



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA
DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN LA INDUSTRIA AVÍCOLA Y AGROPECUARIA
MARICELA CIA. LTDA. ANTE LA INCIDENCIA DE LAS CARGAS.”**

Autores:

Pilatasig Chicaiza Marco Vinicio

Sarabia Tapia Byron Jeovanny

Tutora:

PhD. González Palau Iliana Antonia

Latacunga - Ecuador

2018

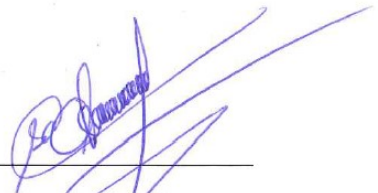
DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Pilatasig Chicaiza Marco Vinicio y Sarabia Tapia Byron Jeovanny declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN LA INDUSTRIA AVÍCOLA Y AGROPECUARIA MARICELA CIA. LTDA. ANTE LA INCIDENCIA DE LAS CARGAS.”**, siendo la Dra. González Palau Iliana Antonia tutor (a) del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



Pilatasig Chicaiza Marco Vinicio
C.I. 050386605-5



Sarabia Tapia Byron Jeovanny
C.I. 050248066-8



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN LA INDUSTRIA AVÍCOLA Y AGROPECUARIA MARICELA CIA. LTDA. ANTE LA INCIDENCIA DE LAS CARGAS.”

De los Sres. Pilatasig Chicaiza Marco Vinicio y Sarabia Tapia Byron Jeovanny, postulantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos necesarios para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero, del 2018

El Tutor

PhD. González Palau Iliana Antonia

C.I. 175707065-9



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad del Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA) por cuanto, los postulantes: **Pilatasig Chicaiza Marco Vinicio** y **Sarabia Tapia Byron Jeovanny** con el título de Proyecto de Investigación: ***“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN LA INDUSTRIA AVÍCOLA Y AGROPECUARIA MARICELA CIA. LTDA. ANTE LA INCIDENCIA DE LAS CARGAS.”*** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto.

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

Para constancia firman:

Latacunga, Febrero, del 2018

Lector 1 (Presidente)
PhD. Secundino Marrero
C.I.:175710790-3

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

Lector 3
Ing. Marco León
C.I.:050230540-2



AVÍCOLA & AGROPECUARIA MARICELA CIA. LTDA.

Latacunga, 22 de enero del 2018

CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

Yo, Francisco Benites portador de la cédula de ciudadanía 050061644-6, en calidad de propietario de la industria AVÍCOLA Y AGROPECURIA MARICELA CIA. LTDA. a petición verbal de los interesados, certifico que:

Los señores Marco Vinicio Pilatasig Chicaiza portador de la cédula de ciudadanía 050386605-5 y Byron Jeovanny Sarabia Tapia portador de la cédula de ciudadanía 050248066-8, realizaron el trabajo de investigación de grado con el tema:

"ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN LA INDUSTRIA AVÍCOLA Y AGROPECUARIA MARICELA CIA. LTDA. ANTE LA INCIDENCIA DE LAS CARGAS."

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

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a los interesados, hacer uso de este documento en forma como estimen conveniente.

Atentamente,

Avícola y Agropecuaria
MARICELA Cia. Ltda.
RUC: 059172538041

Sr Francisco Benites

C.C.:050061644-6

Correo: avi_maricela@yahoo.es

Tfno: 032-262-039/0987472598

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a dios, y a la Universidad técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas para ser un profesional con los mejores conocimientos y aportar a la sociedad de la mejor manera, y a mi gloriosa carrera de Ingeniería Eléctrica.

Marco

DEDICATORIA

Dedico primero a dios, por permitirme día a día una nueva oportunidad de vida, segundo a mis padres Julio Pilatasig porque con sus consejos me ha llevado a ser un hombre de bien, a Guillermina Chicaiza mi querida madre que con su paciencia y amor me guía cada día, a mi hermano Klever Pilatasig por su aporte de conocimientos y experiencia, a mi abuelita Dolores Chuquitarco por ser mi motivación e inspiración y sobre todo a toda mi familia gracias totales.

