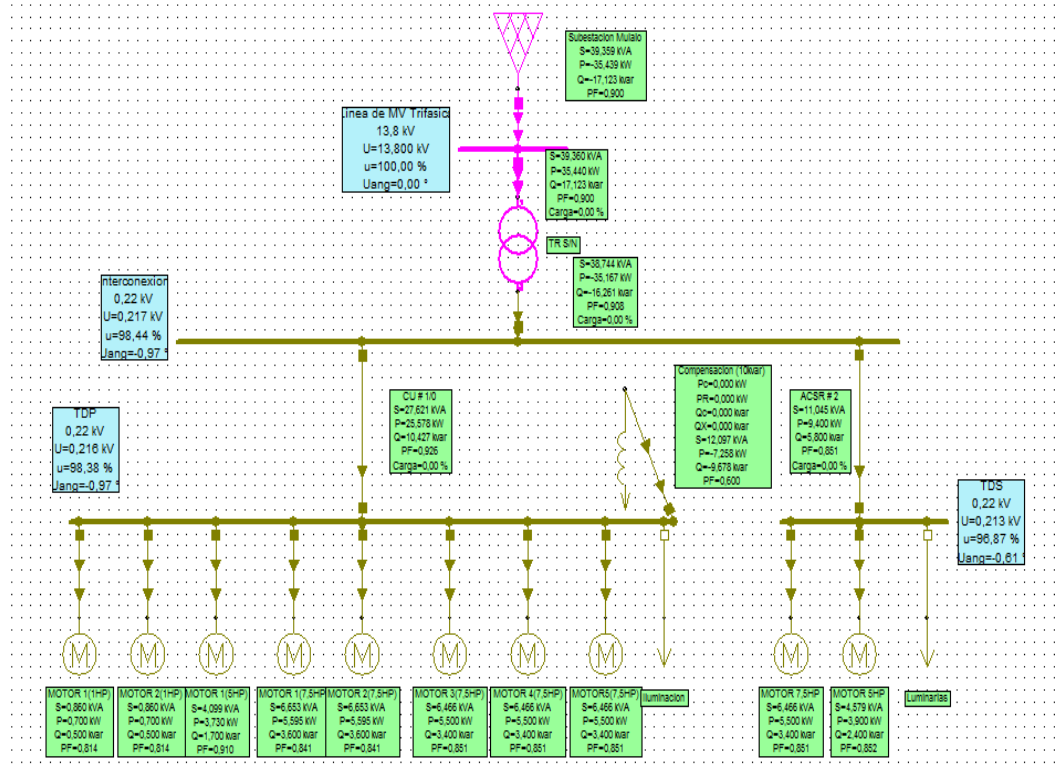
Un [Kv]	Pérdidas P de Línea [kW]	Pérdidas Q de Línea [kVAr]	Pérdidas P de Transf. [kW]	Pérdidas Q de Transf. [kVAr]
0,22	0,31	0,04	0	0
13,8	0	0	0,21	0,66

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 12 se detallada la pérdida de potencia (activa y reactiva) que genera el área No. 1 a la empresa, obviamente de acuerdo a nivel de voltaje ya sea en la Línea o en el Transformador.



FIGURA N° 21 DIAGRAMA DE BAJO VOLTAJE TRANSFORMADOR No. S/N



Elaborado Por: Investigador

TABLA N° 13 RESULTADO TRANSFORMADOR No. S/N

Nodo Nombre	Elemento Nombre	Tipo	P [kW]	Q [kVAr]	I [A]	Cargabilidad [%]	P Pérdidas [kW]	Q Pérdidas [kVAr]
Línea de MV Trifásica	Subestación Mulalo	Equivalente de Red	35,44	-17,12	1,6	0		
TDP	Compensación (10kvar)	Paralelo	7,26	-9,68	32,3	0		
Interconexión	TR S/N	Transformador 2 Dev.	35,17	-16,26	103,3	0	0,273	0,863
Línea de MV Trifásica	TR S/N	Transformador 2 Dev.	35,44	17,12	1,6	0	0,273	0,863

TDP	MOTOR 1(5HP)	Máquina Asincrónica	3,73	1,7	10,9	0		
TDP	MOTOR 1(1HP)	Máquina Asincrónica	0,7	0,5	2,3	0		
TDS	Luminarias	Carga	0	0	0	0		
TDP	MOTOR5(7,5 HP)	Máquina Asincrónica	5,5	3,4	17,2	0		
TDP	MOTOR 4(7,5HP)	Máquina Asincrónica	5,5	3,4	17,2	0		
TDP	Iluminación	Carga	0	0	0	0		
TDP	MOTOR 3(7,5HP)	Máquina Asincrónica	5,5	3,4	17,2	0		
TDP	MOTOR 2(7,5HP)	Máquina Asincrónica	5,6	3,6	17,7	0		
TDP	MOTOR 2(1HP)	Máquina Asincrónica	0,7	0,5	2,3	0		
TDP	MOTOR 1(7,5HP)	Máquina Asincrónica	5,6	3,6	17,7	0		
Interconexión	ACSR # 2	Línea	9,59	5,83	29,9	0	0,189	0,034
TDS	ACSR # 2	Línea	9,4	-5,8	29,9	0	0,189	0,034
TDP	CU # 1/0	Línea	25,56	-10,42	73,6	0	0,016	0,005
Interconexión	CU # 1/0	Línea	25,58	10,43	73,6	0	0,016	0,005
TDS	MOTOR 5HP	Máquina Asincrónica	3,9	2,4	12,4	0		
TDS	MOTOR 7,5HP	Máquina Asincrónica	5,5	3,4	17,5	0		

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 13 se comprueba las variaciones de las magnitudes eléctricas que están casi en los índices de calidad de servicio ya que en esta área dispone de dos botellas de capacitores de 5 KVAR (Total 10 KVAR) por ende se omite esta área para el enfoque de la propuesta.

TABLA N° 14 PÉRDIDAS GENERADAS EN EL ÁREA No. 2

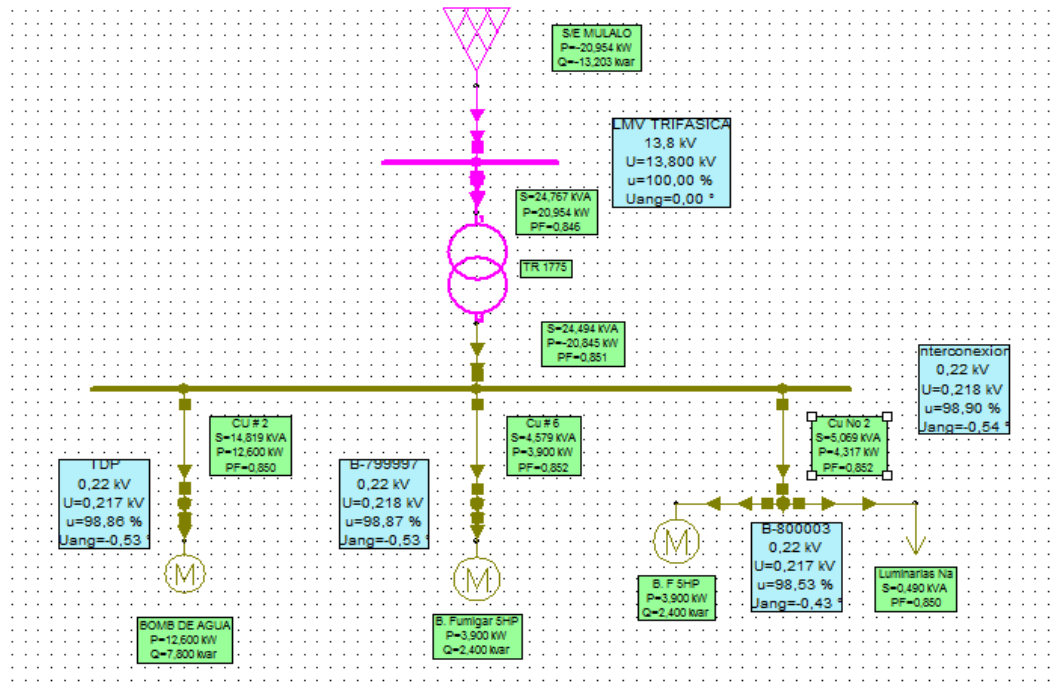
Un [kV]	Pérdidas P de Línea [kW]	Pérdidas Q de Línea [kVAr]	Pérdidas P de Transf. [kW]	Pérdidas Q de Transf. [kVAr]
0,22	0,21	0,04	0	0
13,8	0	0	0,27	0,86

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 14 se aprecia la pérdida de potencia (activa y reactiva) que genera el área No. 2 a la empresa, ya sea de la línea o del transformador obviamente que depende del nivel de voltaje.

FIGURA N° 22 DIAGRAMA DE BAJO VOLTAJE TRANSFORMADOR No.

1775



*Elaborado Por: Investigador*

TABLA N° 15 RESULTADO TRANSFORMADOR No. 1775

Nodo Nombre	Elemento Nombre	Tipo	P [kW]	Q [kVAr]	I [A]	Carga bilidad [%]	P Pérdidas [kW]	Q Pérdidas [kVAr]
B-799997	B. Fumigar 5HP	Máquina Asincrónica	3,9	2,4	12,2	0		
LMV TRIFASICA A	S/E MULALO	Equivalente de Red	20,95	-13,2	1	0		
Interconexión	TR 1775	Transformador 2 Dev.	20,85	-12,86	65	33,03	0,109	0,341
LMV TRIFASICA A	TR 1775	Transformador 2 Dev.	20,95	13,2	1	33,42	0,109	0,341
TDP	CU # 2	Línea	12,6	-7,8	39,3	0	0,006	0,001
Interconexión	CU # 2	Línea	12,61	7,8	39,3	0	0,006	0,001
B-800003	B. F 5HP	Máquina Asincrónica	3,9	2,4	12,2	0		
B-800003	Luminarias Na	Carga	0,42	0,26	1,3	0		
TDP	BOMB DE AGUA	Máquina Asincrónica	12,6	7,8	39,3	0		
B-800003	Cu No 2	Línea	4,32	-2,66	13,5	0	0,021	0,002
Interconexión	Cu No 2	Línea	4,34	2,66	13,5	0	0,021	0,002
B-799997	Cu # 6	Línea	3,9	-2,4	12,2	0	0,001	0
Interconexión	Cu # 6	Línea	3,9	2,4	12,2	0	0,001	0

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 15 se aprecia los parámetros eléctricos extraídos de la simulación del software NEPLAN, además hace falta una compensación de reactivos para mejorar las magnitudes eléctricas y llegar a los índices de calidad que la empresa distribuidora exige.

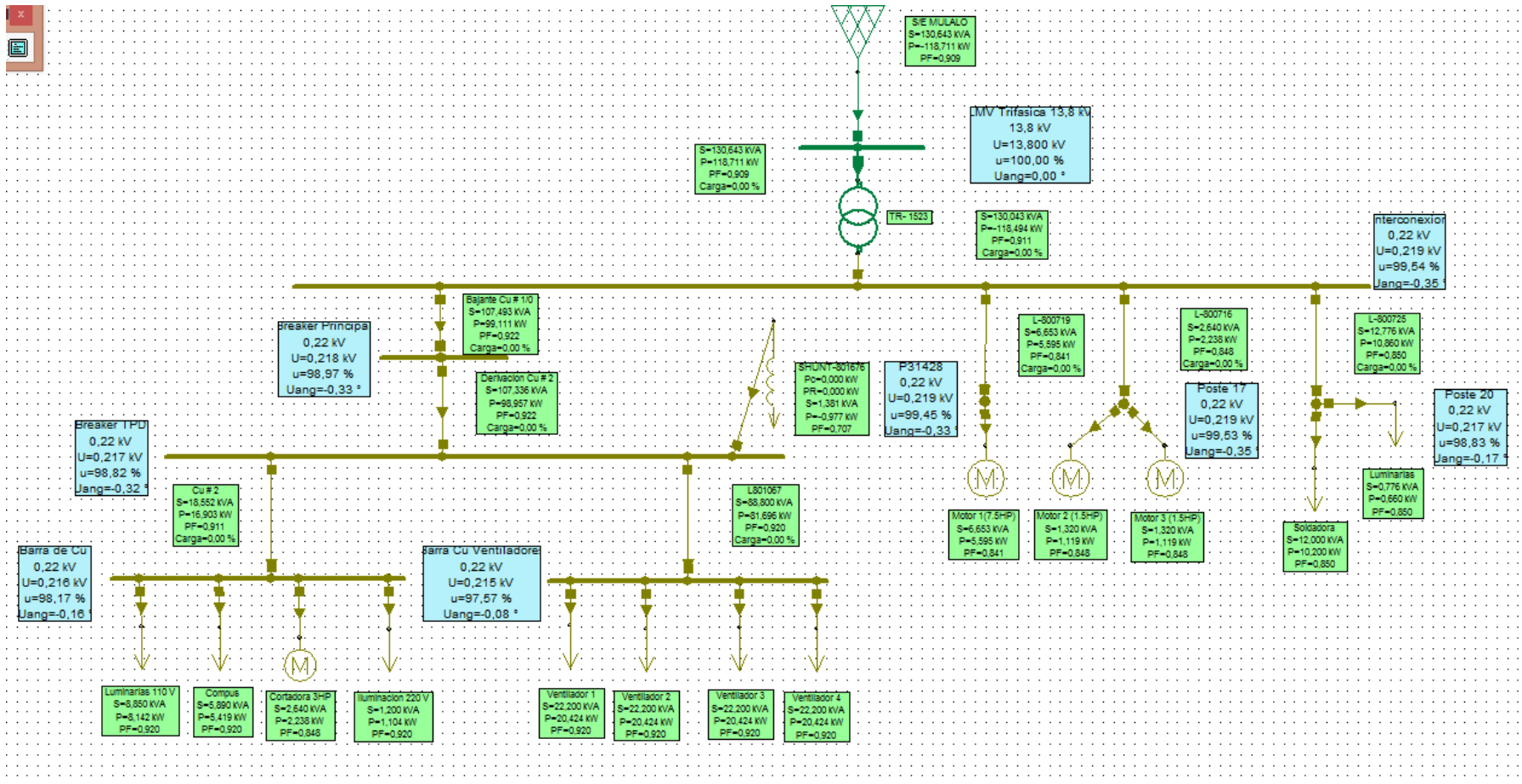
TABLA N° 16 PÉRDIDAS GENERADAS EN EL ÁREA No. 3

Un [KV]	Pérdidas P de Línea [kW]	Pérdidas Q de Línea [kVAr]	Pérdidas P de Transf. [kW]	Pérdidas Q de Transf. [kVAr]
0,22	0,03	0	0	0
13,8	0	0	0,11	0,34

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 16 se detalla un resumen de la pérdida de potencia (activa y reactiva) ya sea en la línea de distribución de bajo voltaje así como en el transformador que esto a la larga cuesta a la empresa.

FIGURA N° 23 DIAGRAMA DE BAJO VOLTAJE TRANSFORMADOR No. 1523



Elaborado Por: Investigador

TABLA N° 17 RESULTADO TRANSFORMADOR No. 1523

Nodo	Elemento	Tipo	P [kW]	Q [kVAr]	I [A]	Carga bilidad [%]	P Pérdidas [kW]	Q Pérdidas [kVAr]
Poste 20	Soldadora	Carga	10,2	6,32	31,9	0		
LMV Trifásica 13,8 kV	S/E MULALO	Equivalente de Red	118,71	-54,54	5,5	0		
Poste 17	Motor 2 (1.5HP)	Máquina Asíncrona	1,12	0,7	3,5	0		
Poste 17	Motor 3 (1.5HP)	Máquina Asíncrona	1,12	0,7	3,5	0		
Barra Cu Ventiladores	Ventilador 1	Carga	20,42	8,7	59,7	0		
Barra Cu Ventiladores	Ventilador 2	Carga	20,42	8,7	59,7	0		
Barra Cu Ventiladores	Ventilador 3	Carga	20,42	8,7	59,7	0		
Interconexión	TR- 1523	Transformador 2 Dev.	118,49	-53,57	342,8	0	0,217	0,971
LMV Trifásica 13,8 kV	TR- 1523	Transformador 2 Dev.	118,71	54,54	5,5	0	0,217	0,971
Barra Cu Ventiladores	Ventilador 4	Carga	20,42	8,7	59,7	0		
Barra Cu Ventiladores	L801067	Línea	81,7	-34,8	238,9	0	1,202	0,1
Breaker TPD	L801067	Línea	82,9	34,9	238,9	0	1,202	0,1
Barra de Cu	Cu # 2	Línea	16,9	-7,65	49,6	0	0,133	0,005
Breaker TPD	Cu # 2	Línea	17,04	7,65	49,6	0	0,133	0,005
Breaker Principal	Derivación Cu # 2	Línea	99,11	41,61	285	0	0,154	0,037
Breaker TPD	Derivación Cu # 2	Línea	98,96	-41,58	285	0	0,154	0,037
Breaker TPD	SHUNT-801676	Paralelo	0,98	-0,98	3,7	0		
Barra de Cu	Compus	Carga	5,42	2,31	15,7	0		
Breaker Principal	Bajante Cu # 1/0	Línea	99,11	-41,61	285	0	0,585	0,214

Interconexión	Bajante Cu # 1/0	Línea	99,7	41,83	285	0	0,585	0,214
Interconexión	L-800716	Línea	2,24	1,4	7	0	0	0
Poste 17	L-800716	Línea	2,24	-1,4	7	0	0	0
Barra de Cu	Iluminación 220 V	Carga	1,1	0,47	3,2	0		
Barra de Cu	Cortadora 3HP	Máquina Asincrónica	2,24	1,4	7,1	0		
Barra de Cu	Luminarias 110 V	Carga	8,14	3,47	23,7	0		
Interconexión	L-800719	Línea	5,6	3,6	17,6	0	0,006	0,001
P31428	L-800719	Línea	5,59	-3,6	17,6	0	0,006	0,001
Interconexión	L-800725	Línea	10,96	6,74	33,9	0	0,099	0,014
Poste 20	L-800725	Línea	10,86	-6,73	33,9	0	0,099	0,014
Poste 20	Luminarias	Carga	0,66	0,41	2,1	0		
P31428	Motor 1(7.5HP)	Máquina Asincrónica	5,6	3,6	17,6	0		

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 17 se encuentra detallada la variación de las magnitudes eléctricas extraídas de la simulación así como las pérdidas que genera a la empresa.

TABLA N° 18 PÉRDIDAS GENERADAS EN EL ÁREA No. 4

Un [kV]	Pérdidas P de Línea [kW]	Pérdidas Q de Línea [kVAr]	Pérdidas P de Transf. [kW]	Pérdidas Q de Transf. [kVAr]
0,22	2,18	0,37	0	0
13,8	0	0	0,22	0,97

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 18 se aprecia un resumen de la pérdida de potencia (activa y reactiva) del área No. 4, cabe señalar que depende del lugar y del nivel de voltaje además existe dos capacitores de 5 KVAR (Total 10 KVAR) es por esto que se obviara esta área para el enfoque de la propuesta.



## **Resultado**

De los diferentes datos extraídos de los analizadores de carga medidos en intervalos de 10 minutos (Regulación ARCONEL 004/01), como los simulados en el software NEPLAN se comprueba que el área No. 3 necesita mejorar las magnitudes eléctricas, como se aprecia las curvas de voltaje, potencia aparente y factor de potencia que están desequilibradas, por último se puede añadir que los dos bancos de capacitores que se encuentran instalados en la empresa no están funcionando en perfectas condiciones y le hace falta la incorporación de más kVAr.

El área donde va enfocado la propuesta es en la No. 3 (Transformador No. 1775 de 75 KVA) de la empresa AGRINAG S.A.

## **2.8 Verificación de la Hipótesis**

### ***2.8.1 Enunciado de la Hipótesis***

Para la realización del presente trabajo de investigación se ha planteado la presente hipótesis.

“El análisis de la demanda eléctrica del sistema de distribución de bajo voltaje permitirá determinar la cargabilidad del sistema eléctrico de la empresa AGRINAG ubicada en la parroquia Joseguango Bajo del cantón Latacunga en el periodo Abril – Diciembre 2015”.

### ***2.8.2 Verificación***

Partiendo de la hipótesis planteada para la ejecución del proyecto, se puede constatar, que la empresa en su gran mayoría no realiza mantenimiento del sistema eléctrico de bajo voltaje, el gerente manifiesta que se debe mejorar el factor de potencia, balancear las cargas de los diferentes transformadores.

Una vez analizados e interpretados los resultados obtenidos a través de las técnicas de investigación aplicada, mismos que muestran un alto porcentaje de interés e importancia que tiene un diagnóstico de cargabilidad del sistema de la empresa AGRINAG S.A.

Con el análisis de resultados anteriormente mencionados se concluye que la hipótesis es viable es decir que El análisis de la demanda eléctrica del sistema de distribución de bajo voltaje permitirá determinar la cargabilidad del sistema eléctrico de la empresa AGRINAG S.A., además se reducirá pérdidas de energía, interrupciones, mejorando así la confiabilidad del sistema.

Entonces es factible la ejecución de este proyecto, ya que los resultados obtenidos en el análisis del sistema de distribución de bajo voltaje para determinar la cargabilidad confirman dicha interrogante.

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL ANÁLISIS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE BAJO VOLTAJE PROPUESTO REALIZAR EN LA EMPRESA AGRINAG S.A.**

#### **3.1. Desarrollo de la Propuesta**

##### ***3.1.1 Tema***

**“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE BAJO VOLTAJE PARA DETERMINAR LA CARGABILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA AGRINAG UBICADA EN LA PARROQUIA JOSEGUANGO BAJO DEL CANTÓN LATACUNGA EN EL PERIODO ABRIL – DICIEMBRE 2015”.**

##### ***3.1.2 Presentación***

En el presente capítulo se realizara la modelación del área del sistema de bajo voltaje de la empresa AGRINAG S.A. mediante el software NEPLAN.