Marco

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi a la facultad CIYA por haberme formado en mi carrera profesional con un realce de docentes profesionales que inculcaron los conocimientos adquiridos durante mi etapa estudiantil, además a mis compañeros con los cuales he compartido momentos de sacrificio y dedicación.

Un agradecimiento especial primero a Dios por guiarme por este caminar de mi vida por darme una nueva oportunidad para cumplir mis sueños, a mis padres los cuales me brindaron la confianza necesaria que con sus sabios consejos me permitieron seguir en adelante sin rendirme hasta llegar a cumplir mi objetivo.

Byron

DEDICATORIA

Este trabajo quiero dedicar a Dios por concederme la vida y disfrutarla con los seres que me rodean, a mi familia, mi esposa Teresa Molina y querida hija Johana Sarabia a mis padres Zoila Tapia y Pablo Sarabia a mi hermana Raquel, por sus apoyos incondicionales y morales los cuales permitieron continuar en mis estudios, siendo testigos en los momentos de triunfos y fracasos lo que me permitieron seguir en adelante sin rendirme, siendo ellos el pilar fundamental para llegar a ser un ente positivo para la sociedad, Dedico a todos mis amigos, familiares, compañeros que con el apoyo moral permitieron que continúe hasta lograr este objetivo.

Byron

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
CERTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
RESUMEN.....	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xix
ESTRUCTURA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FINAL PROYECTO DE TITULACIÓN II	1
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
6. OBJETIVOS.....	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
Definiciones.....	6

Demanda eléctrica	6
Demanda máxima	6
Demanda promedio.....	7
Demanda mínima.....	7
Curva de carga	7
Carga instalada	7
Capacidad instalada	8
Niveles de voltaje	8
Regulación de caída de voltaje	8
Mediciones	9
Límites de parámetros eléctricos	9
Límite de variación de voltaje	9
Desbalance de voltaje	9
Límite de desbalance de voltaje.....	11
Desbalance de corriente.....	11
Transformador	11
Cálculo de pérdidas en los transformadores	12
CLASE MEDIO VOLTAJE ≤ 25 kV de 15 a 2000 Kva.....	12
Pérdidas en el cobre de transformadores	12
Cargabilidad del transformador	13
Conductores eléctricos.....	13
Determinación del Límite de caída de voltaje	13
Determinación de la corriente de cortocircuito	14
Determinación de pérdidas de potencia.....	14
Determinación de pérdidas de energía.....	15
Factores eléctricos aplicados	15
Factor de demanda.....	15
Factor de utilización	16
Factor de Carga.....	17
Factor de potencia.....	17
Factor de simultaneidad.....	17
Software ETAP 12.6.0.....	18
Analizador de calidad de la energía eléctrica - Fluke 435-II.....	19

9.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	19
	Variable independiente: Análisis de la demanda eléctrica.	20
	Variable dependiente: Eficiencia del suministro eléctrico.	21
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	22
	Métodos de investigación	22
	Método Inductivo	22
	Método deductivo	22
	Tipos de investigación	23
	Investigación Bibliográfica	23
	Investigación Descriptiva	23
	Investigación propositiva.....	23
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	24
	Descripción actual de la “Avícola y Agropecuaria Maricela CIA. LTDA.”	24
	Descripción del suministro de energía eléctrica	24
	Levantamiento de carga.....	25
	Detalle de carga instalada por tablero.....	27
	Mediciones realizadas.....	28
	Curva de carga diaria del transformador trifásico de 100 kVA.....	30
	Variación de voltajes por línea y factor de potencia	32
	Desbalance de voltaje y corriente.....	34
	Desbalance de voltaje en bornes del secundario del transformador	35
	Desbalance de corriente en bornes del secundario del transformador.....	37
	Desbalance de voltaje y corriente en el tablero general de distribución	39
	Desbalance de corriente en el tablero general de distribución	40
	Desbalance de voltaje y corriente en el subtablero de distribución del establo.	42
	Desbalance de corriente en el subtablero de distribución del establo	43
	Desbalance de voltaje y corriente de la red de 220 voltios	45
	Desbalance de corriente de la red de 220 voltios	47
	Calculo del factor de carga	49
	Cálculo del factor de utilización.....	50
	Cargabilidad del transformador	50

Cálculo de pérdidas en el transformador de 100 kVA de la Avícola y Agropecuaria Maricela Cía. Ltda.	51
Cálculo de la Reactancia Inductiva	52
Simulación del sistema actual de la avícola y agropecuaria Maricela Cía. Ltda. en el software ETAP 12.6.0	58
Propuesta 1: Cambio de la sección de los conductores sobrecargados	67
Propuesta de mejora 2: Balance de cargas.....	68
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	70
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....	71
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
15. BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	8
Ecuación 2	8
Ecuación 3	9
Ecuación 4	10
Ecuación 5	10
Ecuación 6	11
Ecuación 7	12
Ecuación 8	13
Ecuación 9	14
Ecuación 10	14
Ecuación 11	14
Ecuación 12	15
Ecuación 13	15
Ecuación 14	16
Ecuación 15	17
Ecuación 16	17

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Sistema de tareas y relación a los objetivos planteados.	5
Tabla 2: Límite de Porcentaje de variación de voltaje	9
Tabla 3: Fórmulas de pérdidas en vacío y bajo carga de transformadores.....	12
Tabla 4: Muestra los factores de demanda para cada agrupación de motores.....	16
Tabla 5: Factores de simultaneidad de un sistema.	18
Tabla 6: Variable independiente.....	20
Tabla 7: Variable dependiente.....	21
Tabla 8: Contiene el levantamiento de carga de la industria avícola y agropecuaria Maricela CIA. LTDA.....	25
Tabla 9: Consta la carga instalada por tablero y total.....	28
Tabla 10: Potencia activa por fase del transformador trifásico de 100 kVA.....	30
Tabla 11: Voltajes y factor de potencia por fase del transformador trifásico de 100 kVA.	32
Tabla 12: Resumen de voltajes y factor de potencia por fase.	34
Tabla 13: Desbalance de voltaje en bornes del secundario del transformador.....	35
Tabla 14: Desbalance de corriente en bornes del secundario del transformador.	37
Tabla 15: Perfil y desbalance de voltaje en el tablero general de distribución.	39
Tabla 16: Desbalance de corriente en el tablero general de distribución.	40
Tabla 17: Desbalance de voltaje en el subtablero de distribución del establo.	42
Tabla 18: Desbalance de corriente en el subtablero de distribución del establo.	44
Tabla 19: Desbalance de voltaje de la red de 220 voltios.	46
Tabla 20: Desbalance de corriente de la red de 220 voltios.	48
Tabla 21: Potencia aparente por línea del transformador de 100 kVA.	49
Tabla 22: Constante k según el número de hilos	53
Tabla 23: Tabla de calibre de conductores con su diámetro para el cálculo de las reactancias inductivas.....	54
Tabla 24: Código de la NEC resistencia y reactancia para cables de 600V Trifásicos.....	56
Tabla 25: Tramo desde el transformador de 100 kVA – tablero general de distribución.	59
Tabla 26: Tramo desde Tablero general de distribución – tableros.	59
Tabla 27: Tramo desde en tablero #1 - cargas.....	62
Tabla 28: Tramo desde en tablero #2 - cargas.....	62
Tabla 29: Tramo desde en tablero #3 - cargas.....	63
Tabla 30: Tramo desde en tablero #5 - cargas.....	63