Para el proceso descrito, se realizó el respectivo levantamiento de todos los equipos eléctricos que se encuentran instalados en el transformador, además hay que mencionar que para este estudio se tomó como base la regulación ARCONEL No. 004/01 la cual regula la variación de voltaje a nivel de distribución.

### ***3.1.3 Justificación de la Propuesta***

En la práctica los costos y las restricciones de la utilización de un software adecuado para la simulación de las diferentes cargas que se encuentran instaladas dentro de la empresa no son de fácil cuantificación y más bien son difíciles de predecir. Puesto que las decisiones en la implementación involucran grandes inversiones, costos de operación y se proyecta la infraestructura eléctrica al menos diez años en el futuro, para esto es muy importante contar con estrategias de decisión muy flexibles para incorporar los equipos adecuados, en el tiempo y en el lugar correcto.

Actualmente, la mayoría de los softwares que se utilizan para un análisis de la demanda que dispone la empresa están basados en una secuencia de estudios mediante simulaciones tales como: estudio de la demanda presente y futura, flujos de carga, estabilidad, confiabilidad y estudios económicos. Obviamente este estudio requiere de un profundo análisis de simulaciones y combinaciones aplicando sistemas computacionales apropiados.

Al revisar las diferentes fuentes de consulta se ha podido constatar que existe suficiente información teórica misma que orientará científicamente el desarrollo de la investigación planteada.

En los años recientes he sido testigos del crecimiento de nuevas plantaciones a nivel de la provincia de Cotopaxi, que tienen un número significativo de bloques, por lo cual se busca obtener una mejor forma de regular los parámetros que se encuentran sometidas las empresas que reciben el suministro de energía eléctrica.

La empresa AGRINAG S.A. pretende a futuro satisfacer la demanda que requiere los diferentes equipos eléctricos que se encuentran ubicados dentro de los bloques de producción de rosas así como también las bombas de agua de los reservorios, taller mecánico, poscosecha y cuarto frío (empaquetado de las rosas), que en la actualidad está siendo abastecida por cuatro transformadores de distribución los

mismos que están conectados a la red de la Empresa Eléctrica Cotopaxi (ELEPCOSA.), para lo cual debe cumplir requerimientos técnicos y económicos.

De esta manera la empresa AGRINAG S.A. podrá saber cuánto aumentará o se mantendrá el consumo mensual de energía y a la vez podrá tener una estimación del cambio necesario que se le puede hacer para el consumo eficiente de energía.

Los resultados que se obtenga en este estudio, tratarán de establecer cuál será el nivel de proyección de la demanda, al mismo tiempo plantear algunas estrategias de solución al cambio de potencias de los equipos eléctricos de la plantación, además del uso de motores eficientes, si es necesario el cambio del sistema eléctrico antiguo.

El presente proyecto a realizarse será auspiciado por la empresa AGRINAG S.A., la cual aportará con información pertinente que será de gran utilidad para la correcta simulación de la demanda, el gerente y el personal administrativo serán quienes monitoreen el trabajo planteado.

Durante la ejecución del proyecto hay que tener en cuenta los diferentes gastos que se realizarán, mismos que serán cubiertos en su totalidad por parte del investigador, en este caso como es consulta de fuentes bibliográficas, levantamiento de datos, adquisición del software para las diferentes simulaciones del sistema eléctrico, etc.

En calidad de estudiante en la elaboración del trabajo de investigación se ha recibido información suficiente en la Universidad Técnica de Cotopaxi por ende existe la debida capacidad para llevar acabo el trabajo de tesis.

Para la realización del presente proyecto se cuenta con el debido apoyo de un tutor técnico especializado en la carrera de ingeniería eléctrica y a la vez mencionar que cuenta con espacio suficiente para las diferentes correcciones, por esta razón es que se justifica plenamente el desarrollo del tema de investigación, por cuanto se está aplicando todos los conocimientos adquiridos hasta el presente semestre.

## **3.2 Objetivos**

### ***3.2.1 Objetivo General***

Realizar la simulación del área con problemas eléctricos mediante el software NEPLAN para diagnosticar la cargabilidad del transformador y garantizar un adecuado funcionamiento de sus respectivos equipos eléctricos instalados.

### ***3.2.2 Objetivos Específicos***

- Determinar las posibles perspectivas de cambios de potencia de las cargas instaladas en el área de estudio para saber si cuenta con demanda de potencia.
- Proponer un plan de rediseño de las instalaciones eléctricas, de acuerdo a los niveles de voltaje necesarios para el funcionamiento del sistema de bajo voltaje.
- Determinar el costo de implementación del sistema de compensación que se propone efectuar en la empresa.

## **3.3 Análisis de Factibilidad**

EL presente trabajo de investigación consiste en un análisis de la demanda eléctrica del sistema de distribución de bajo voltaje para determinar la cargabilidad del sistema eléctrico de bajo voltaje y de esta manera dar solución a los parámetros que están siendo afectados así como no saber con cuanto de potencia dispone el área.

### ***3.3.1 Factibilidad Técnica***

#### ***3.3.1.1 Beneficios a obtenerse con la incorporación de capacitores***

Cuando se instala un capacitor en una empresa, se instala una fuente de potencia reactiva, para suprimir las necesidades de las cargas inductivas.

Los capacitores pueden ser usados en la empresa para:

- Elevar el nivel de voltaje.
- Mejorar el factor de potencia
- Reducción de las pérdidas en los circuitos terminales.
- Liberación de la potencia instalada en el transformador.
- Mejorar la operación de los equipos de maniobra y protección.

### 3.3.2 Factibilidad Económica

#### 3.3.2.1 Presupuesto de los capacitores (Instalación).

A continuación se presenta la lista de materiales con sus respectivos precios del sistema de capacitores que se propone implementar en la empresa.

TABLA N° 19 COSTO DE MATERIALES

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO USD	PRECIO TOTAL USD
1	Controlador de Factor de potencia	1	800	800,00
2	Contactador 30A-220V	2	40	80,00
3	Condensador Trifásico 5kVAr-220V	2	110	220,00
4	Transformador de Corriente (200/5)	1	50	50,00
5	Breaker (100-150 A)	4	50	200,00
6	Breaker (3x32) A	2	40	80,00
7	Breaker (3x20) A	1	35	35,00
8	Gabinete	1	60	60,00
9	Conductor 8 AWG THHN-FLEX (metros)	5	1,5	7,50
10	Conductor 4 AWG THHN-FLEX (metros)	10	2	20,00
11	Cable desnudo 8 AWG 7 hilos (metros)	6	4	24,00
12	Imprevistos	1	50	50,00
<b>COSTO TOTAL DE MATERIALES LOCALES</b>				<b>1.626,50</b>

*Elaborado Por: Investigador*

TABLA N° 19 COSTO DE LA INSTALACIÓN

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO USD	PRECIO TOTAL USD
1	Mano de Obra	1	200	200,00
2	Dirección Técnica	1	100	100,00
3	Costo Directos e Imprevistos	1	100	100,00
<b>COSTO TOTAL DE LA INSTALACIÓN</b>				<b>400,00</b>

*Elaborado Por: Investigador*

TABLA N° 20 COSTO DE LA PROPUESTA

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL USD
1	Costo de Materiales	1.626,50
2	Costo de la Instalación	400,00
<b>COSTO DE LA PROPUESTA</b>		<b>2.026,50</b>

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 20 se detalla el costo total de la propuesta ya que se toma en cuenta los costos de los materiales y la instalación del sistema de compensación proyectado para la empresa.

### ***3.3.3 Análisis Económico con y sin Capacitores en la Empresa AGRINAG S.A.***

Para la realización del análisis económico es importante señalar los siguientes parámetros:

1. Costo promedio de Energía: 0,081 centavos de dólar por KWh, para el segundo semestre del año 2015.
2. Costo anual de operación y mantenimiento por el banco de compensación es de 200 dólares americanos.



El dato de costo promedio de la energía fue proporcionado por el departamento de dirección comercial de la ELEPCOSA, el precio anual de operación y mantenimiento a los capacitores de la empresa se consultó a un técnico especialista en instalaciones industriales.

### 3.3.3.1 Costo del consumo de energía del sistema actual y proyectado

TABLA N° 21 COSTO DE LA ENERGÍA

<b>Costo Anual de la Energía (sistema actual)</b>	
Costo de USD/kWh	0,081
KW (año)	39211,58333
Costo Total	\$ 3176,13825

*Elaborado Por: Investigador*

TABLA N° 22 AHORRO DE USD POR AÑO EN AGRINAG S.A.

<b>Ahorro Anual de Energía (Compensado)</b>		
Ahorro	<b>25%</b>	<b>30%</b>
Sistema Actual	\$ 3176,13825	\$ 3176,13825
<b>Total Compensado</b>	\$ 794,0345625	\$ 952,841475

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 22 se estima un ahorro de \$ 700 a \$ 900 USD que la empresa AGRINAG S.A. lo haría si llegara a mejorar el sistema eléctrico de bajo voltaje.

### 3.3.3.2 Costo de operación y mantenimiento del sistema actual y proyectado

TABLA N° 23 COSTO TOTAL DE O/M SISTEMA ACTUAL

<b>Operación y Mantenimiento Instalación Actual</b>	
Total Capacitores	4
Costo de Mantenimiento por Capacitor	\$ 200,00
<b>Costo Total</b>	<b>\$ 800,00</b>

*Elaborado Por: Investigador*

En la TABLA No. 23 se detalla el precio que cuesta dar mantenimiento a los capacitores que se encuentran instalados en la empresa.

TABLA N° 24 COSTO TOTAL O/M DEL SISTEMA PROYECTADO

<b>Costo anual operación y mantenimiento con capacitores</b>	
Total de Capacitores	6
Costo sistema proyectado	\$ 200,00
<b>Total</b>	<b>\$ 1.200,00</b>

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 24 se enuncia los costos de Operación y Mantenimiento al año que cuesta hacer a los capacitores, además los precios fueron proporcionados por un técnico especialista en mantenimiento de instalaciones eléctricas.

### 3.3.4 Retorno de la Inversión del Sistema Proyectado

Para el cálculo del retorno de la inversión se toma en cuenta lo siguiente:

- Costo Total de la Propuesta

- Costo de la Energía (Año 2015)
- Costo de Operación y Mantenimiento (Actual y Proyectado)

TABLA N° 25 AÑOS DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

Años	Parámetro Instalación	Consumo Anual energético	Costo Anual mantenimiento	TOTAL	ACUMULATIVO	RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN
1	Actual	3395,6415	800,00	4195,64	4195,64	-2416,50
	Compensado	848,910375	1.200,00	2048,91	6612,14	
2	Actual	3176,13825	800,00	3976,14	8171,78	-434,40
	Compensado	794,0345625	1.200,00	1994,03	8606,18	
3	Actual	3176,13825	800,00	3976,14	12147,92	1547,71
	Compensado	794,0345625	1.200,00	1994,03	10600,21	
4	Actual	3176,13825	800,00	3976,14	16124,06	3529,81
	Compensado	794,0345625	1.200,00	1994,03	12594,25	
5	Actual	3176,13825	800,00	3976,14	20100,19	5511,91
	Compensado	794,0345625	1.200,00	1994,03	14588,28	
6	Actual	3176,13825	800,00	3976,14	24076,33	7494,02
	Compensado	794,0345625	1.200,00	1994,03	16582,31	
7	Actual	3176,13825	800,00	3976,14	28052,47	9476,12
	Compensado	794,0345625	1.200,00	1994,03	18576,35	
8	Actual	3176,13825	800,00	3976,14	32028,61	11458,23
	Compensado	794,0345625	1.200,00	1994,03	20570,38	
9	Actual	3176,13825	800,00	3976,14	36004,75	13440,33
	Compensado	794,0345625	1.200,00	1994,03	22564,42	
10	Actual	3176,13825	800,00	3976,14	39980,89	15422,43
	Compensado	794,0345625	1.200,00	1994,03	24558,45	

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 26 se aprecia la recuperación del capital invertido que no pasa más allá de los cuatro años, cabe mencionar que la variable del consumo energético se proyecta con los datos históricos de la empresa, mismos que se utilizara para la proyección de los flujos de efectivos que se necesita para el cálculo del VAN y de la TIR entonces se concluye que es factible la ejecución del proyecto.

### 3.3.5 Cálculo del VAN y la TIR

A continuación se procede a calcular la TIR y el VAN donde se necesita las siguientes formulas:

$$VAN = \frac{f1}{(1+i)^{n1}} \pm \frac{f2}{(1+i)^{n2}} - I0 \quad \text{Ecuación 9 (3.3.5)}$$

$$TIR = \frac{-I + \sum_{i=1}^n Fi}{\sum_{i=1}^n *Fi} \quad \text{Ecuación 10 (3.3.5)}$$

**Donde:**

**VAN:** Valor actual neto

**F1:** Flujo neto de efectivo (FNE Compensado)

**I0:** Inversión Inicial

**n:** Numero de Periodos

**TIR:** Tasa interna de rentabilidad

TABLA N° 26 DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA TIR Y EL VAN

DATOS	VALORES
Número de Períodos	10
Tipo de Período	Anual
Tasa de Descuento	10%

*Elaborado Por: Investigador*

TABLA N° 27 FLUJOS DE EFECTIVOS PROYECTADO

PERIODOS ANUALES										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-2176,5	794,035	794,035	794,035	794,035	794,035	794,035	794,035	794,035	794,035	794,035

*Elaborado Por: Investigador*

TABLA N° 28 CÁLCULO DEL VAN

<b>Valor Actual Neto (VAN)</b>			
<b>No.</b>	<b>FNE</b>	<b>(1+i)^n</b>	<b>FNE/(1+i)^n</b>
0	-2176,5		-2176,50
1	794,035	1,10	\$ 721,85
2	794,035	1,21	\$ 656,23
3	794,035	1,33	\$ 596,57
4	794,035	1,46	\$ 542,34
5	794,035	1,61	\$ 493,03
6	794,035	1,77	\$ 448,21
7	794,035	1,95	\$ 407,47
8	794,035	2,14	\$ 370,42
9	794,035	2,36	\$ 336,75
10	794,035	2,59	\$ 306,13
<b>Total</b>			<b>2702,50</b>
<b>VAN</b>			<b>\$ 2.702,50</b>

*Elaborado Por: Investigador*

TABLA N° 29 CÁLCULO DEL LA TIR

<b>Tasa Interna Retorno (TIR)</b>	
<b>Tasa de Descuento</b>	<b>VAN</b>
5%	3954,824416
10%	2702,498654
15%	1808,57575
20%	1152,467738
25%	658,6030022
30%	278,2892136
35%	-20,66218284
40%	-260,0412328
45%	-454,9271383
50%	-615,9704232
<b>TIR=</b>	<b>35%</b>

*Elaborado Por: Investigador*

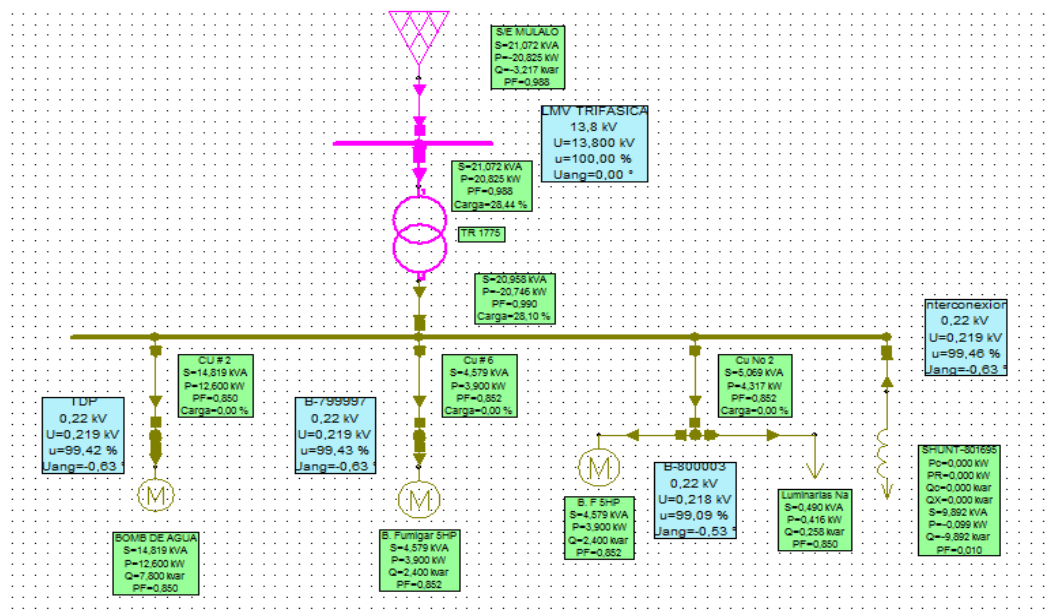
### 3.4 Procedimiento del Análisis del Sistema de Bajo Voltaje

#### 3.4.1 Modelo de Simulación

El análisis de la demanda se realiza en el área No. 3 de la empresa AGRINAG S.A. la misma que se encuentra ubicada en la parroquia de Joseguango Bajo del Cantón Latacunga, el cual comprende en saber la cargabilidad del sistema de bajo voltaje. Las diferentes simulaciones se lo realizo en cuatro etapas:

- Recolectar toda la información de la carga que se encuentra en el transformador de distribución del área No. 3.
- Dibujar los diferentes esquemas eléctricos desde los transformadores hasta la carga.
- Cargar los estados de los diferentes conductores que contiene el sistema de bajo voltaje, así como los datos de los diferentes equipos eléctricos que se encuentran conectados.
- Simulación área propuesta

FIGURA N° 24 SIMULACIÓN ÁREA PROPUESTA



Elaborado Por: Investigador

En la Figura No. 24 se aprecia el mejoramiento de las magnitudes eléctricas en lo que respecta al área No. 3 con la incorporación de capacitores al sistema.

### 3.4.3 Pérdidas que se genera en el área No. 3 de la empresa AGRINAG S.A.

TABLA N° 30 TABLA RESUMEN DE LA PERDIDAS EN EL AREA No. 3

Nodo	Elemento	Tipo	P [kW]	Q [kVAr]	I [A]	Cargabilidad [%]	P Pérdidas [kW]	Q Pérdidas [kVAr]
TDP	Cu # 2	Línea	12,6	-7,8	39,1	0	0,006	0,001
Interconexión	Cu # 2	Línea	12,61	7,8	39,1	0	0,006	0,001
Derivación	B. F. 5HP	Máquina Asincrónica	3,9	2,4	12,1	0		
Derivación	Cu # 6	Línea	3,9	-2,4	12,1	0	0,001	0
Interconexión	Cu # 6	Línea	3,9	2,4	12,1	0	0,001	0
Derivación	Cu No. 2	Línea	4,32	-2,66	13,4	0	0,021	0,001
Interconexión	Cu No. 2	Línea	4,34	2,66	13,4	0	0,021	0,001
TDP	Bomba de Agua	Máquina Asincrónica	12,6	7,8	39,1	0		
Derivación	Luminarias de Na	Carga	0,42	0,26	1,3	0		
LMV TRIFASICA	S/E Mulalo	Equivalente de Red	20,83	-3,22	0,9	0		
Interconexión	TR2 - 1775	Transformador 2 Dev.	20,75	-2,97	55,3	28,1	0,078	0,247
LMV TRIFASICA	TR2 - 1775	Transformador 2 Dev.	20,83	3,22	0,9	28,44	0,078	0,247
Derivación	B. Fumigar 5HP	Máquina Asincrónica	3,9	2,4	12,1	0		
Interconexión	SHUNT-801828	Paralelo	0,1	-9,89	26,1	0		
<b>TOTAL DE PÉRDIDAS</b>							0,212	0,498

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 30 se aprecia el resumen de las variaciones que sufre las magnitudes eléctricas con la incorporación de los capacitores al sistema, por ende la pérdida de potencia también disminuyen en Activa varía un 0,062 kW y en Reactiva un 0,19 kVAR; entonces se puede manifestar que es necesario la incorporación de más de reactivos al sistema de distribución de bajo voltaje de la empresa.

### **3.5 Diseño del Banco de Capacitores Trifásicos**

Con el Analizador de Carga, completamente digital se han conseguido datos de los parámetros eléctricos como: potencia aparente (S), potencia reactiva (Q), potencia activa (P), para el factor de potencia (FP) se ha procedido a su respectivo cálculo utilizando la fórmula enunciada en el Capítulo I, durante un período de tiempo que va desde el 11 de septiembre al 18 de septiembre del 2015.

Con todos estos parámetros eléctricos y los datos obtenidos en el levantamiento de la carga presentado se procede al diseño y al cálculo del valor de los condensadores en kVAR, que permitirá realizar mejorar el recargo en la factura, reducción de caídas de voltaje, reducción de la sección de los conductores eléctricos, disminuir la pérdidas y un aumento de potencia disponible en la instalación.

A partir de las mediciones aguas abajo de los diferentes transformadores los datos para el cálculo del banco de capacitores deben ser los siguientes: Potencia activa (kW), Potencia reactiva (kVAR), Factor de potencia (Cos  $\Phi$ 1). A partir de estos datos elegir el Cos  $\Phi$ 2.