Tabla 31: Tramo desde en tablero #6 - cargas.....	63
Tabla 32: Tramo desde tableros - cargas.....	65
Tabla 33: Resumen de caídas de voltaje en tramos críticos del sistema actual.....	66
Tabla 34: Detalle del sistema eléctrico incluida la propuesta de mejora 1.....	67
Tabla 35: Potencia por fase del sistema balanceado.....	68
Tabla 36: Cambio de la sección del conductor.....	71
Tabla 37: Valoración de kWh - mes de pérdidas de energía del TGD – Transformador.....	72
Tabla 38: Valoración de kWh - mes de pérdidas de energía del TGD – Transformador.....	72
Tabla 39: Valoración de kWh - mes de pérdidas de energía del Tablero– Cargas.....	73
Tabla 40: Costo del kWh ahorrado.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva de carga en función del tiempo.	7
Figura 2: Límites de porcentajes de caídas de voltaje.....	13
Figura 3: Consta de la carga total instalada.....	28
Figura 4: Disposición de las mediciones efectuadas dentro del sistema eléctrico.	29
Figura 5: Curva de carga diaria.	31
Figura 6: Perfil de voltaje por fase.	33
Figura 7: Perfil del factor de potencia por fase.	34
Figura 8: Perfil y desbalance de voltaje por fase.....	36
Figura 9: Perfil y desbalance de corriente por fase en el secundario del transformador.....	38
Figura 10: Perfil y desbalance de voltaje por fase en el tablero general de distribución.	40
Figura 11: Perfil y desbalance de corriente por fase en el tablero general de distribución.	41
Figura 12: Perfil y desbalance de voltaje por fase en el subtablero del establo.	43
Figura 13: Perfil y desbalance de corriente por fase en el subtablero del establo.....	45
Figura 14: Perfil y desbalance de voltaje en la red de 220 voltios.....	47
Figura 15: Perfil y desbalance de corriente en la red de 220 voltios.....	48
Figura 16: Flujo de potencia corrido en software ETAP 12.6.0 del sistema actual.	58
Figura 17: Disposición topografía de la extensión de red de 220 voltios.	60
Figura 18: Disposición topografía de la extensión de red de 220 voltios. (Continuación).	61
Figura 19: Simulación del tableros # 7, # 8 y establo.	64
Figura 20: Potencia por fase del sistema balanceado.....	69

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

TITULO: “ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN LA INDUSTRIA AVÍCOLA Y AGROPECUARIA MARICELA CIA. LTDA. ANTE LA INCIDENCIA DE LAS CARGAS.”

Autores:

Pilatasig Chicaiza Marco Vinicio

Sarabia Tapia Byron Jeovanny

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación en la industria Avícola y Agropecuaria Maricela Cía. Ltda. ubicada en la parroquia San Buenaventura, se realizó el análisis de la demanda eléctrica con el propósito de determinar la eficiencia del suministro eléctrico bajo la incidencia de las cargas. En tal virtud se conecta el analizador de carga FLUKE 435 serie 2 con lo que se obtiene mediciones de voltajes, corrientes, factor de potencia, potencias activa, reactiva y aparente. Posteriormente se descarga, ordena y filtra los datos mediante el software excel, además el uso de la metodología de histogramas de frecuencia para determinar qué datos se repiten en un intervalo de medición de 10 minutos acorde a la regulación 004/01 emitido por la ARCONEL, con lo que se obtiene el comportamiento de la curva de carga diaria del transformador trifásico de 100 kVA de lunes a viernes que la industria labora. Los resultados de las mediciones recopiladas en condiciones normales de operación, refleja desbalances de voltaje que están por debajo del 3% como estipula la norma europea EN 50160 y desbalances de corriente por arriba del 10% respecto a la medida en cada punto del sistema eléctrico. Mediante el software AutoCAD se realiza el diagrama unifilar para el detalle de parámetros eléctricos, mismo que sirve de base para cargarlo al software ETAP 12.6.0, donde se efectuó corridas de flujos de potencia para determinar las variables de estado tales como; voltaje y ángulo en las barras, pérdidas de energía y caídas de voltaje que inciden directamente en la demanda eléctrica. Se analiza técnica y económicamente el valor por pérdidas, donde efectuando el cambio de la sección de los conductores sobrecargados representa un ahorro total por kWh-mes de 24,42 USD/consumidor si el kWh para la industria cuesta 0,12 centavos de dólar.

Palabras claves: Demanda eléctrica, suministro de energía, carga eléctrica.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

ACADEMIC UNIT OF APPLIED AND ENGINEERING SCIENCE

THEME: "ELECTRICAL DEMAND ANALYSIS FOR DETERMINING THE ELECTRICAL SUPPLY EFFICIENCY IN THE POULTRY AND AGRICULTURAL "MARICELA CIA. LTDA" INDUSTRY BEFORE THE LOADS INCIDENCE"

Authors:

Pilatasig Chicaiza Marco Vinicio

Sarabia Tapia Byron Jeovanny

ABSTRACT

In the following investigative work in the poultry and Agricultural Maricela industry Cía. Ltda., located in San Buenaventura parish, about the analysis of the electrical demand was made for the purpose of determining the electrical supply before the loads incidence for that the FLUKE 435 series 2 load analyzer was connected, to obtain results of voltage measurements, electric currents, power factor, active, reactive and apparent powers. Subsequently, the data are downloaded, sorted and filtered through the excel program. In addition, the use of frequency histograms methodology in order to determine which data are repeated in a measuring range of 10 minutes according to the regulation 004/01 issued by the ARCONEL, so the behavior of the daily load curve of the 100 kVA three-phase transformer weekday industry works is obtained. The results of the collected measurements under normal operating conditions, reflect voltage imbalances that are below 3% as stipulated by the European standard EN 50160 and current imbalances above 10% with respect to the measurement at each point of the electrical system. Through the AutoCAD software, the single-line diagram is made for the detail of electrical parameters, which is the basis for loading it into the ETAP 12.6.0 software, where power flow runs were performed to determine the state variables such as; voltage and angle bars, energy losses and voltage drops directly affecting the electrical demand. The value for losses is analyzed technically and economically, where, by changing the section of the overloaded conductors, it represents a total saving per kWh-month of 24.42 USD / consumer if the kWh for the industry costs 0.12 cents.

Keywords: Electric demand, energy supply, electric charge.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: la traducción del resumen del Proyecto de investigación II al idioma inglés presentado por los señores Egresados: **Marco Vinicio Pilatasig Chicaiza** y **Byron Jeovanny Sarabia Tapia** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, cuyo título versa “**ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN LA INDUSTRIA AVÍCOLA Y AGROPECUARIA MARICELA CIA. LTDA. ANTE LA INCIDENCIA DE LAS CARGAS.**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

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

Latacunga, Febrero del 2018

Atentamente,

Lic. Msc. Erika Cecilia Borja Salazar

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS

CC: 050216109-4



ESTRUCTURA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FINAL PROYECTO DE TITULACIÓN II

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN LA INDUSTRIA AVÍCOLA Y AGROPECUARIA MARICELA CÍA. LTDA. ANTE LA INCIDENCIA DE LAS CARGAS.”

Fecha de inicio:

Lunes 3 de Abril del 2017.

Fecha de finalización:

Martes 6 de febrero del 2018.

Lugar de ejecución:

Bellavista - Parroquia San Buenaventura - Cantón Latacunga - Provincia de Cotopaxi - Industria Avícola y Agropecuaria Maricela Cía. Ltda.

Facultad que auspicia:

CIYA: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia:

Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia.

Proyecto de vinculación vinculado:

Equipo de trabajo:

Tutora:

- PhD. González Palau Iliana Antonia

Actores:

- Pilatasig Chicaiza Marco Vinicio
- Sarabia Tapia Byron Jeovanny

Área de Conocimiento:

Ingeniería Eléctrica

Línea de investigación:

Explotación y diseño de sistemas eléctricos

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Análisis y diseño de sistemas eléctricos

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En el presente trabajo de investigación se tiene como objetivo realizar el análisis de la demanda eléctrica en la industria Avícola y Agropecuaria Maricela Cía. Ltda. ubicada en la parroquia San Buenaventura, al respecto se efectuó mediciones con el registrador de carga FLUKE 435 serie II, para obtener la curva de carga diaria se utiliza la metodología de histogramas de frecuencia la cual nos permite obtener los datos que más se repiten en un intervalo de tiempo de 10 minutos durante las 24 horas.

Una vez descargados los datos del analizador de carga se analiza dos parámetros eléctricos y su índice de desbalance: el primero el voltaje por fase nos refleja que está bajo del límite permitido del 3% y el segundo la corriente por fase la cual presenta un desequilibrio en ciertas horas dentro de la semana operativa de lunes a viernes más allá del 10% como estipula la norma europea EN50160 para ambos parámetros, esto es debido a que el sistema eléctrico se encuentra desbalanceado sus fases.

Se dibuja el diagrama unifilar del sistema eléctrico de la industria en el software AutoCAD debido que no dispone de los mismos siendo una falencia al momento de realizar mantenimientos preventivos, en tal virtud se parte realizando el diagrama unifilar y el levantamiento de carga por tablero, debido a que es la base primordial donde una vez obtenido se carga al software de simulación ETAP 12.6.0, donde se efectuó corridas de flujos de potencia para determinar las variables de estado tales como; voltaje y ángulo en las barras, pérdidas de energía y caídas de voltaje que inciden directamente en la demanda eléctrica.