#### ***3.5.1 Cálculo del Banco de Capacitores para el Mejoramiento del Factor de Potencia de 0,84 a 0,98***

Las siguientes fórmulas se utilizan para el cálculo del banco de capacitores.

$$FP_N = \text{Cos } \emptyset$$

***Ecuación 11 (3.5.1)***

$$FP_V = \text{Cos } \emptyset$$

***Ecuación 12(3.5.1)***



$$Q_N = \tan \phi * P \quad \text{Ecuación 13 (3.5.1)}$$

$$Q_V = \tan \phi * P \quad \text{Ecuación 14 (3.5.1)}$$

$$Q_C = Q_V - Q_N \text{ KVAR} \quad \text{Ecuación 15 (3.5.1)}$$

$$C = \frac{Q_C}{2\pi * f * v^2} F \quad \text{Ecuación 16 (3.5.1)}$$

**Donde:**

**FP<sub>N</sub>:** Factor de potencia Nominal

**FP<sub>V</sub>:** Factor de potencia actual

**Q<sub>N</sub>:** Potencia reactiva nominal

**Q<sub>V</sub>:** Potencia reactiva actual

**C:** Capacitor

**P:** Potencia Activa

$$P = 22780 \text{ W}$$

$$P = 22,780 \text{ KW}$$

$$FP_N = \cos \phi$$

$$\cos^{-1} * FP = \phi$$

$$\phi = \cos^{-1} * 0,98$$

$$\phi = 11,48$$

$$FP_V = \cos \phi$$

$$\cos^{-1} * FP = \phi$$

$$\phi = \cos^{-1} * 0,84$$

$$\phi = 32,859$$

$$Q_N = \tan \phi * P$$

$$Q_N = \tan 11,48 * 22,780 \text{ KVAR}$$

$$Q_N = 4,626 \text{ KVAR}$$

$$Q_V = \tan \phi * P$$

$$Q_V = \tan 32,859 * 22,780 \text{ KVAR}$$

$$Q_V = 14,714 \text{ KVAR}$$

$$Q_C = Q_V - Q_N \text{ [KVAR]}$$

$$Q_C = 14,714 - 4,626 \text{ KVAR}$$

$$Q_C = 10,088 \text{ KVAR}$$

$$C = \frac{Q_C}{2\pi * f * v^2} F$$

$$C = \frac{10,088}{2\pi * 60 * (220)^2} F$$

$$C = 0,553 \text{ uF}$$

Mediante los cálculos realizados se obtiene 2 Capacitores de 5 kVAR (10 kVAR Total) necesarios para mejorar las magnitudes eléctricas en el área No. 3.

**3.5.1.1 Calculo de la potencia reactiva en kVAR para la corrección del factor de potencia por día.**

TABLA N° 31 VALORES CALCULADOS DE Qc QUE SE NECESITAN PARA MEJORAR EL FP

Date	Time	P total [W]	FP CALC	Ø 1	Ø 2	Qc=P(TanØ1-TanØ2) [VAr]
15/09/2015	4:00:00	14613,494	0,83	0,59	0,20	6,89
15/09/2015	4:10:00	14645,838	0,83	0,59	0,20	6,78
15/09/2015	4:20:00	14563,509	0,84	0,58	0,20	6,63
15/09/2015	4:30:00	20720,582	0,84	0,56	0,20	8,91
15/09/2015	4:40:00	20332,457	0,86	0,54	0,20	8,13
15/09/2015	4:50:00	20432,429	0,86	0,54	0,20	8,09
15/09/2015	5:00:00	20702,94	0,86	0,53	0,20	7,90
15/09/2015	5:10:00	20650,014	0,86	0,53	0,20	7,93
15/09/2015	5:20:00	20658,835	0,86	0,53	0,20	7,97
15/09/2015	5:30:00	20738,224	0,86	0,53	0,20	8,06
15/09/2015	5:40:00	20661,776	0,87	0,52	0,20	7,76
15/09/2015	5:50:00	20470,653	0,86	0,54	0,20	8,09
15/09/2015	6:00:00	20497,116	0,86	0,53	0,20	7,87
15/09/2015	6:10:00	20605,909	0,86	0,53	0,20	8,00
15/09/2015	6:20:00	20344,219	0,86	0,54	0,20	8,13
15/09/2015	6:30:00	20594,148	0,85	0,55	0,20	8,36
15/09/2015	6:40:00	37451,122	0,89	0,48	0,20	11,99
15/09/2015	6:50:00	38318,523	0,89	0,48	0,20	11,96
15/09/2015	7:00:00	36592,543	0,89	0,48	0,20	11,68
15/09/2015	7:10:00	36166,193	0,89	0,48	0,20	11,58
15/09/2015	7:20:00	37242,358	0,89	0,47	0,20	11,36
15/09/2015	7:30:00	36019,176	0,89	0,48	0,20	11,58
15/09/2015	7:40:00	35442,869	0,88	0,49	0,20	11,54
15/09/2015	7:50:00	35131,193	0,88	0,49	0,20	11,56
15/09/2015	8:00:00	35586,946	0,88	0,49	0,20	11,93

15/09/2015	8:10:00	35260,568	0,89	0,48	0,20	11,37
15/09/2015	8:20:00	35534,02	0,89	0,48	0,20	11,11
15/09/2015	8:30:00	35616,349	0,89	0,48	0,20	11,23
15/09/2015	8:40:00	35472,273	0,89	0,47	0,20	10,98
15/09/2015	8:50:00	35648,693	0,89	0,47	0,20	10,68
15/09/2015	9:00:00	35357,599	0,90	0,46	0,20	10,44
15/09/2015	9:10:00	35457,571	0,89	0,48	0,20	11,14
15/09/2015	9:20:00	35419,347	0,89	0,47	0,20	10,88
15/09/2015	9:30:00	34898,906	0,88	0,50	0,20	12,13
15/09/2015	9:40:00	45986,932	0,90	0,44	0,20	12,13
15/09/2015	9:50:00	45981,051	0,90	0,44	0,20	12,14
15/09/2015	10:00:00	45504,716	0,89	0,46	0,20	12,17

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 31 se puede apreciar la corrección del factor de potencia mediante 2 pasos de acuerdo a la necesidad que lo requiere más o menos haciendo referencia a un día de labor por cada diez minutos.

**TABLA N° 32 VALORES MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE POTENCIA REACTIVA CALCULADA**

	<b><math>Q_c = P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2)</math></b>
Medio	10,88
Máximo	12,17
Mínimo	6,63

*Elaborado Por: Investigador*

En la Tabla No. 32 se muestra un resumen de los valores calculados de las potencias reactivas necesarias, en el cual se presentan valores medios, máximos y mínimos de un día que se labora en la empresa AGRINAG S.A.

### ***3.5.1.2 Armado del banco de condensador.***

Para armar los capacitores se necesita de los siguientes materiales de acuerdo a los cálculos realizados:

- Controlador de potencia reactiva (2 pasos)
- Los condensadores
- Contactores especiales para trabajo con bancos
- Interruptor Principal
- Cables eléctricos de mando y fuerza
- Armario con las dimensiones adecuadas para montar los elementos de fuerza y control
- También se necesita programar el controlador para que trabaje automático.

#### ***3.5.1.2.1 Controlador de potencia reactiva.***

Cuya función es medir el  $\cos \Phi$  de la instalación y dar las órdenes a los contactores para intentar aproximarse lo más posible al  $\cos \Phi$  objetivo (0.98) conectando los distintos escalones (pasos) de potencia reactiva, evitando de este modo una sobrecompensación o una subcompensación. De acuerdo al diseño se necesitará de una potencia reactiva total de 10 kVAr lo cual se conseguirá mediante dos condensadores de 5 kVAr cada uno.

#### ***3.5.1.2.2 Condensadores trifásicos.***

Para la compensación se colocara dos capacitores tubulares de 5 kVAr a 220 V, entonces se proceder a calcular la corriente para posterior calcular el contactor.

$$In = \frac{kVAr}{\sqrt{3} * kV}$$
$$In = \frac{5 kVAr}{\sqrt{3} * 0,220 kV}$$
$$In = 13,12 A$$

**Donde.**

**In:** Corriente Nominal del Capacitor

### ***3.5.1.2.3 Contactores trifásicos.***

Con la corriente del condensador se procede al cálculo de los contactores de la siguiente manera:

$$2 * In$$
$$2 * 13,12 A = 26,24 A$$

**Donde:**

**2:** Dos veces la corriente nominal del capacitor

**In:** Corriente del capacitor

### ***3.5.1.2.4 Interruptor principal.***

Una vez que se a calcula el banco de capacitores con una potencia de 10 kVAr se procede al cálculo del interruptor principal.

$$In = \frac{10 \text{ kVAr}}{\sqrt{3} * 0,22 \text{ kV}}$$
$$In = 26,24 A$$

Además que el interruptor principal debe de soportar una corriente de 1,43 veces de la corriente nominal del banco de capacitores entonces:

$$In \text{ interruptor} = 1,43 * In \text{ Banco}$$

$$In \text{ interruptor} = 1,43 * 26,24 A$$

$$In \text{ interruptor} = 37,52 A$$

**Donde.**

**In:** Corriente del Interruptor Principal

De esta manera se seleccionara un interruptor de 37,52 A uno de valor inmediato superior que sería de 40 A (tres polos).

Además se calcula el fusible que va a proteger al condensador entonces partiendo de la formula se obtiene.

$$I_{\text{interruptor}} = 1,7 * 13,12$$

$$I_{\text{interruptor}} = 22,30 A$$

Entonces se selecciona los fusible de un valor inmediato de 25 A.

#### **3.5.1.2.5 Dimensionamiento de los conductores eléctricos.**

Para el dimensionamiento de los conductores eléctricos se toma en cuenta que deben de soportar un incremento de un 30% de la corriente.

Para los conductores desde el capacitor hasta el contactor se procede de esta manera:

$$I_{\text{conductor}} = 1,3 * I_{\text{condensador}}$$

$$I_{\text{conductor}} = 1,3 * 13,12 A$$

$$I_{\text{conductor}} = 17 A$$

Entonces de acuerdo al cálculo el calibre del conductor es un 8 AWG.

Para el conductor principal se toma la potencia total del banco de capacitores como en este caso es de 10 kVAr se tiene el siguiente cálculo:

$$I_{\text{conductor}} = 1,3 * I_{\text{condensador}}$$

$$I_{\text{conductor}} = 1,3 * 26,24 A$$

$$I_{\text{conductor}} = 34,116 A$$

De acuerdo al cálculo el conductor adecuado es un 6 AWG.

En lo que respecta a las dimensiones del tablero donde se van a alojar los capacitores se procede en el ANEXO porque ahí se detalla las dimensiones que necesita el tablero.

## **3.6 Conclusiones y Recomendaciones**

### ***3.6.1 Conclusiones***

- El sistema eléctrico de bajo voltaje de la empresa AGRINAG S.A. no se encuentra dentro de los límites operativos, presenta algunas particularidades en especial un desbalance de las fases las mismas que deben ser mejoradas para garantizar un funcionamiento adecuado de los diferentes equipos que se encuentran instalados en la misma.
- El factor de potencia en base a cálculos es de 0.84, para poder corregir se empleará un banco de capacitores automáticos de 10 kVAr (5+5 kVAr) de dos pasos, para evitar la penalización que viene acarreado hasta el presente año la empresa.
- También se puede decir, una vez corregido el factor de potencia se cuenta con la posibilidad de incrementar más carga en este transformador, porque al incorporar potencia reactiva se mejora el voltaje, se reduce las pérdidas en el sistema se incrementa la potencia disponible ya que se desconocía la carga que podía incorporar por el temor de aumentar el valor de la penalización.
- La simulación realizada en el software NEPLAN permitió diagnosticar el área con más problemas de las magnitudes eléctricas, con el propósito de visualizar de una manera práctica y detallada los resultados, obteniendo una información de forma instantánea y precisa.

### ***3.6.2 Recomendaciones***

- El sistema de distribución de bajo voltaje existente en la empresa AGRINAG S.A. se encuentra desbalanceada las fases por lo cual se recomienda realizar un balance de la carga para que se encuentre distribuida de forma equitativa.
- La empresa necesita un banco de compensación automático para corregir el factor de potencia que se encuentra fuera del límite de calidad como estipula la regulación 004/01, además con la incorporación de más reactivos al sistema se mejora los niveles de voltaje, se reduce las pérdidas por el efecto de joule se dispone de más potencia por último se aprovecharía toda la capacidad del transformador.
- Se recomienda la inversión en el proyecto ya que su recuperación es rápidamente (cuatro años), de acuerdo al análisis debe aplicarse lo más pronto para aprovechar el precio de los materiales por ende el proyecto es totalmente factible.
- Es recomendable utilizar un software que permita determinar con una veracidad las variaciones de las magnitudes eléctricas y de esta manera no tener que realizar manualmente todos los cálculos.



### **3.7 Términos Básicos**

En el desarrollo del presente trabajo es necesario establecer el significado y definiciones de algunos términos que se describen en el trabajo investigativo y que se puede señalar.

#### **A**

Acometida: Es la instalación que comprende entre el punto de entrega de la energía al consumidor y la red de la empresa eléctrica.

#### **C**

Centro de Transformación: Constituye el conjunto de elementos de transformación, protección y seccionamiento utilizados para la distribución de energía eléctrica.

#### **D**

Disponibilidad: es el tiempo en que el equipo trabaja o está listo para trabajar en forma óptima.

#### **F**

Factor de Potencia: Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente.

Frecuencia De Las Interrupciones: Es el número de veces, en un periodo determinado, que se interrumpe el suministro a un consumidor.

#### **I**

Interrupción: es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los consumidores del área de concesión del Distribuidor.

#### **N**

Niveles de Voltaje: Se refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de Suministro del Servicio.

## **S**

Suficiencia: es la capacidad del sistema eléctrico de distribución para entregar energía continuamente, sin importar los cambios de carga durante el día, con el mínimo de interrupciones programadas y no programadas.

## **V**

Voltaje de Suministro (VS): Es el valor del voltaje del servicio que el Distribuidor suministra en el punto de entrega al Consumidor en un instante dado.

## 3.8 Bibliografía

### 3.8.1 Bibliografía Básica

- Harper E., Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas, Editorial Limusa, [ref. de 20 de septiembre del 2015].
- Harper E., (1992), Manual de las Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales, Ed. Limusa, México, [ref. de 25 de septiembre del 2015].
- Información Tecnológica - 2000 - Página 180, [ref. de 18 agosto del 2015].
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones Eléctricas (Utilización), [ref. de 26 agosto del 2015].
- Protecciones en las instalaciones eléctricas: evolución y perspectivas, [ref. de 02 de septiembre del 2015].
- Rev. Chilena de Ingeniería - Ene-Dic 1999 - Página 55, [ref. de 10 de septiembre del 2015].
- SAMPIERI Nestor1972, Niveles de la Investigación. [en línea] Metodología de la investigación, 10 de Junio del 2010. [ref. de 18 septiembre 2015].

### 3.8.2 Bibliografía Citada

- ENRIQUEZ, Harper. 2004. Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas Segunda Edición. 2004.
- FREIRE, Byron. 2012. Análisis Técnico de la Operación del Alimentador N° 2 de la S/E Otavalo, de la Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A. Quito - Ecuador : EPN, 2012. págs. 16, 18, 30.
- HIDALGO, Geovanny y PAGUAY, Galo. 2009. Reducción de Pérdidas de Energía Eléctrica en los Alimentadores Mediante Compensación Reactiva Considerando Clientes Finales Industriales. Quito-Ecuador : EPN, 2009. págs. 4, 6.

- LLUMILUISA, Robinson y TOVAR, Carlos. 2011. Implementación del Sistema de Facturación y Medidores Prepago en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi - Plan Piloto. Latacunga - Ecuador : UTC, 2011. págs. 33, 40.
- LLUMIQUINGA LOYA, Fredy Santiago. Marzo, 2012. Diseño de un Banco de Condesadores para la Correccion del Factor de Potencia de la Empresa BANCHISFOOD S.A. Quito : s.n., Marzo, 2012. pág. 11.
- LLUMIQUINGA, Fredy. 2012. Diseño de un Banco de Condensadores Para la Correccion del Factor de Potencia de la Empresa BANCHISFOOD S.A. Quito - Ecuador : SPS, 2012. págs. 11, 42.
- MORALES, Edwin. 2009. Proyección de la Demanda Eléctrica de EMELSUCUMBIOS Basada en una Metodología Estandarizada y Diferentes Softwares de Pronósticos. Quito- Ecuador : EPN, 2009. págs. 17, 18, 20.
- PORRAS, Augusto. 2010. Planificación Integral De Redes De Transmisión Y Su transmisión Del Sistema Nacional Interconectado. Quito - Ecuador : EPN, 2010. págs. 33, 40.
- QUISPE, Vicente. 2009. Estudio y Planificación del Sistema de Distribución Eléctrica del Cantón La Mana Jurisdicción de la Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi (ELEPCO S.A.) Utilizando el Programa NEPLAN. Quito - Ecuador : EPN, 2009. págs. 99, 100, 101.
- RIVERA , Jose. 2013. Eficiencia Eléctrica en Alimentadores Primarios de Distribución de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. Ecuador. Cuenca-Ecuador : UC, 2013. pág. 50.
- RODRIGUEZ , Fernando. 2010. Accesorios Utilizados en Instalaciones Eléctricas. Quito - Ecuador : EPN, 2010. págs. 15, 31.
- TIRADO, Sergio. 2008. Departamento de Electricidad Mantenimiento Eléctrico. Quito-Ecuador : EPN, 2008. págs. 10, 12.

### 3.8.3 Bibliografía Electrónica

- CHASILOA, D. (2013). Alternativas de Solución de Crecimiento de la Demanda Proyectada Hacia el Año 2022 en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. Universidad Técnica de Cotopaxi. Disponible en:  
<http://www.cicp-.com/pdf/4.%20INST.ELECTROMECC3%81NICAS-1.pdf>
- RODRIGUEZ, Fernando; (2010). Accesorios Utilizados en Instalaciones Eléctricas; Departamento de Electricidad Mantenimiento Eléctrico; Accesorios Utilizados en las Instalaciones Eléctricas Domiciliarias. Disponible en:  
[http://www.academia.edu/8355452/ACCESORIOS\\_UTILIZADOS\\_EN\\_LAS\\_INSTALACIONES\\_ELECTRICAS\\_DOMICILIARIAS](http://www.academia.edu/8355452/ACCESORIOS_UTILIZADOS_EN_LAS_INSTALACIONES_ELECTRICAS_DOMICILIARIAS).
- Según la dirección electrónica: <http://MANUAL DE LENGUAJE .Pdf>, Publicado por: Jhajaira Gabriela García Vasconez, fecha 2012, consultado 22-12-2014.  
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Cargabilidad-En-Las-Lineas-De-Transmision/3154533.html>
- SOTO, Lauro (2007). Instalaciones Eléctricas. Disponible en:  
<https://descubriendolaingenieriaelectromecanica.wikispaces.com/INSTALACIONES+ELECTRICAS>
- TOAPANTA, W. (2013). Análisis De La Regulación 004/01 Referida a la Calidad del Producto y Servicio Técnico en el Alimentador "Oriental" (52C8-L1) de la Subestación el Calvario en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. en el Periodo 2011: Universidad Técnica de Cotopaxi. Disponible en:  
<http://www.tecsup.edu.pe/especializacion/eléctrica/>.
- VILCAHUAMAN, R. (2000). Análisis Interactivo de Sistemas de Distribución Primarios: Universidad Católica de Chile. Disponible en :  
<http://web.ing.puc.cl/power/paperspdf/vilcahuaman.pdf>

# ANEXOS

*ANEXO N° 1*  
*Empresa Florícola AGRINAG S.A.*



*Fuente: SkyVision Ecuador*

*Elaborado Por: Investigador*

**ANEXO N° 2**

**Certificado de Apertura de la Empresa AGRINAG S.A.**

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**

R.U.C. 0560001270001  
LATACUNGA - ECUADOR

FORMULARIO PARA SOLICITUD  
Decreto Legislativo No. 618 del 24 de Enero de 1995

**SERIE "D"**

VALOR **USD. 0.50**

**Nº 0085090**

Latacunga, 17 de Noviembre del 2014

Ing.  
Jorge Peñafiel  
Gerente técnico de la plantación AGRINAG  
Presente.-

De mi consideración:

Yo, Cesar Augusto Taday Álvarez, con CI. N° 0604492751. Me dirijo ante Ud. respetuosamente me presento y expongo:

Que estando cursando noveno ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Técnica de Cotopaxi, solicito a Ud. permiso para realizar trabajo de Investigación en su Institución sobre "DISEÑO Y PLANIFICACION DEL SISTEMA ELECTRICO DE DISTRIBUCION PARA LOS PROXIMOS AÑOS", para optar el pregrado de Ingeniero Eléctrico.

Esperando sea acogido el presente, reitero mi profundo agradecimiento.