Finalmente una vez efectuado el análisis se emite la propuesta de mejora que es de cambiar la sección de los conductores sobrecargados, con ello se logra tener una caída de voltaje desde el transformador de 100 kVA hasta cada carga un 5%, para lo cual se analiza técnica y económicamente el valor por pérdidas donde demuestra un ahorro total por kWh-mes de 24,42 USD/consumidor si el kWh para la industria cuesta 0,12 centavos de dólar, dicho ahorro se logra al efectuar el cambio la sección del conductor.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad una instalación eléctrica se define eficiente cuando esta tiene la capacidad de optimizar técnica y económicamente los procesos de producción basándose en el comportamiento del sistema eléctrico, mediante el uso de los analizadores de carga los cuales son instalados y programados para registrar mediciones en tiempo real. De esta manera la Universidad Técnica de Cotopaxi ofrece la disponibilidad a sus estudiantes el analizador de carga FLUKE 435 para sus análisis pertinentes, haciendo de este proyecto de investigación guiado por un docente tutor quien llevara conjuntamente con los actores el cumplimiento de sus objetivos.

El presente proyecto de investigación se realiza en la industria Avícola y Agropecuaria Maricela CIA. LTDA con la finalidad de realizar un estudio de la demanda eléctrica y determinar la eficiencia del suministro eléctrico, para obtener propuestas de mejora en sus puntos críticos, con el objetivo de reducir pérdidas de energía y potencia, que provoca sobrecargas de sus conductores, paradas inesperadas que ocasionan pérdidas de la producción y afecta el desempeño de la industria.

Gracias a la apertura de sus instalaciones por parte del dueño de la Avícola y Agropecuaria Maricela CIA. LTDA. Para el desarrollo del trabajo se realiza el levantamiento de carga que refleja las causas y efectos por los cuales se han venido dando varios problemas en cuanto a paradas inesperadas, sobrecargas de sus conductores, deterioro parcial o total de motores y así como no tener un diagrama unifilar actualizado, para realizar un mantenimiento preventivo de las instalaciones eléctricas industriales y con ello lograr su eficiencia de su suministro ante la incidencia de las cargas instaladas a su sistema de producción de balanceados para animales.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

El beneficiario directo es la industria del presente proyecto de investigación con el tema: **“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN LA INDUSTRIA AVÍCOLA Y AGROPECUARIA MARICELA CIA. LTDA. ANTE LA INCIDENCIA DE LAS CARGAS.”** porque se dotara de un diagrama unifilar actualizado para efectuar maniobras de forma segura para su personal de mantenimiento y así conocer el comportamiento de su sistema eléctrico además, los beneficiarios indirectos son la comunidad porque ayuda al incremento de fuentes de trabajo y crecimiento productivo.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El calentamiento en conductores incide en la demanda eléctrica de la industria Avícola y Agropecuaria Maricela Cía. Ltda. provocando pérdidas de energía y caídas de voltaje debido a que los elementos no se hallan planificados de una manera técnica. Adicional no se dispone del diagrama unifilar del sistema eléctrico esto genera el desconocimiento total por parte del personal para realizar maniobras operativas dentro del proceso de producción.

6. OBJETIVOS

General

- ❖ Realizar el análisis de la demanda eléctrica de la industria Avícola y Agropecuaria Maricela CIA. LTDA mediante la recopilación de mediciones con el analizador de carga FLUKE 435 para determinar la eficiencia del suministro eléctrico con la incidencia de las cargas.

Específicos

- Investigar información específica sobre el análisis de la demanda eléctrica en sistemas industriales para efectuar criterios técnicos relacionados al comportamiento de un sistema eléctrico con la incidencia de las cargas.

- Efectuar un levantamiento de carga del sistema eléctrico actual mediante la elaboración del diagrama unifilar para detallar sus características de conductores, longitudes y más parámetros eléctricos.
- Interpretar los datos obtenidos del analizador de carga FLUKE 435 mediante la metodología de histogramas de frecuencia para obtener la curva de carga diaria.
- Simular el diagrama unifilar mediante el software ETAP 12.6.0 para obtener los puntos más críticos y evaluar técnica y económica la propuesta de mejora.

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

Tabla 1: Sistema de tareas y relación a los objetivos planteados.

Objetivo	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medios de verificación
<p>Objetivo 1: Investigar información específica sobre el análisis de la demanda eléctrica en sistemas industriales para efectuar criterios técnicos relacionados al comportamiento de un sistema eléctrico con la incidencia de las cargas.</p>	<p>Recopilación de información sobre el análisis de la demanda eléctrica en sistemas industriales bajo la incidencia de cargas.</p>	<p>Se establece una base de información clara que relacione al análisis de la demanda y lograr así la eficiencia de suministro eléctrico que alimenta a las distintas cargas.</p>	<p>Se utiliza la Investigación bibliográfica: Se analiza las citas bibliográficas para contrastar una metodología de análisis de la demanda eléctrica.</p>
<p>Objetivo 2: Efectuar un levantamiento de carga del sistema eléctrico actual mediante la elaboración del diagrama unifilar para detallar sus características de conductores, longitudes y más parámetros eléctricos.</p>	<p>Determinación de la carga total instalada en base a los datos de la placa de cada carga. Caracterización de los procesos de producción y cargas incidentes.</p>	<p>Se determina los parámetros eléctricos tales como potencias y factor de potencia teóricos.</p>	<p>Se aplica la Investigación de campo: Se aplica la observación y toma de datos relevantes para la aplicación de cálculos.</p>

Objetivo	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medios de verificación
Objetivo 3: Interpretar los datos obtenidos del analizador de carga FLUKE 435 mediante histogramas de frecuencia para obtener las curvas de carga diaria.	Investigación del periodo de medición en base a la regulación No. CONELEC- 004/01 que se refiere a la calidad de servicio eléctrico de distribución. Conectar el analizador de carga FLUKE 435.	La Descarga de datos obtenidos por el analizador de carga en el periodo de 7 días continuos en intervalos de 10 minutos para graficar la curva de carga diaria.	Se aplica la Investigación de aplicada: Se programa el analizador de carga a fin de obtener los parámetros eléctricos del sistema.
Objetivo 4: Simular el diagrama unifilar mediante el software ETAP 12.6.0 para obtener los puntos más críticos y poder evaluar técnica y económica la propuesta de mejora.	Ingreso de datos teóricos del sistema eléctrico y más información del levantamiento de carga para simular un flujo de carga.	Factibilidad de la o las propuestas de mejora que van encaminadas a la optimización de las instalaciones eléctricas.	Se aplica la Investigación de aplicada: se determina el grado de prioridad técnica y económica.

Realizado por: Los actores.

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

Definiciones

Demanda eléctrica

Según la ARCONEL – CONELEC-007/00 (2000) define la demanda: “Es la potencia requerida por un sistema o parte de él, promediada en un intervalo de tiempo previamente establecido.” (p.5). En tal virtud podemos añadir que es la potencia eléctrica que esta expresada en kW, kVAR, kVA de donde el intervalo de demanda es el tiempo específico que la carga absorbe para funcionar.

Demanda máxima

Es la potencia eléctrica de mayor porcentaje en magnitud, la cual suele manifestarse en forma de picos y suele durar entre varios minutos hasta horas, donde su principal característica es el

intervalo de tiempo que está en base al número del total de cargas que estén funcionando o carga instalada.

Demanda promedio

Es aquella demanda resultante de la suma de todas las demandas instantáneas de un sistema dividido para el intervalo de tiempo en estudio pudiendo ser horas, días, meses y años. La demanda promedio refleja la tendencia o estacionalidad en función de tiempo con la que un sistema eléctrico se comporta.

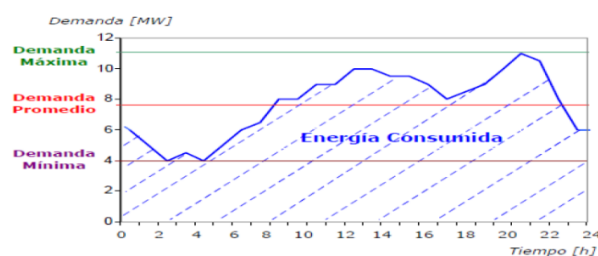
Demanda mínima

Es la potencia eléctrica de menor porcentaje en magnitud, la cual suele manifestarse en forma de valles que están en función del número de cargas que no están funcionando y no absorben potencia para funcionar en un periodo establecido, pero están disponibles para funcionar.