Atentamente,



Taday Álvarez Cesar Augusto

CI. 0604492751

**AGRINAG S.A.**  
FIRMA AUTORIZADA  
D. J. T. M. T. A. D. S.  
18 - NOV - 2014

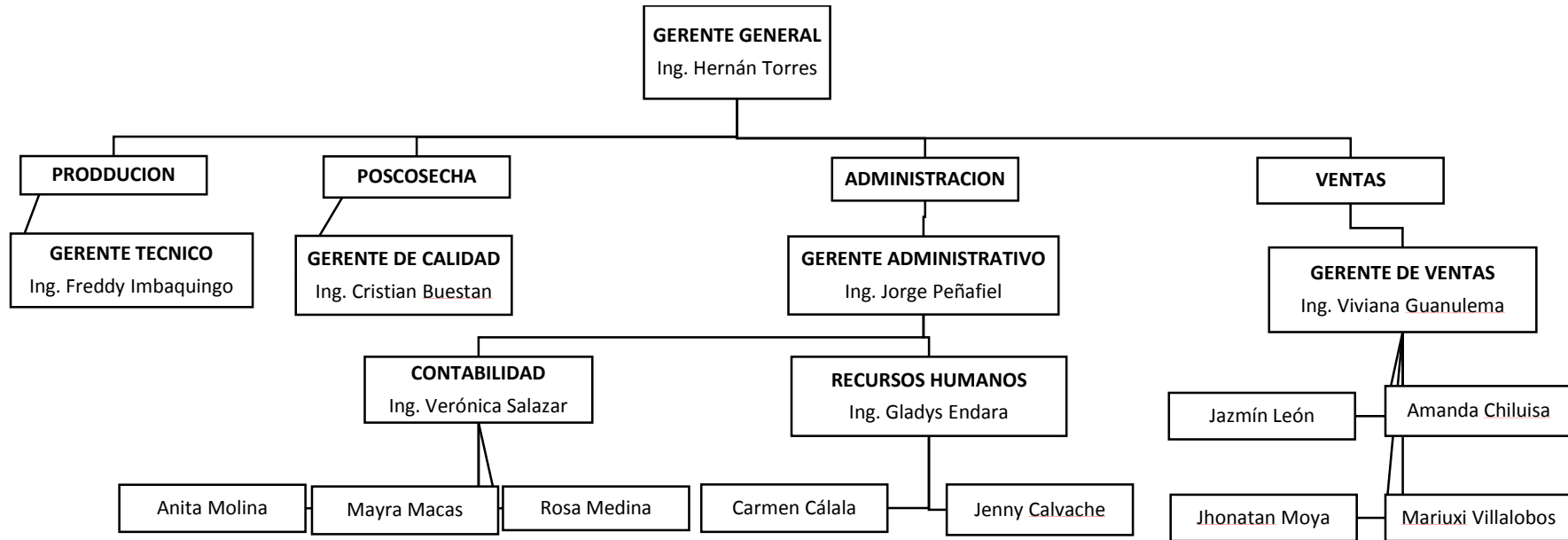
*Fuente: Empresa AGRINAG S.A.*

*Elaborado Por: Investigador*



**ANEXO N° 3**

**Estructura de la Empresa AGRINAG S.A.**



*Fuente: Empresa AGRINAG S.A.*

*Elaborado Por: Investigador*

## ANEXO N° 4

### Característica General de los Conductores Eléctricos

Calibre AWG ó MCM	Sección mm <sup>2</sup>	FORMACION	ESP ESOR AISLAMIENTO mm	DIAMETRO EXTERIOR mm	PESO TOTAL Kg/Km	Capacidad de corriente		TIPO CABLE	Altern. de embal.
		No. de Hilos por diámetro en mm.				Para 1 cond. al aire libre Amp.	Para 3 cond. en conduit Amp.		
20	0.52	1 x 0.813	0.76	2.33	9.81	6	7	TF	A,E
18	0.82	1 x 1,02	0.76	2.54	13.16	6	7	TF	A,E
16	1.31	1 x 1,29	0.76	2.81	18.10	10	8	TF	A,B
14	2.08	1 x 1,63	0.76	3.15	26.10	20	15	TW	A,B
12	3.31	1 x 2,05	0.76	3.57	38.30	25	20	TW	A,C
10	5.26	1 x 2,59	0.76	4.11	57.40	40	30	TW	A,D
8	8.34	1 x 3,26	1.14	5.54	95.20	60	40	TW	A,B
14	2.08	7 x 0,62	0.76	3.38	27.80	20	15	TW	A,B
12	3.31	7 x 0,78	0.76	3.86	40.10	25	20	TW	A,C
10	5.26	7 x 0,98	0.76	4.46	59.90	40	30	TW	A,D
8	8.37	7 x 1,23	1.14	5.97	105.20	60	40	TW	A,B,E
6	13.30	7 x 1,55	1.52	7.69	170.40	80	55	TW	A,E
4	21.15	7 x 1,96	1.52	8.92	255.50	105	70	TW	A,E
2	33.62	7 x 2,47	1.52	10.45	388.90	140	95	TW	A,E
1	42.36	7 x 2,78	2.03	12.40	482.90	165	110	TW	A,D,E
1/0	53.49	19 x 1,89	2.03	13.51	621.00	195	125	TW	D,E,Z
2/0	67.43	19 x 2,12	2.03	14.66	778.00	225	145	TW	D,E,Z
3/0	85.01	19 x 2,39	2.03	16.01	934.00	260	165	TW	D,E,Z
4/0	107.20	19 x 2,68	2.03	17.46	1159.00	300	195	TW	D,E,Z
250	127.00	37 x 2,09	2.41	19.45	1368.00	340	215	TW	Z
300	152.00	37 x 2,29	2.41	20.85	1623.00	375	240	TW	Z
350	177.00	37 x 2,47	2.41	22.11	1876.00	420	260	TW	Z
400	203.00	37 x 2,64	2.41	23.30	2128.00	455	280	TW	Z
500	253.00	37 x 2,95	2.41	25.47	2631.00	515	320	TW	Z
600	304.00	37 x 3,23	2.79	28.19	3174.00	575	355	TW	Z
650	329.00	37 x 3,37	2.79	29.17	3345.00	600	370	TW	Z
700	355.00	37 x 3,49	2.79	30.01	3609.00	630	385	TW	Z

Fuente: Electro Cables

Elaborado Por: Investigador

**ANEXO N° 5**

**Capacidad de Conducir Electricidad de los Conductores Eléctricos**

<b>TABLA PARA ALAMBRES DE COBRE</b>			
<b># AWG</b>	<b>DIAMETRO mm</b>	<b>SECCIÓN mm<sup>2</sup></b>	<b>CORRIENTE MÁXIMA ADMISIBLE (2,8A/mm<sup>2</sup>)</b>
0	8,25195	53,4814	149,74792
1	7,34857	42,4126	118,75528
2	6,54408	33,6347	94,17716
3	5,82767	26,6734	74,68552
4	5,18968	21,153	59,2284
5	4,62154	16,775	46,97
6	4,1156	13,3032	37,24896
7	3,66504	10,5499	29,53972
8	3,26381	8,3664	23,42592
9	2,9065	6,6349	18,57772
10	2,58831	5,2617	14,73276
11	2,30496	4,1727	11,68356
12	2,05262	3,3091	9,26548
13	1,82791	2,6242	7,34776
14	1,6278	2,0811	5,82708
15	1,4496	1,6504	4,62112
16	1,29090	1,3088	3,66464
17	1,14958	1,0379	2,90612
18	1,02373	0,8231	2,30468
19	0,91166	0,6528	1,82784
20	0,81185	0,5177	1,44956

*Elaborado Por: Investigador*

**ANEXO N° 6**

***Equipos de Medición Utilizados en la Empresa AGRINAG S.A.***

***Analizadores de Carga***



*Elaborado Por: Investigador*

**ANEXO N° 7**

***Equipo de Medición Conectado al Transformador No. 9616***



*Elaborado Por: Investigador*

**ANEXO N° 8**

***Equipo de Medición Conectado al Transformador No. S/N***



*Elaborado Por: Investigador*

**ANEXO N° 9**

***Equipo de Medición Conectado al Transformador No. 1775***



*Elaborado Por: Investigador*

***ANEXO N° 10***

***Equipo de Medición Conectado al Transformador No. 1523***



*Elaborado Por: Investigador*

***ANEXO N° 11***

***Retiro de los Analizadores de Carga***



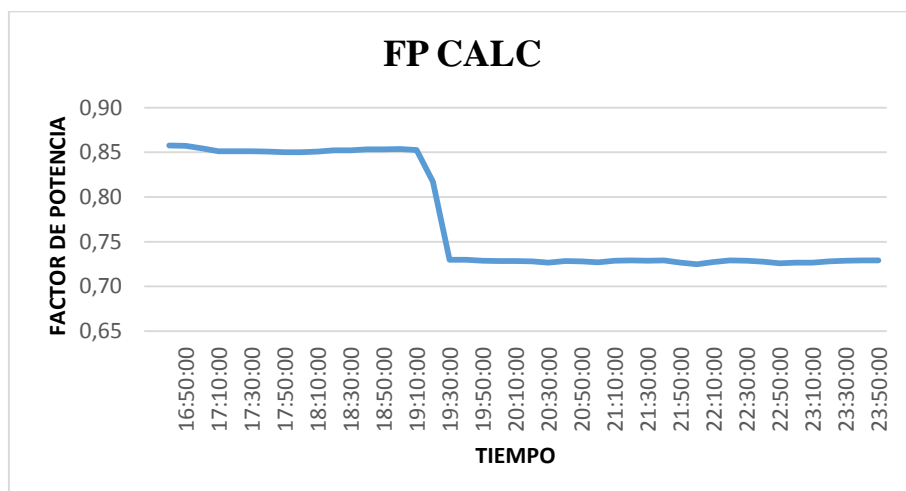
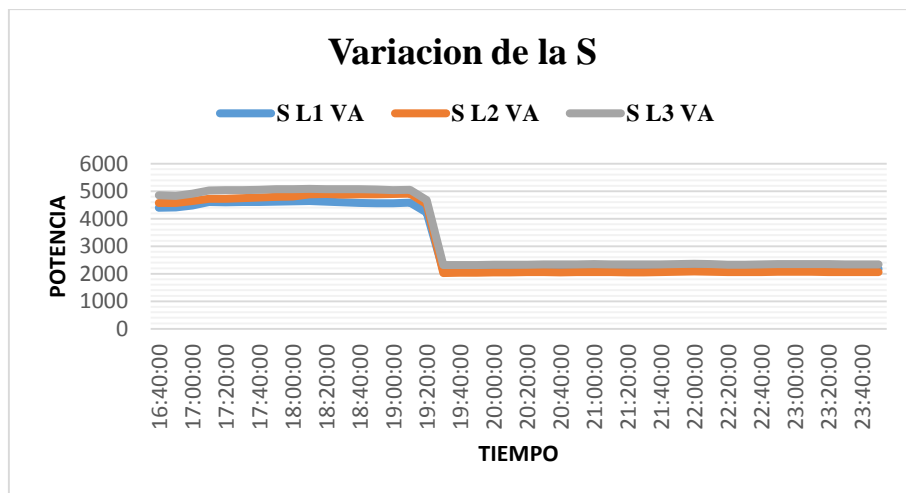
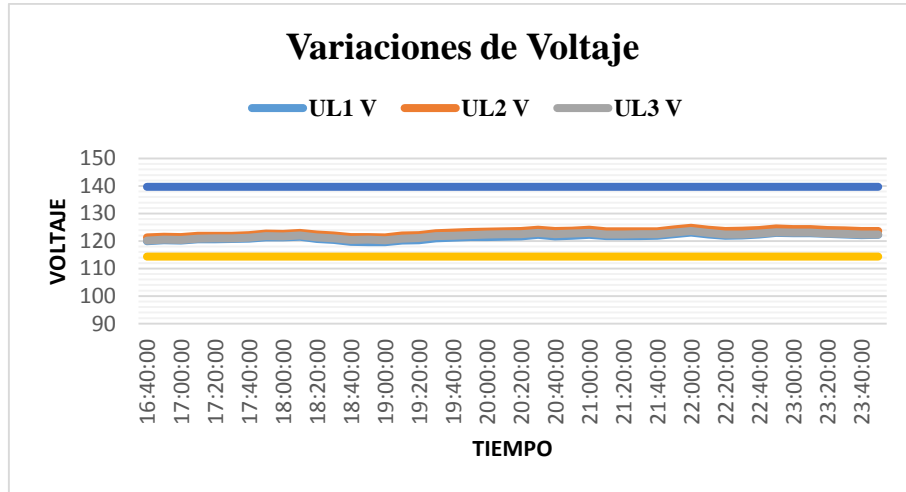
*Elaborado Por: Investigador*

## ANEXO N° 12

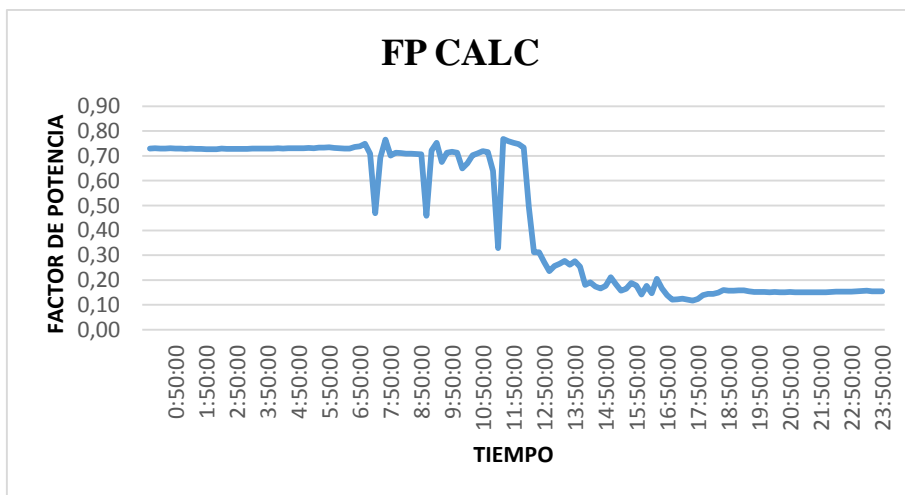
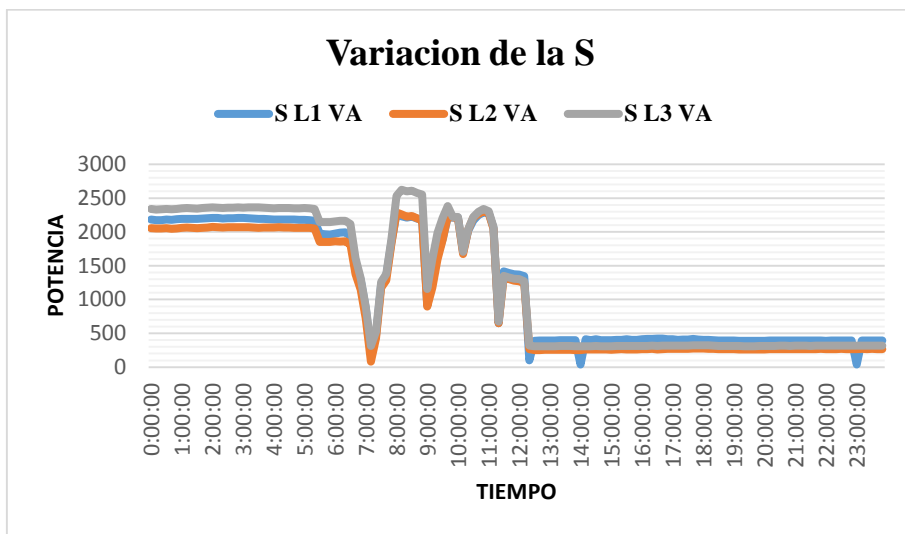
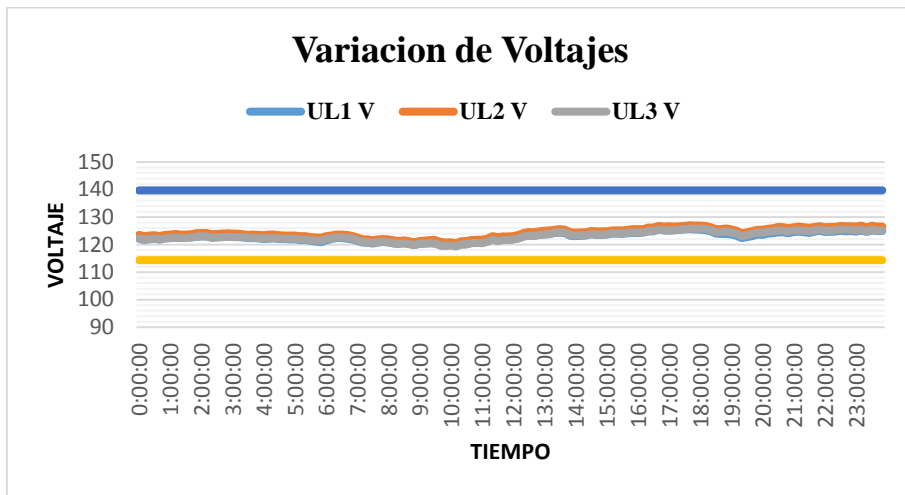
### Mediciones Realizadas por Transformador

#### Transformador No. 9616

Día Uno

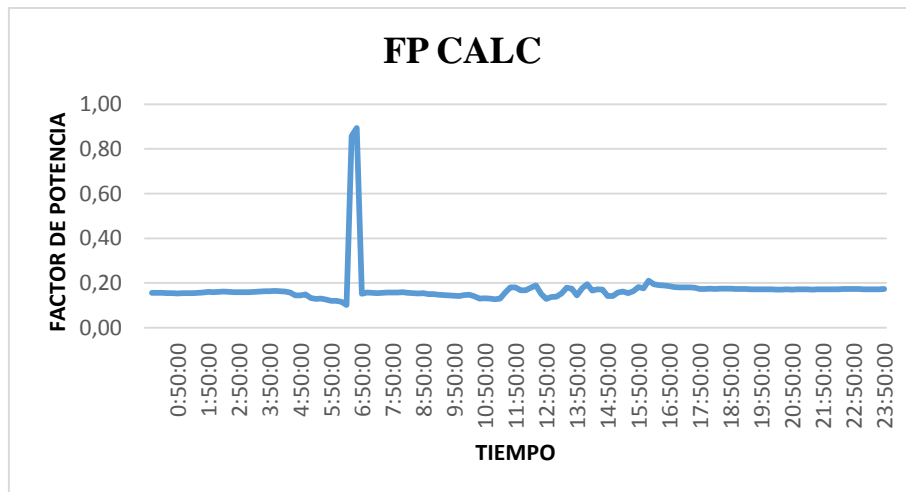
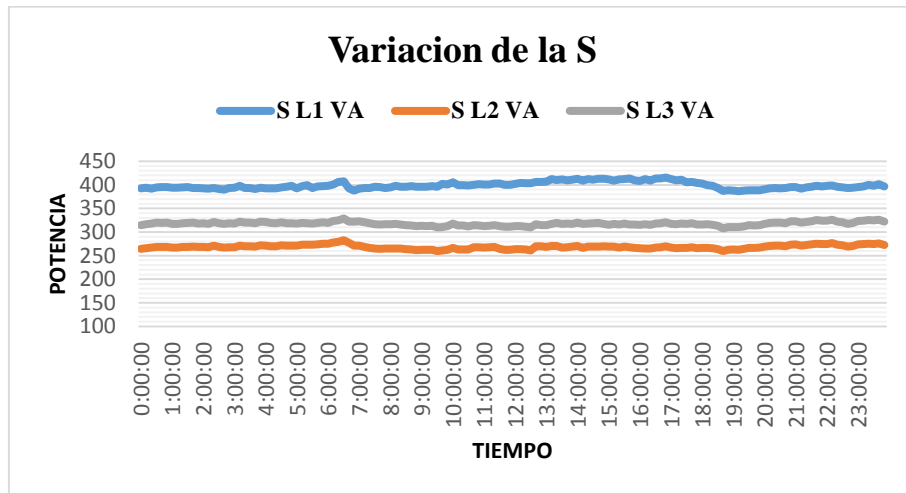
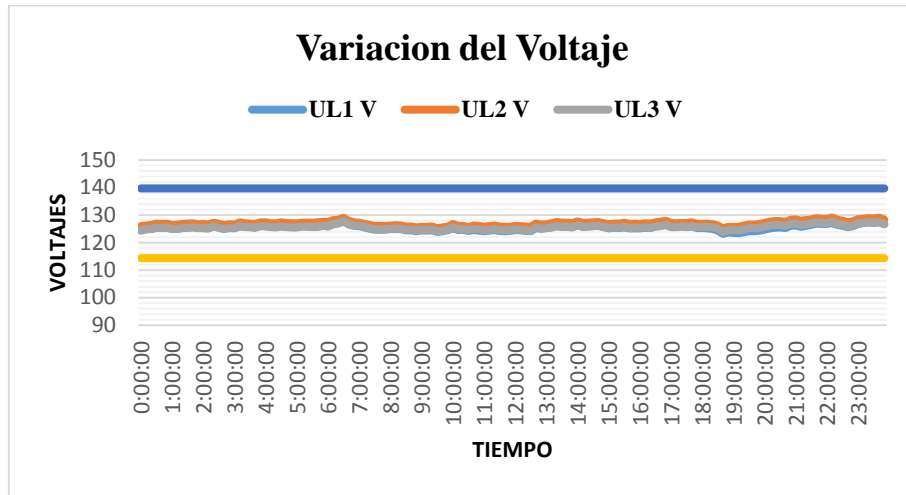


## Día Dos

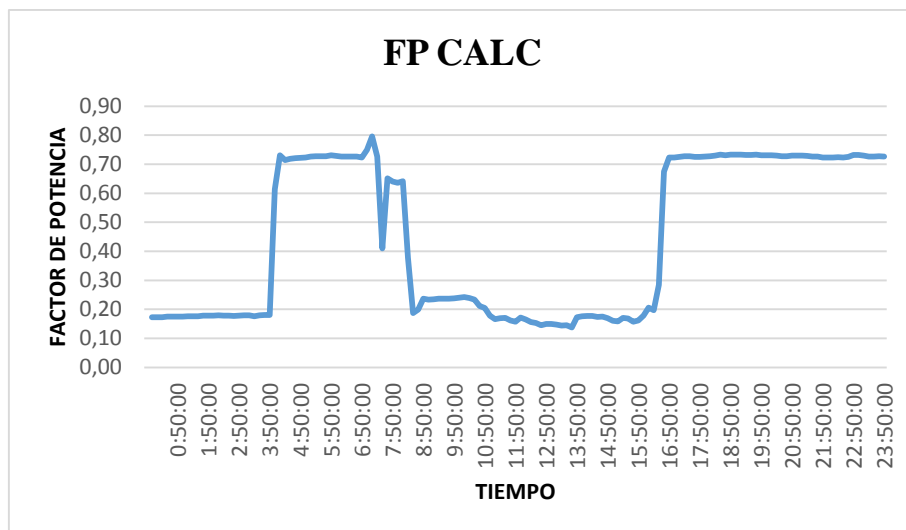
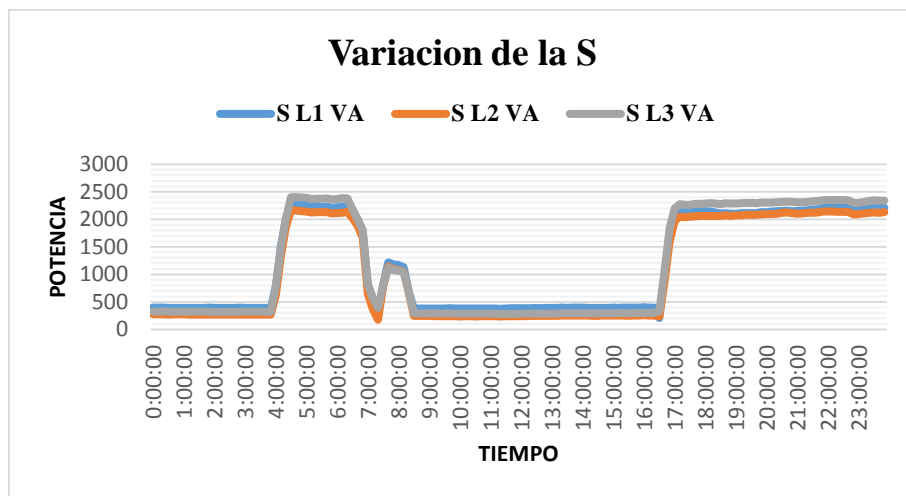
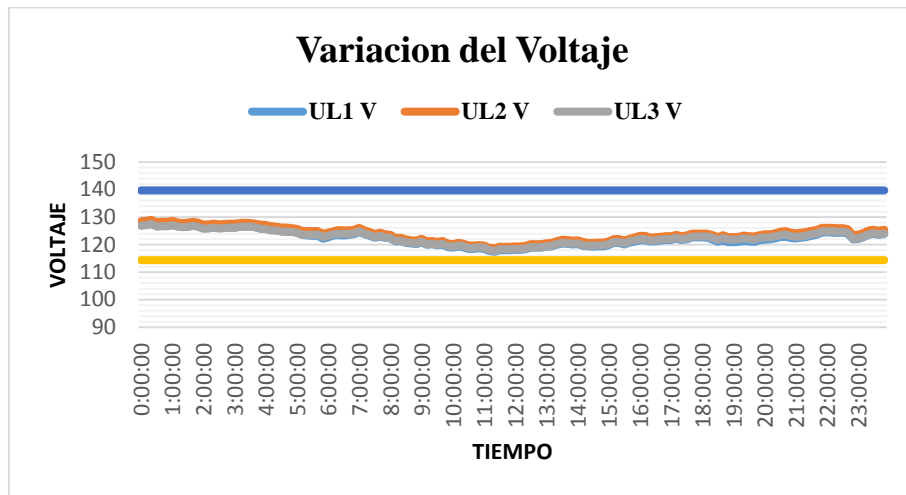




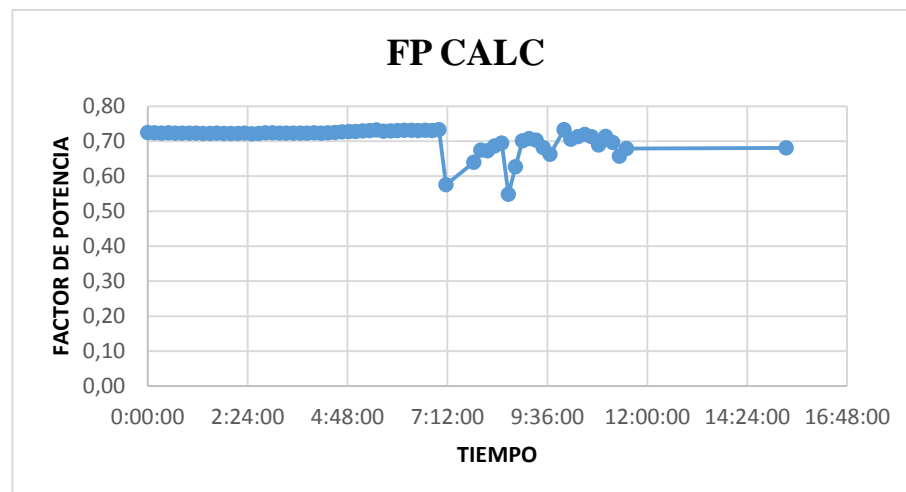
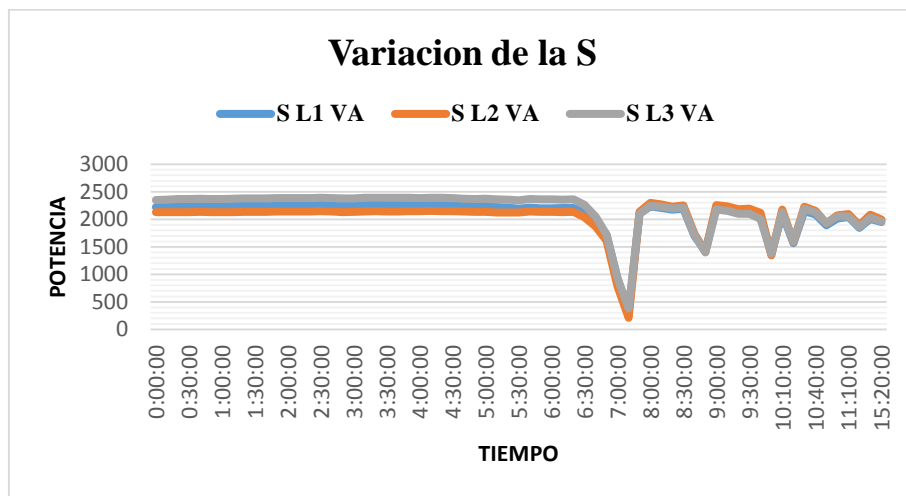
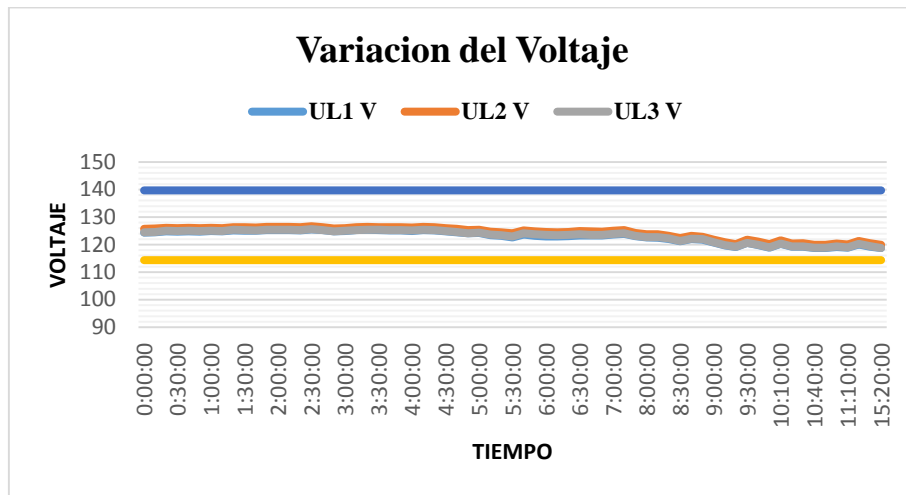
## Día Tres



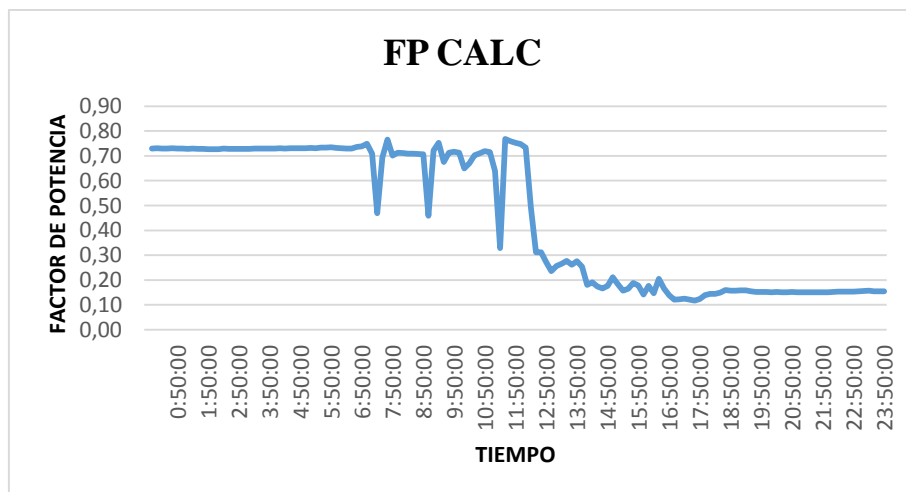
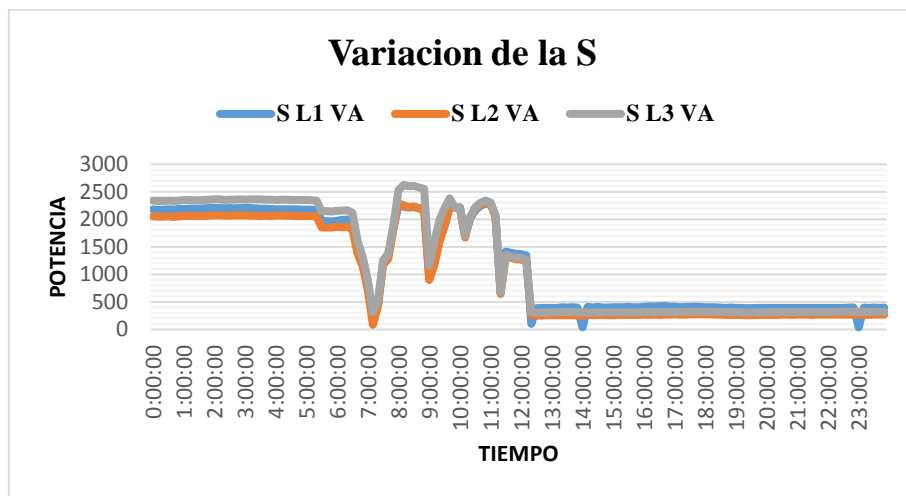
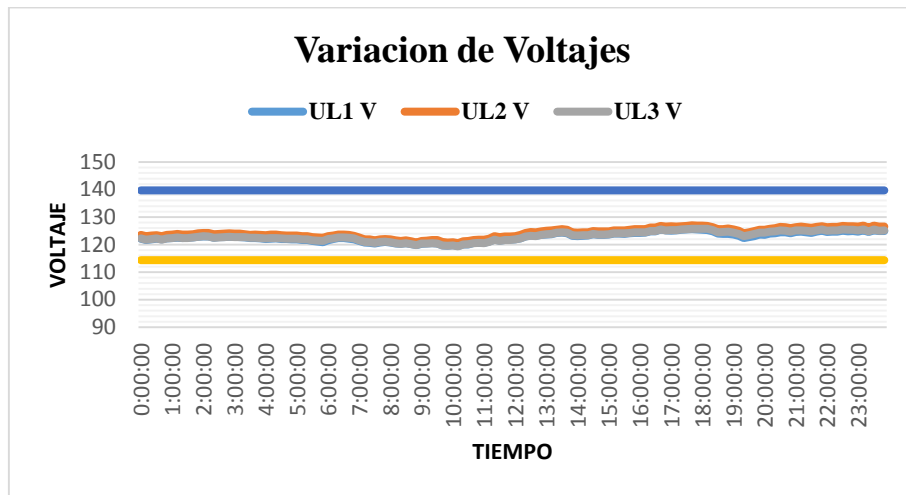
## Día Cuatro



## Dia Cinco



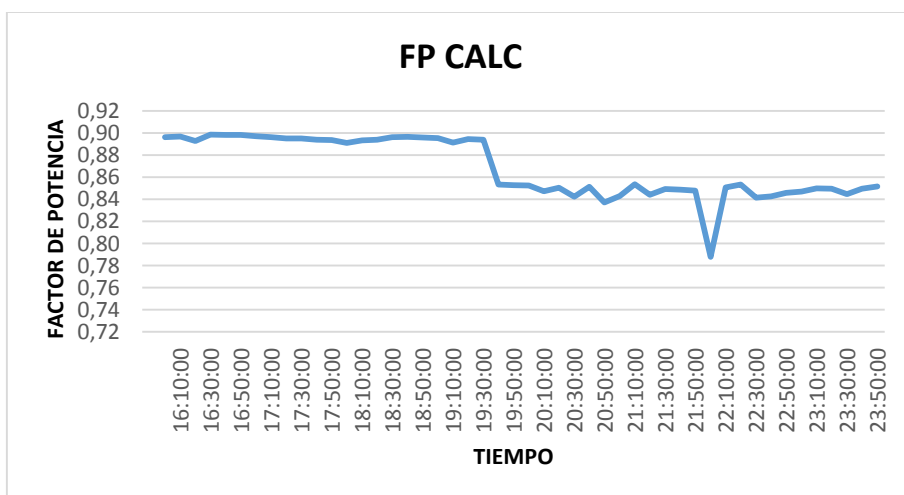
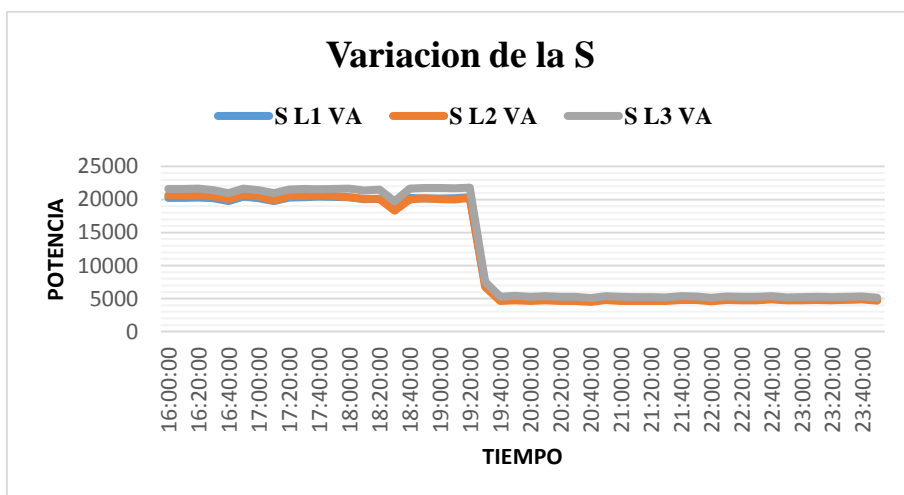
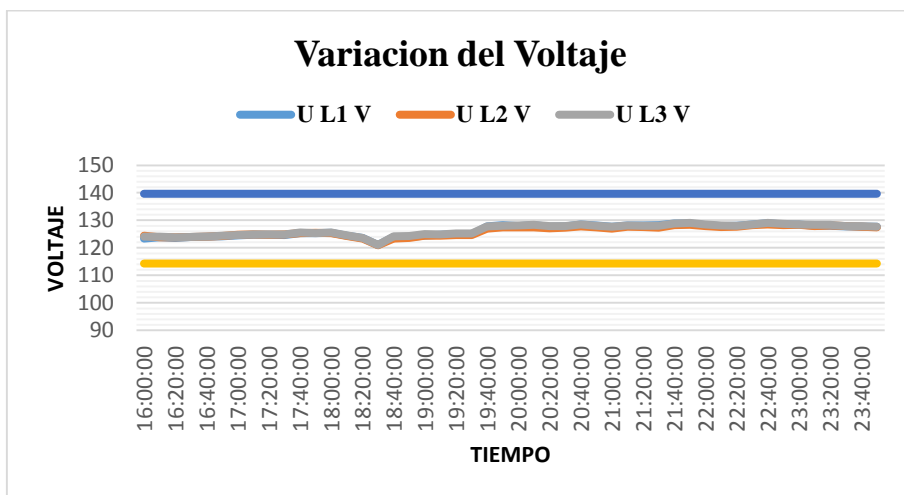
## Día Seis



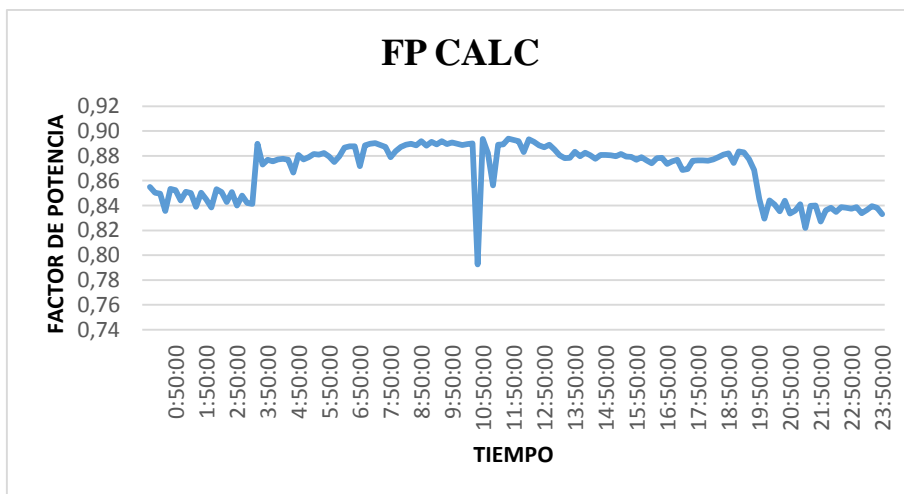
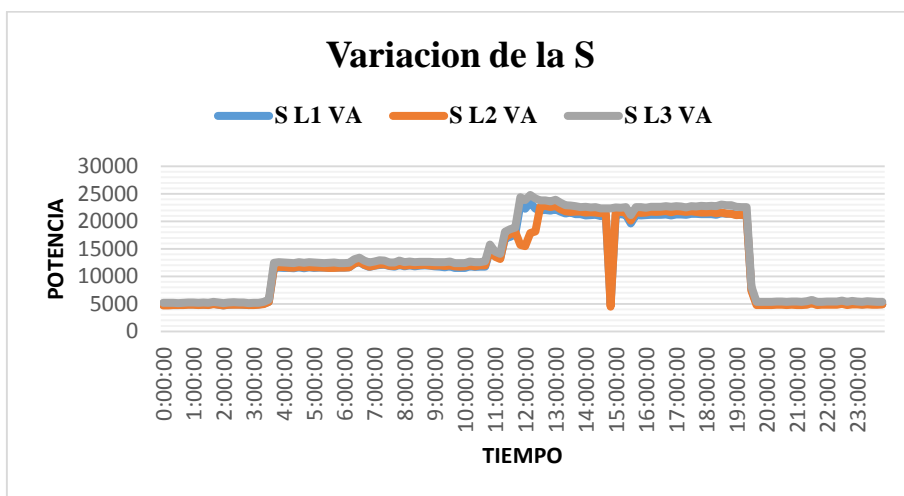
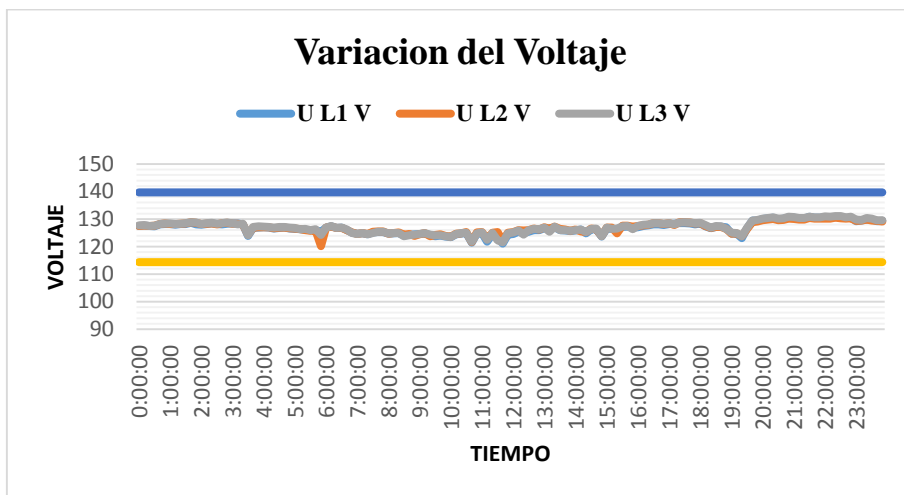
Elaborado Por: Investigador

## Transformador No. S/N

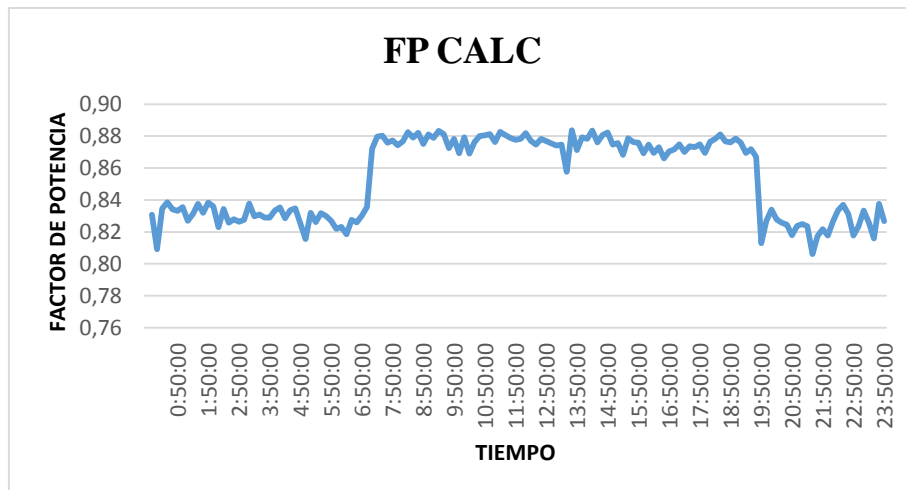
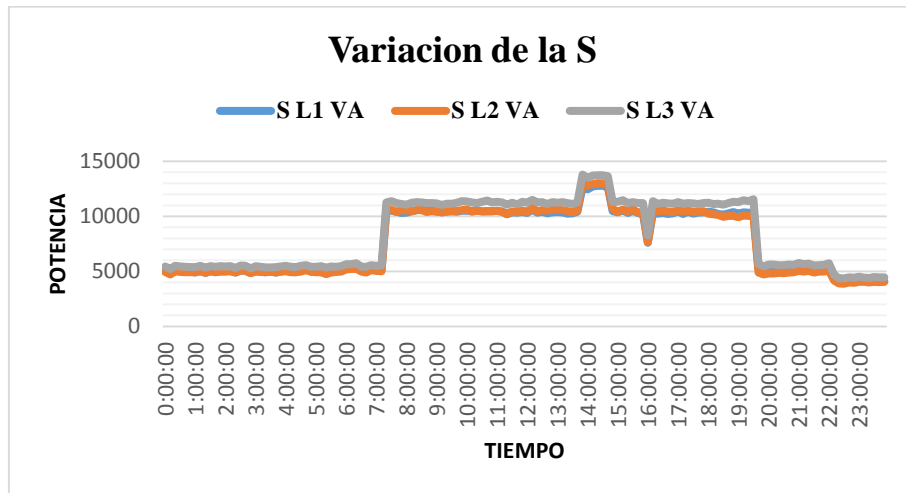
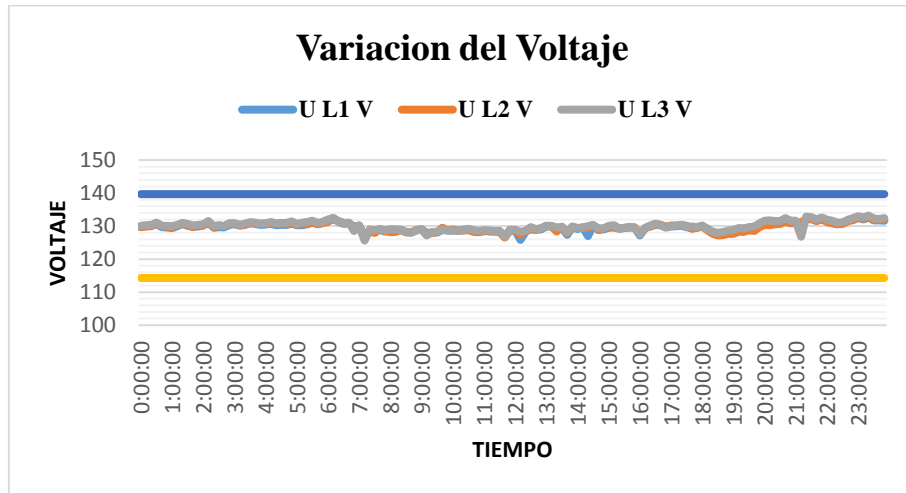
Día Uno



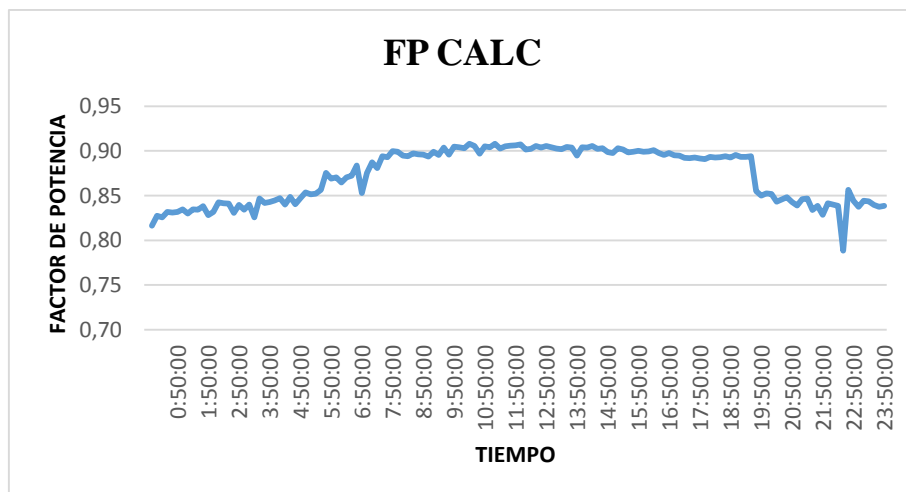
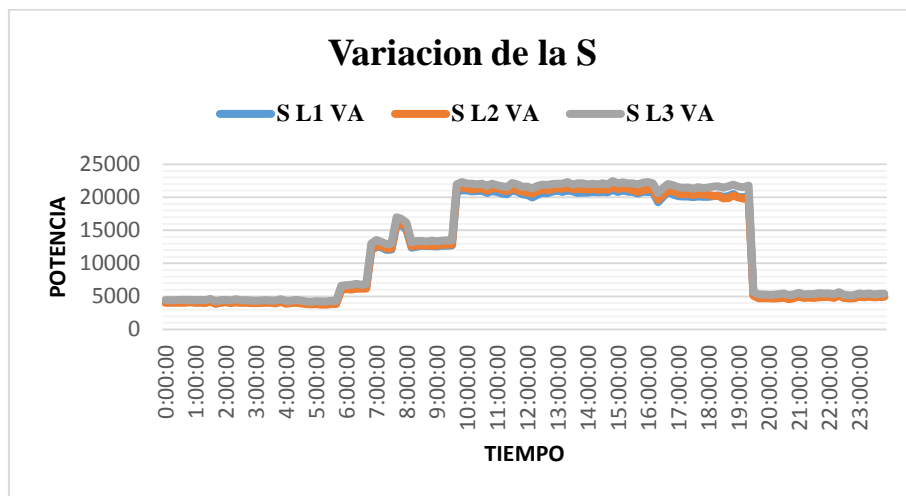
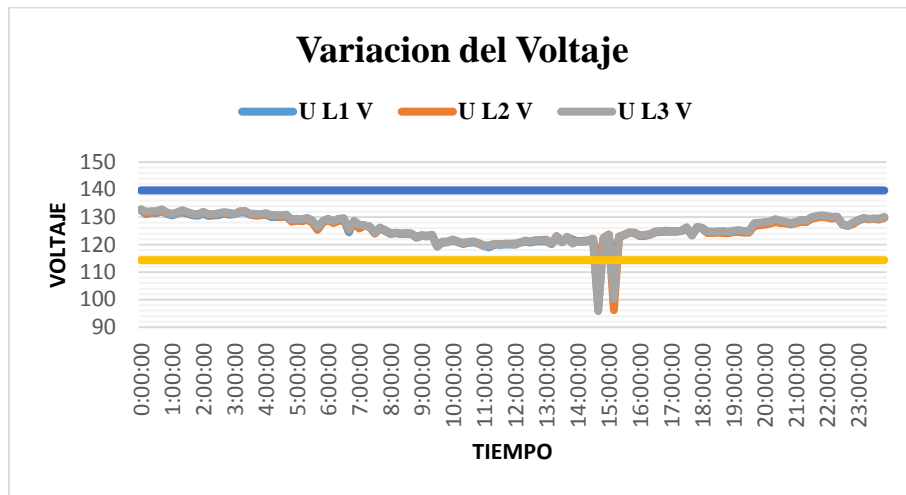
## Día Dos



## Día Tres

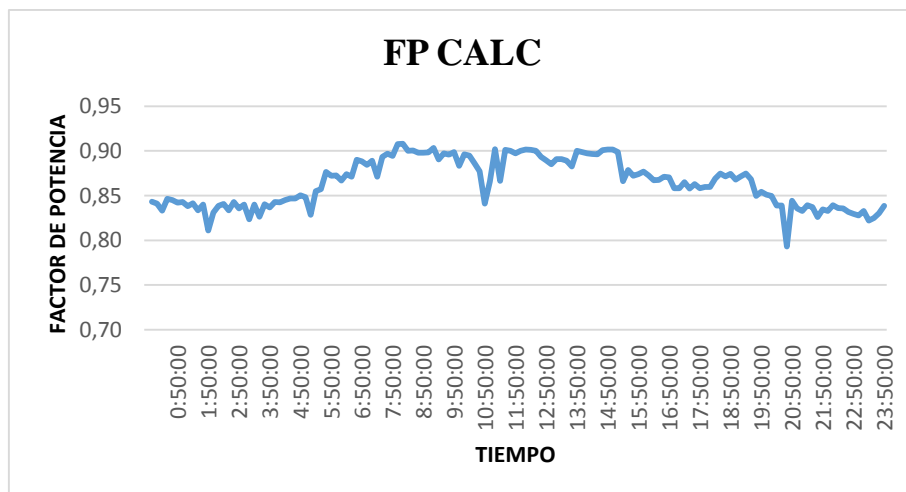
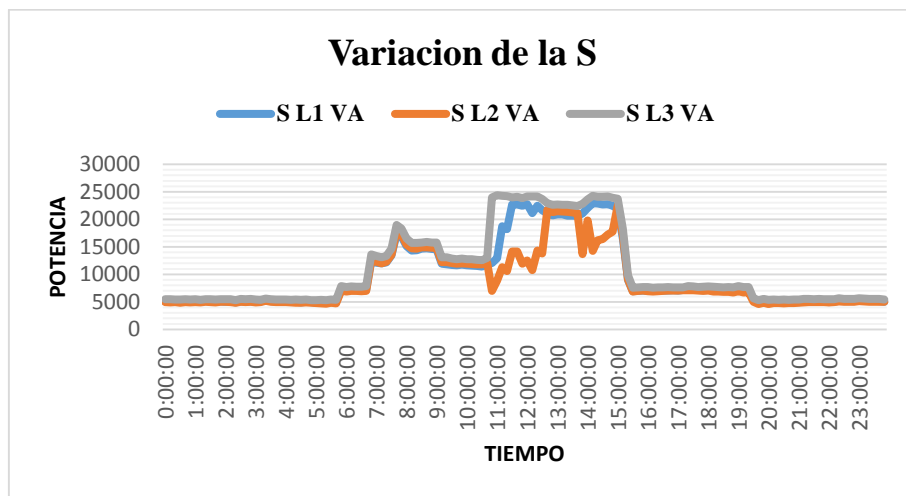
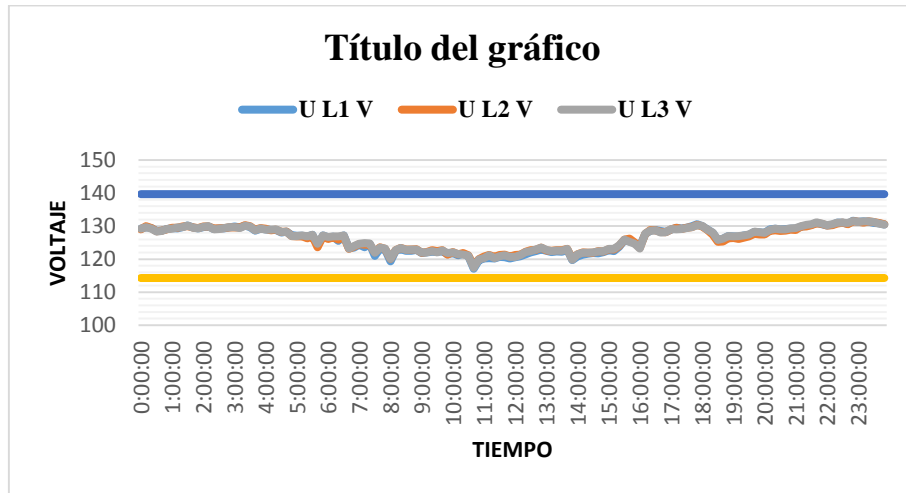


## Día Cuatro

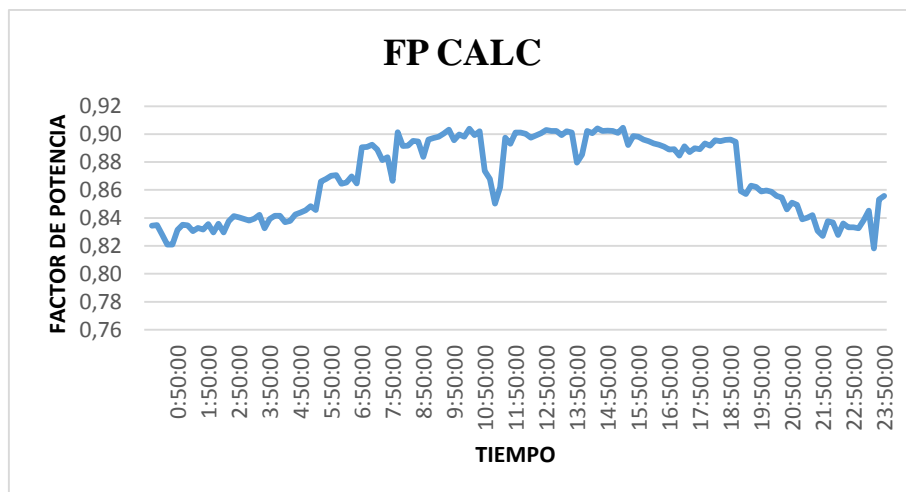
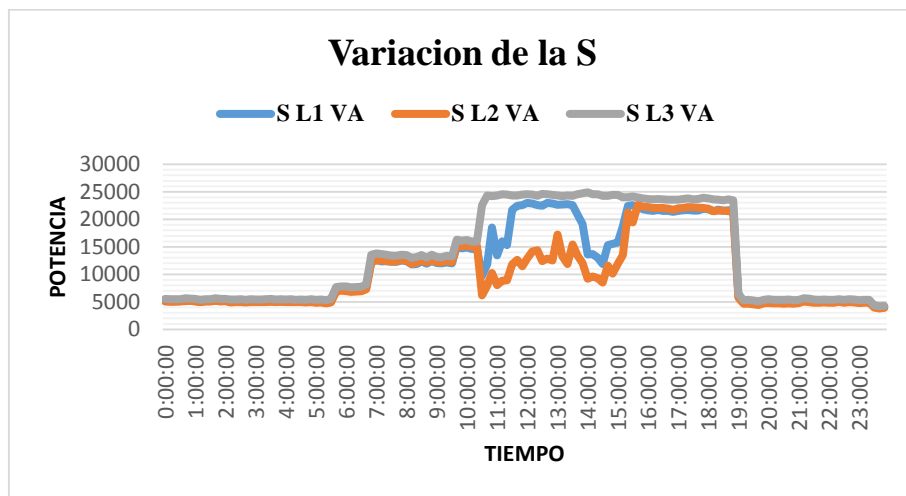
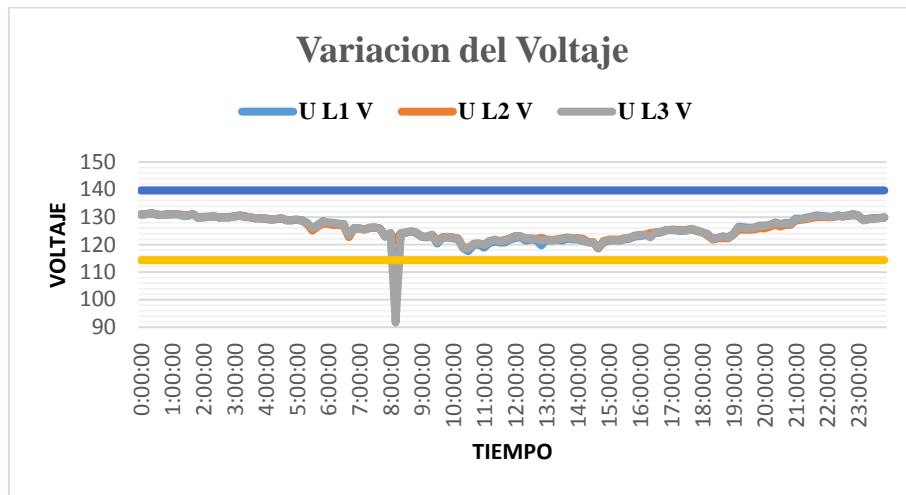




## Día Cinco



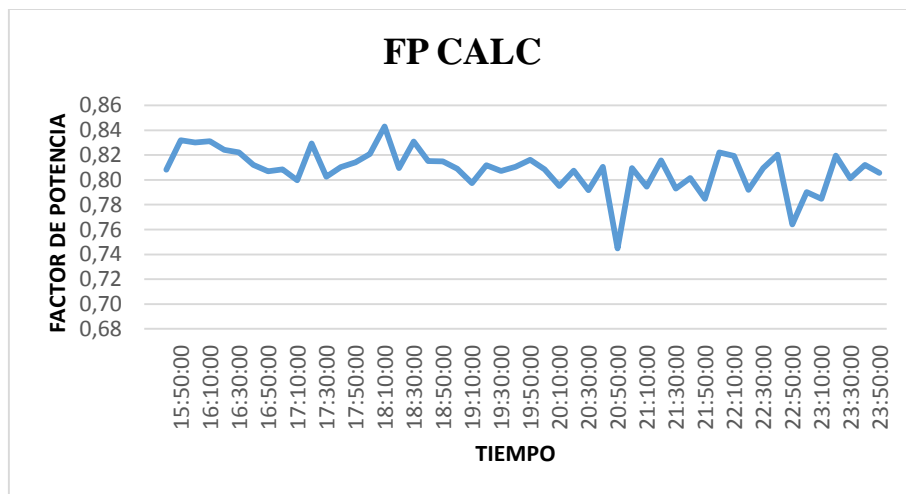
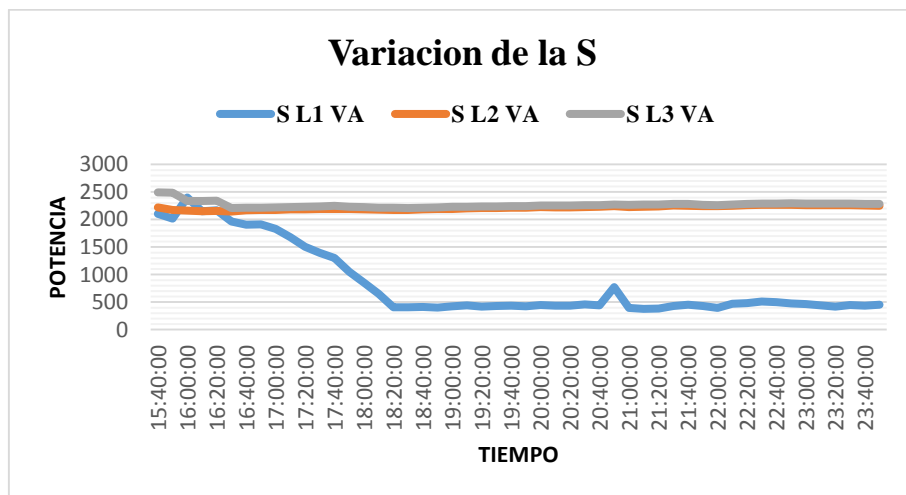
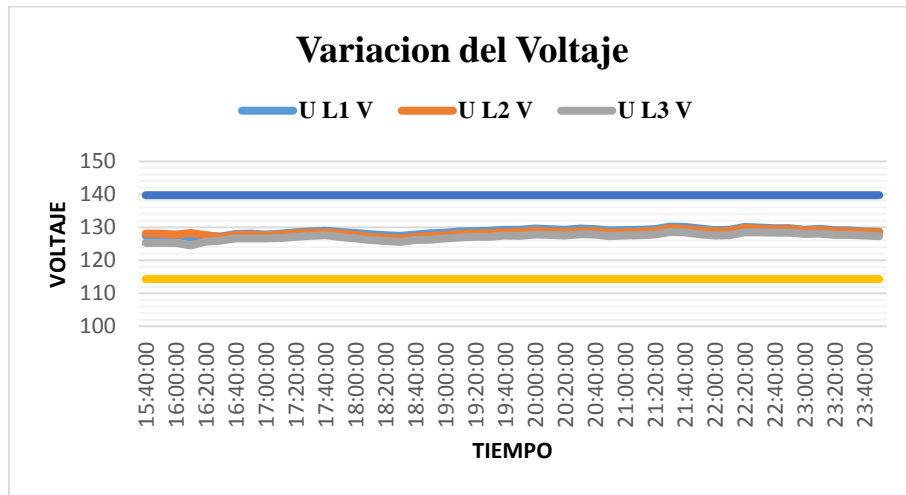
## Día Seis



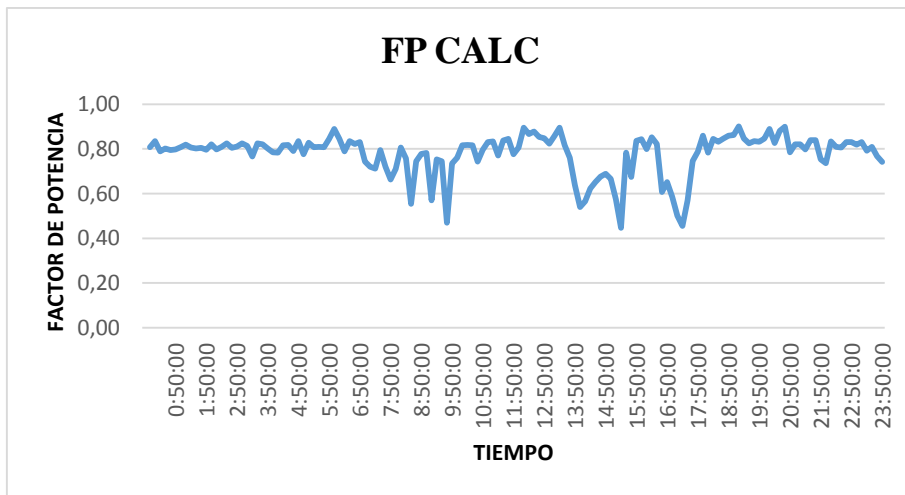
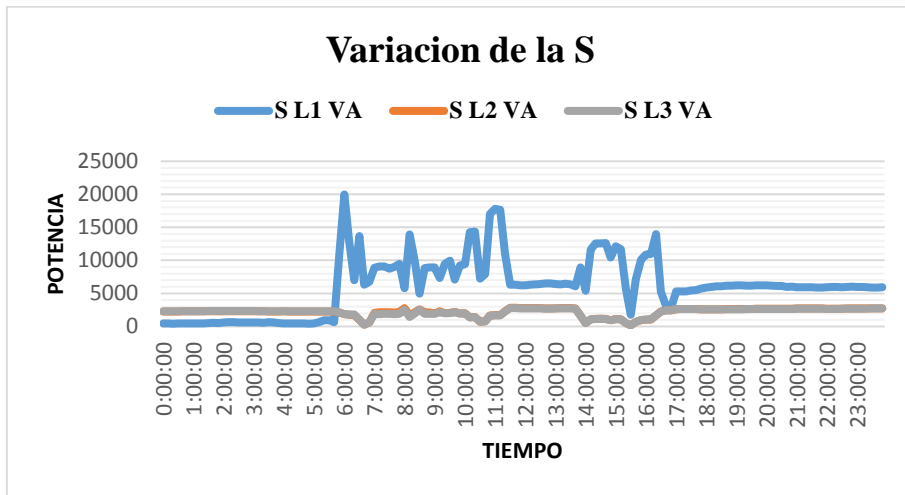
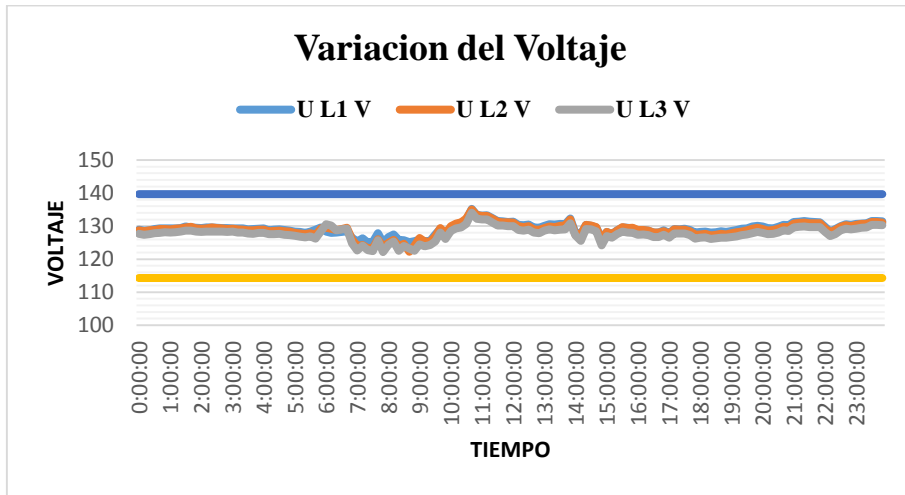
Elaborado Por: Investigador

## Transformador No. 1775

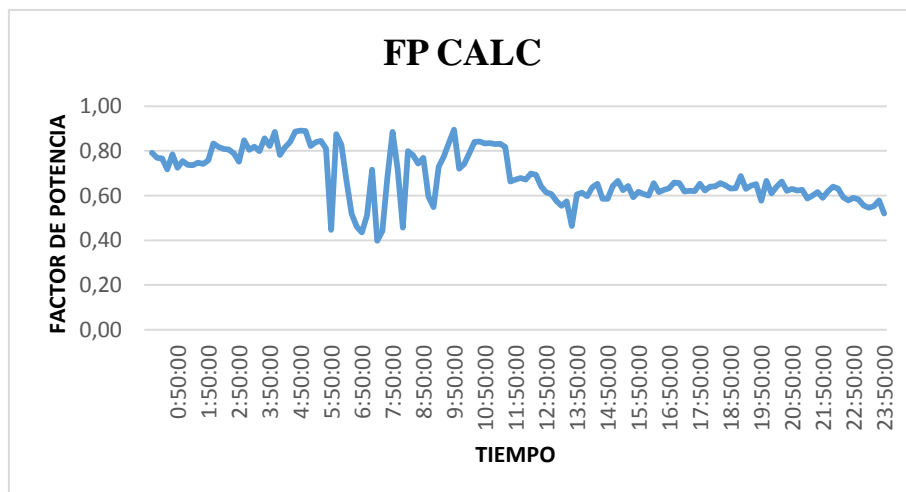
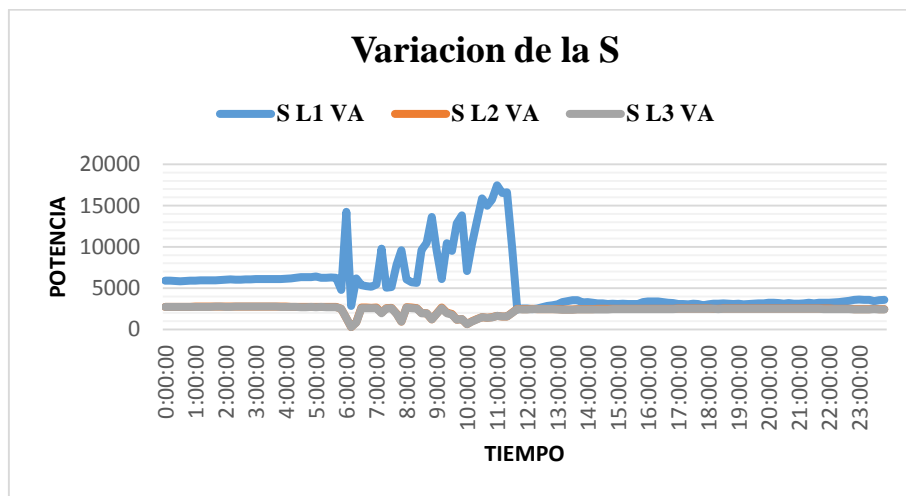
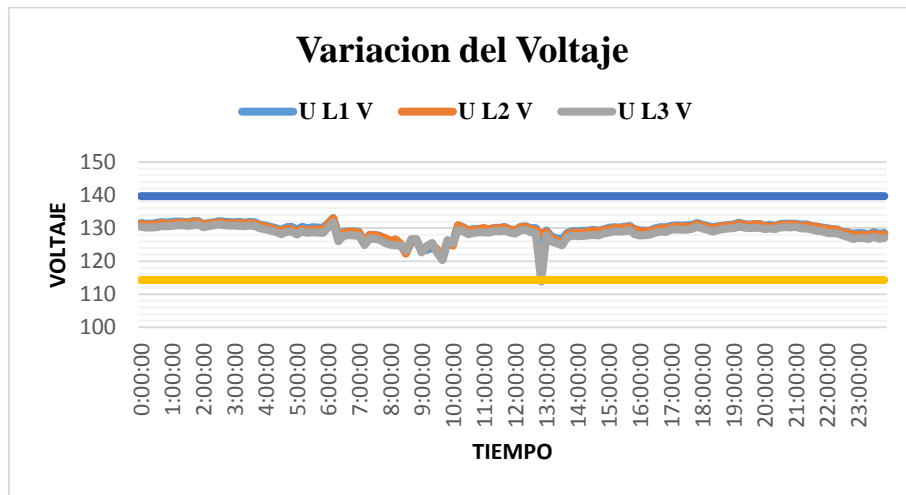
Día Uno



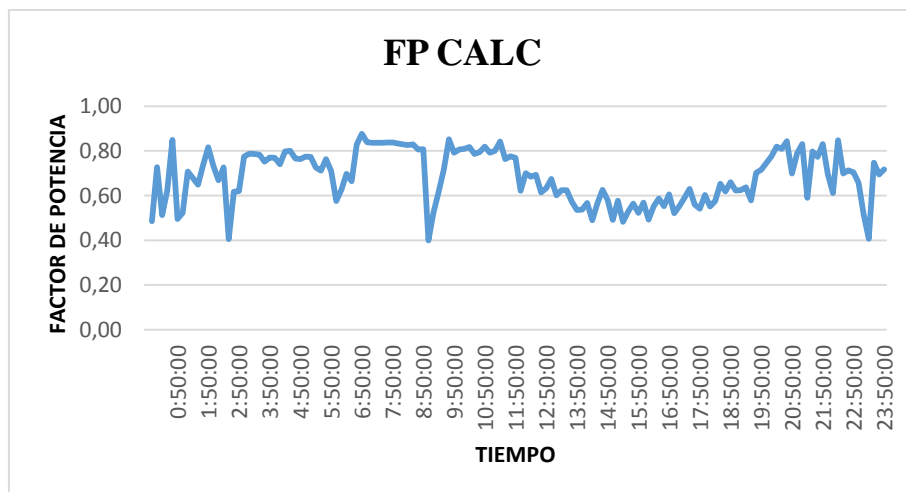
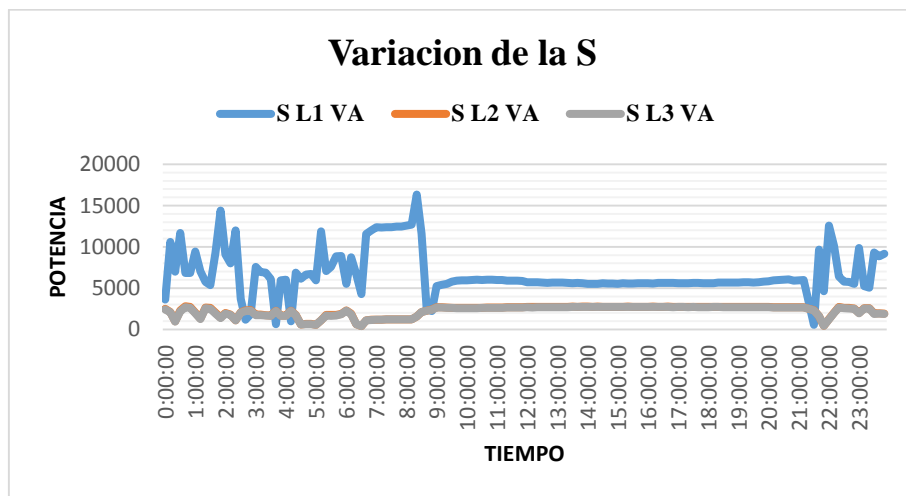
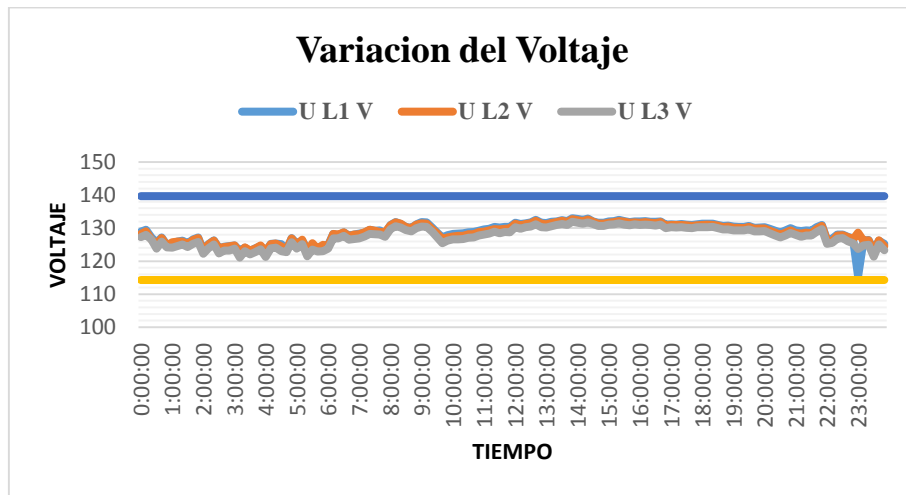
*Día Dos*



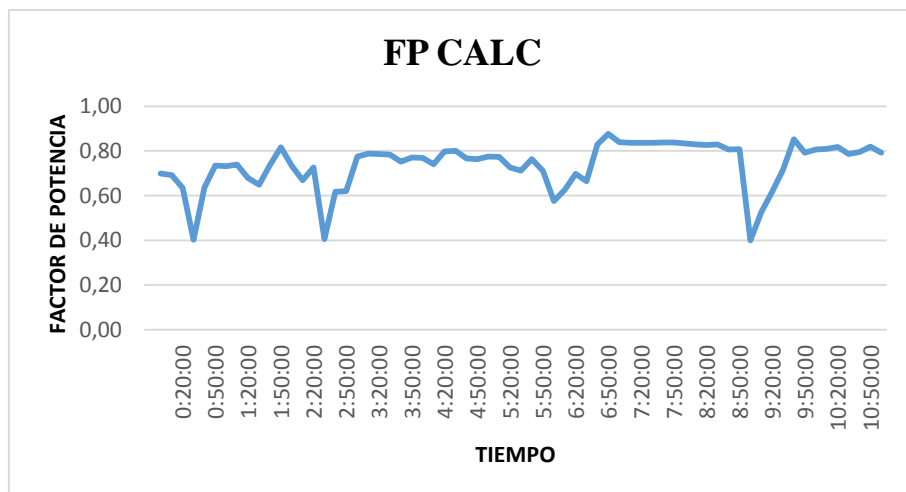
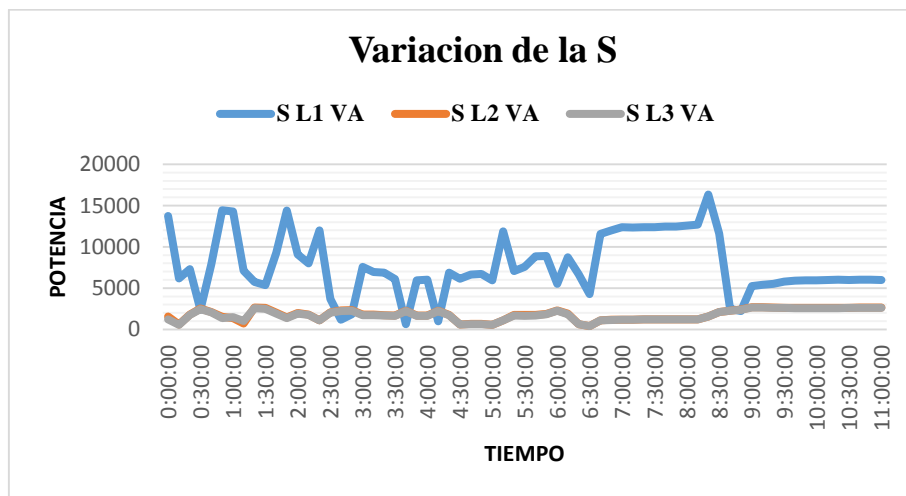
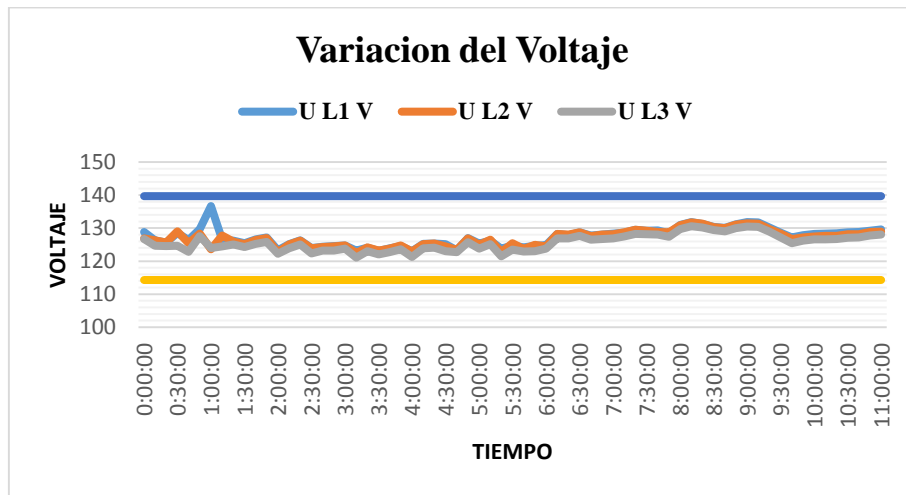
## Día Tres



## Día Cuatro



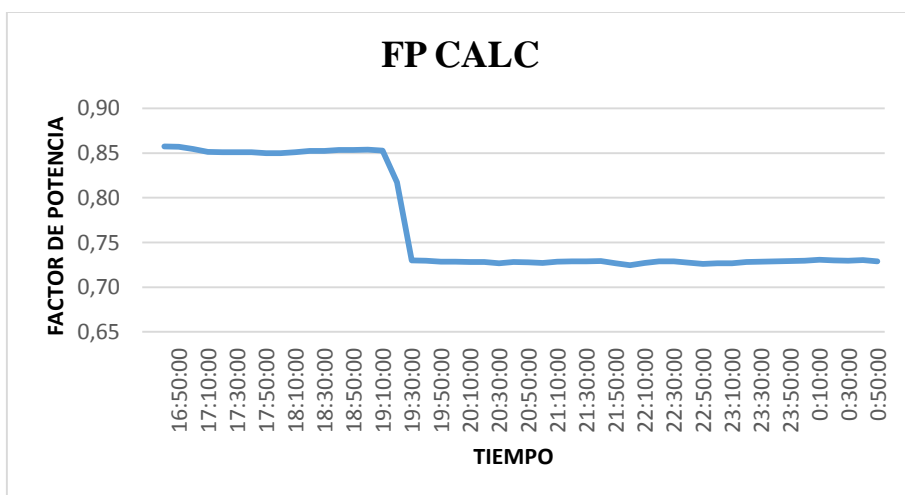
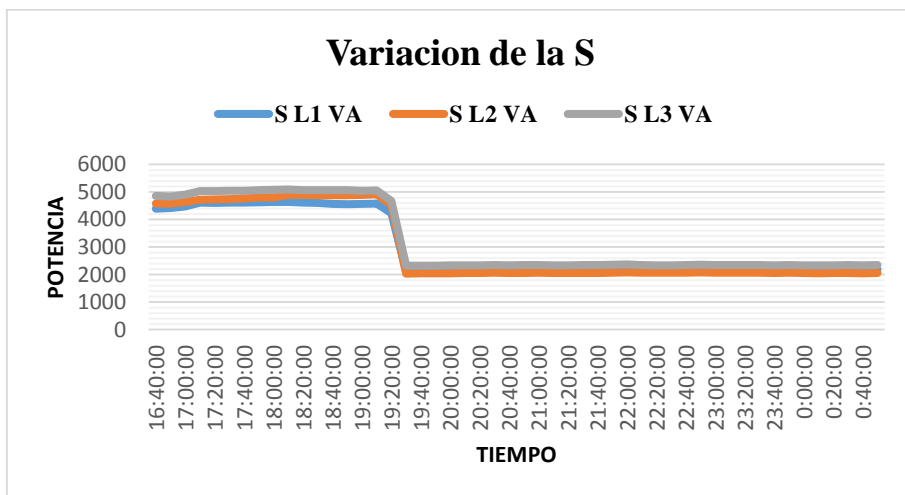
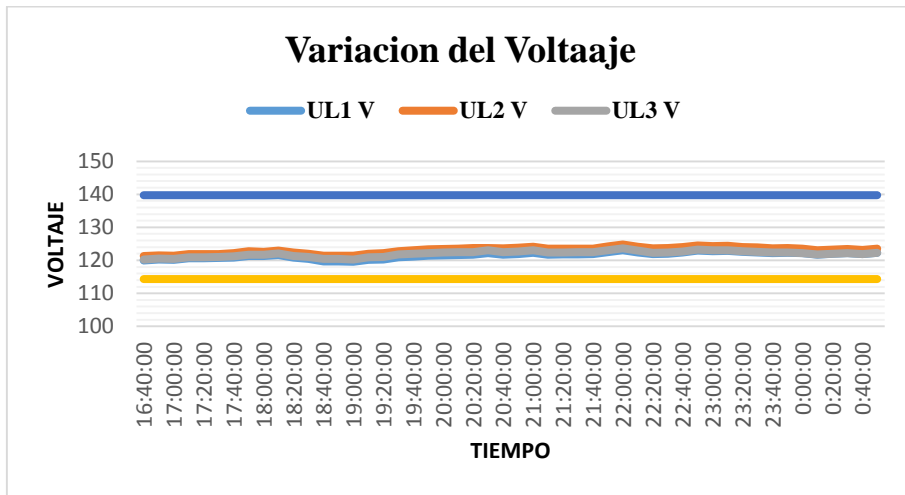
## Día Cinco



Elaborado Por: Investigador

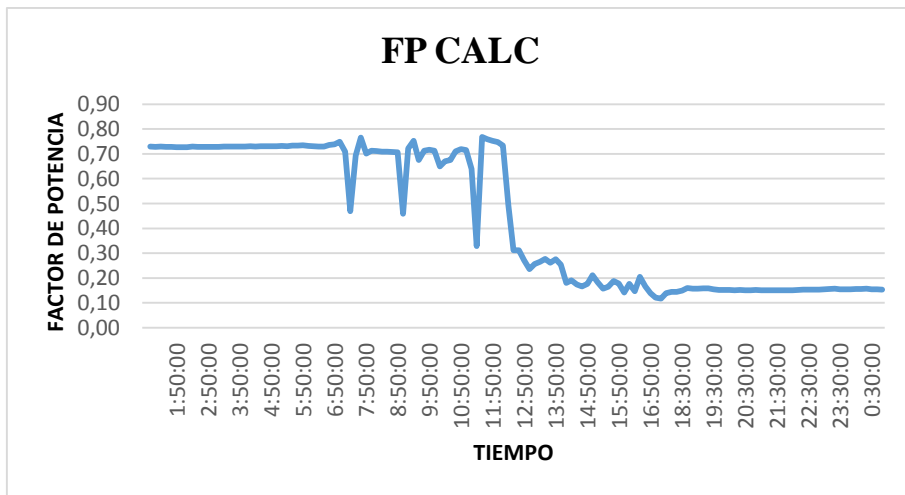
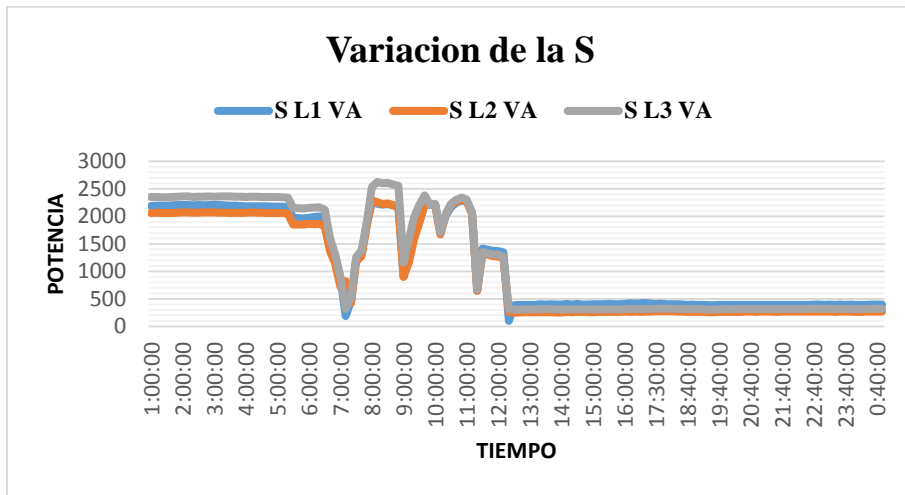
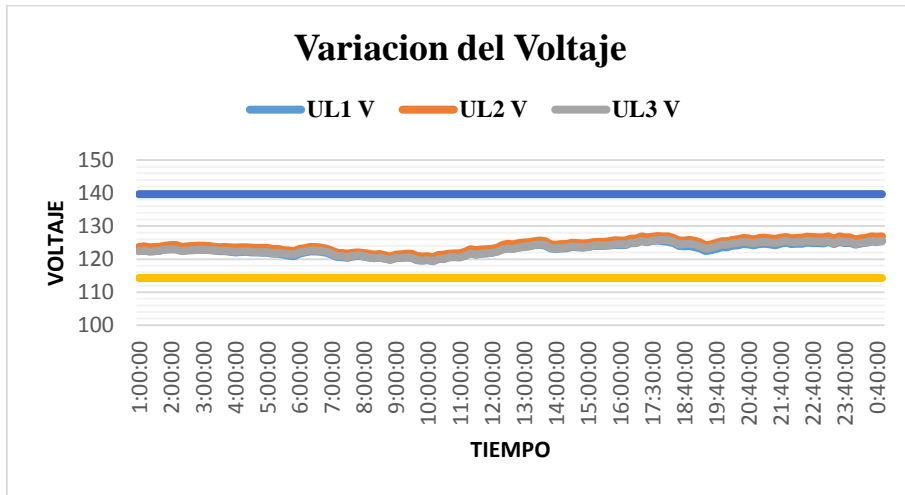
# Transformador No. 1523

Día Uno

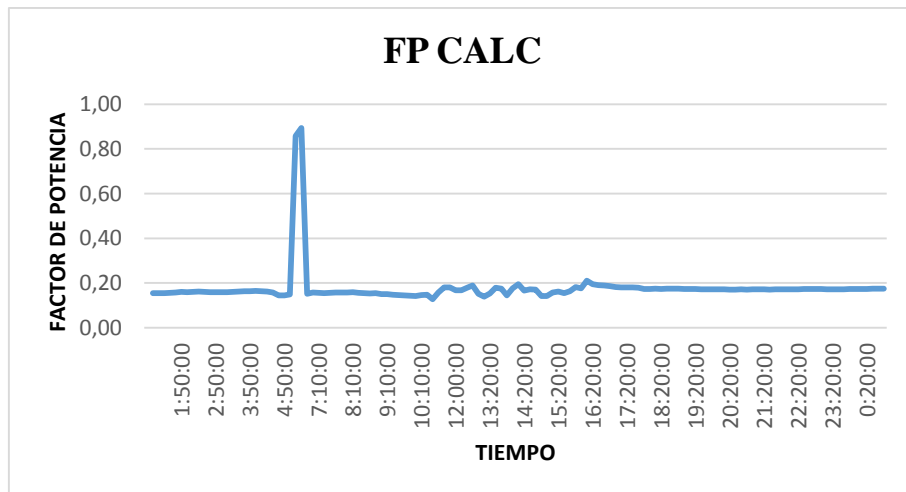
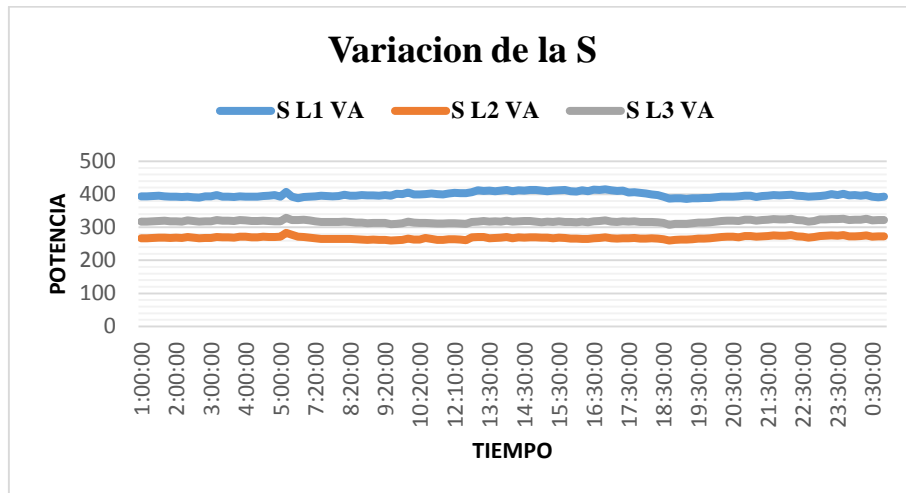
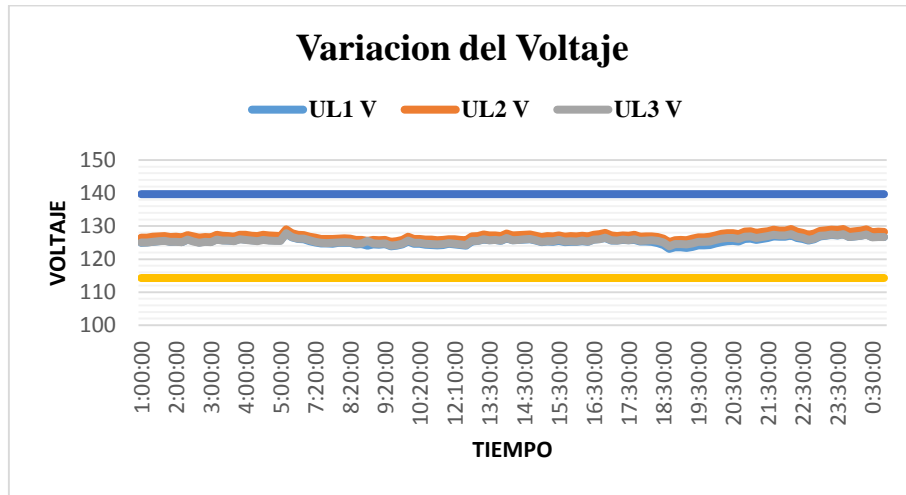




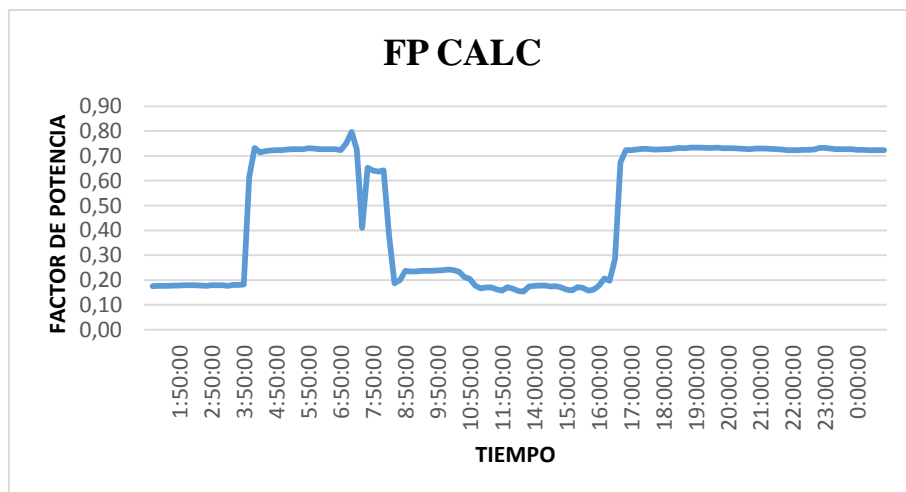
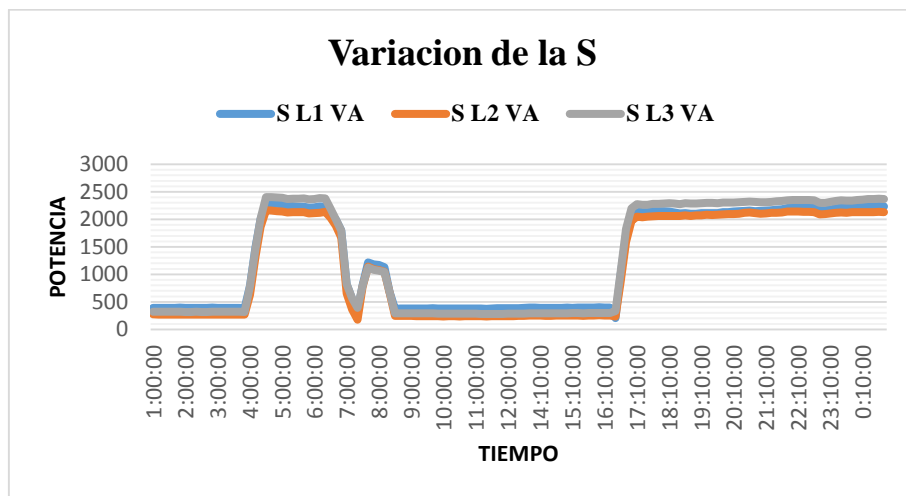
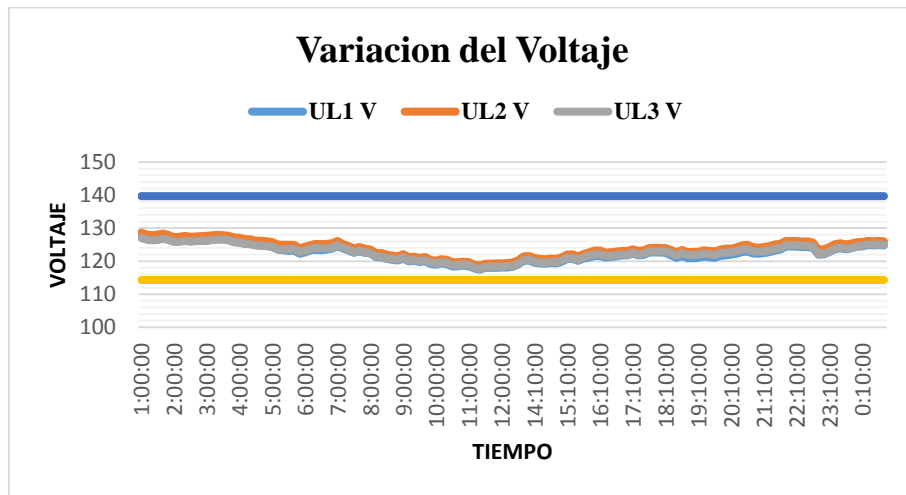
*Día Dos*



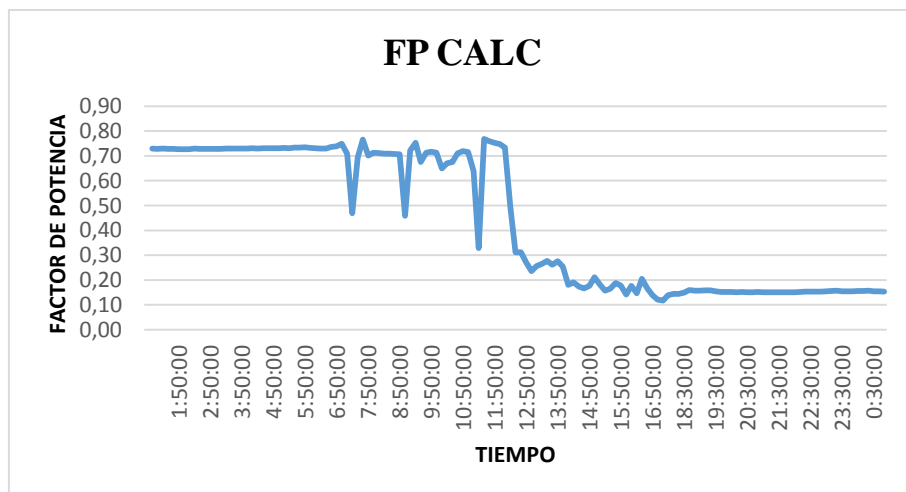
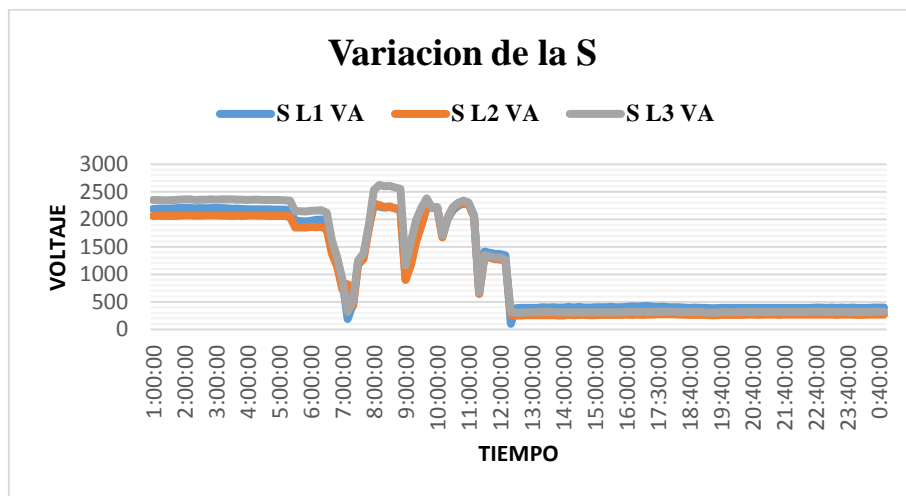
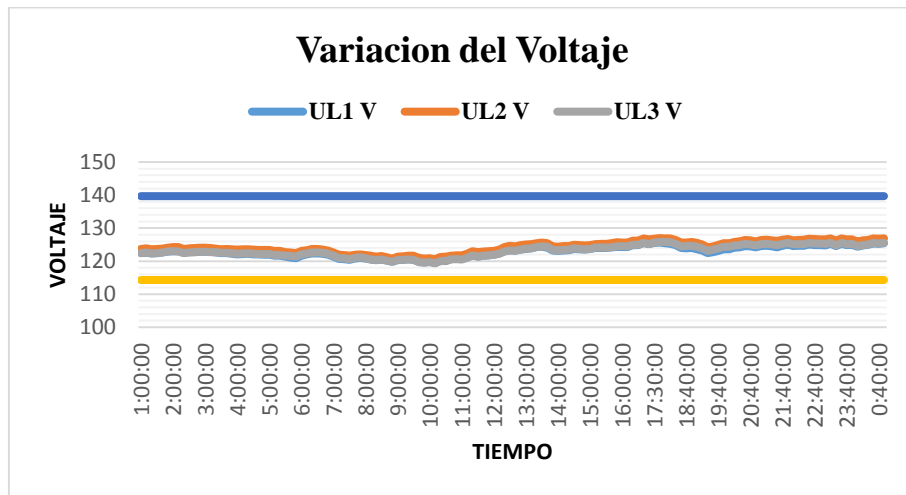
## Día Tres



## Día Cinco



## Día Seis



Elaborado Por: Investigador

### ANEXO N° 13

#### Consumo Histórico de Energía y Demanda de la Empresa AGRINAG S.A.

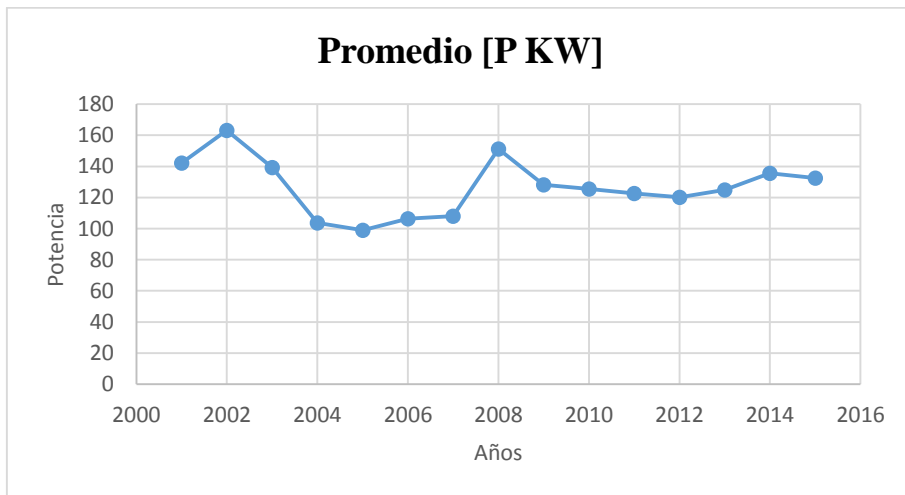
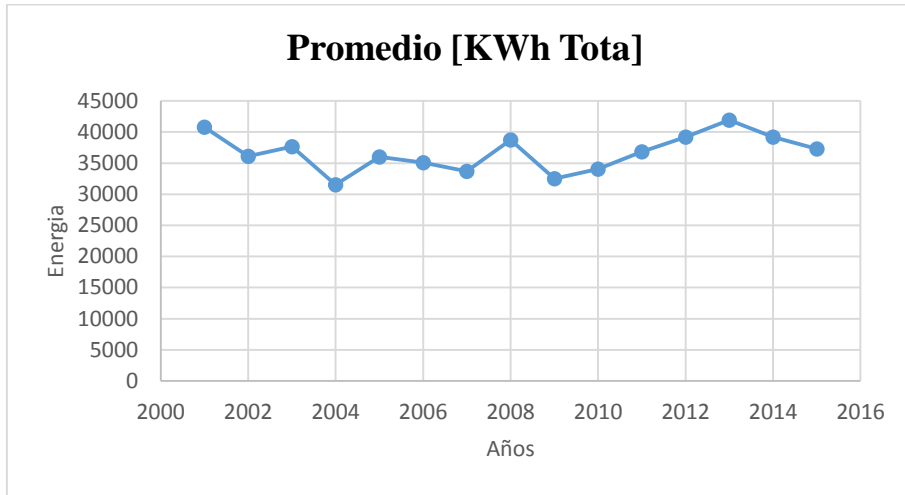
<b>AÑO</b>	<b>Promedio [KWh Tota]</b>	<b>Promedio [P KW]</b>	<b>F.P</b>
2001	40819,91667	142,25	<b>0,83</b>
2002	36139,66667	163,16667	<b>0,91</b>
2003	37658,41667	139,33333	<b>0,94</b>
2004	31513,83333	103,66667	<b>0,95</b>
2005	35993,83333	98,916667	<b>0,95</b>
2006	35087,25	106,33333	<b>0,93</b>
2007	33719,08333	108	<b>0,95</b>
2008	38753,5	151,16667	<b>0,92</b>
2009	32526,33333	128,25	<b>0,94</b>
2010	34078,08333	125,41667	<b>0,94</b>
2011	36841,58333	122,58333	<b>0,90</b>
2012	39183,58333	120,08333	<b>0,82</b>
2013	41921,5	124,91667	<b>0,83</b>
2014	39211,58333	135,5	<b>0,93</b>
2015	37282,25	132,5	<b>0,90</b>

*Fuente: ELEPCOSA; Ing. Franklin Medina*

*Elaborado Por: Investigador*

**ANEXO N° 14**

**Variación de Energía y Potencia en la Empresa AGRINAG S.A.**



*Elaborado Por: Investigador*