Curva de carga

Según la ARCONEL – CONELEC-007/00 (2000) define la curva de carga: “Será la que representa el comportamiento de la carga durante el periodo en estudio.” (p.5). La curva de carga o demanda muestra una gráfica del comportamiento de un grupo de cargas conectadas a un sistema eléctrico donde su tiempo de análisis puede ser diario, semanal, mensual, anual. En tal virtud la demanda no es constante sino que presenta picos o valles en el transcurso del día.

Figura 1: Curva de carga en función del tiempo.



Fuente: GONZALES Chino, (2014, pag.1).

Carga instalada

Según Ramírez (2009) La carga instalada (CI): “Es la suma de todas las potencias nominales continuas de los aparatos de consumo conectados a un sistema o a parte de él, se expresa generalmente en kVA, MVA, kW o MW.” (p.19). En tal virtud las potencias nominales corresponden a los datos expresados en las placas características ya sea de motores de inducción, sistema de iluminación y más cargas que se encuentren instalados en el sistema eléctrico. Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$CI = \sum \text{Potencias nominales de las cargas}$$

Ecuación 1

Capacidad instalada

Según Ramírez (2009) la capacidad instalada (PI): “Corresponde a la suma de las potencias nominales de los equipos (transformadores, generadores), instalados a líneas que suministran la potencia eléctrica a las cargas o servicios conectados.” (p.19). Cabe añadir que la capacidad instalada es lo que necesito para poner en marcha los equipos e instalaciones eléctricas, es decir es la potencia nominal total la cual me permite arrancar, mantener en funcionamiento y cumplir de manera exitosa los procesos de producción para los cuales fueron previamente diseñados con especificaciones técnicas de funcionamiento como: niveles de voltaje, corrientes, factor de potencia, y entre otros para determinar la capacidad del centro de transformación que servirá a toda la carga del sistema eléctrico.

Niveles de voltaje

Los niveles de voltaje existentes son aquellos los que se pueden clasificar o identificar haciéndose validera la misma, al momento de efectuar una maniobra se identifique a que parte del sistema eléctrico nos estamos refiriendo dentro del contexto de la Regulación 004/01 se esquematiza una clasificación:

- Bajo voltaje: inferior a 0,6 Kv
- Medio voltaje: entre 0,6 y 40 kV
- Alto voltaje: mayor a 40 kV

Regulación de caída de voltaje

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

Ecuación 2

Donde:

ΔV_k : variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

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

V_n : Voltaje nominal en el punto de medición.

Mediciones

Según la Regulación 004/01 (2001) establece que: “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.” Dentro del análisis del proyecto de investigación se programó el analizador de carga para 7 días continuos con un intervalo de 10 minutos, haciéndose de esta manera verídica nuestra información.

Límites de parámetros eléctricos

Límite de variación de voltaje

La regulación Arconel 004/01 emite los límites de voltaje acorde a su valor nominal para cada nivel de voltaje lo que cabe notar que ha mayor nivel de voltaje las exigencias son mayores con relación a los bajos niveles de voltaje. Se puede apreciar que en la tabla 2 que hasta un $\pm 10\%$ de variación de voltaje es admitido como máximo por parte del consumidor.

Tabla 2: Límite de Porcentaje de variación de voltaje

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

Fuente: Regulación Arconel 004/01.

Desbalance de voltaje

Según la ASOCIACIÓN ELÉCTRICA NACIONAL DE FABRICANTES (NEMA) en el estándar MG 1-1993 define al desbalance de voltaje: “Como la relación entre la desviación máxima del voltaje promedio y el voltaje promedio de los tres voltajes” (NEMA, 2000). Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$\%LUVR = \frac{\text{desviación máxima del voltaje de línea promedio}}{\text{voltaje de línea promedio}} * 100$$

Ecuación 3

Donde:

LUVR: Porcentaje de desbalance de voltaje de línea, con sus siglas en ingles “line voltage unbalance rate (LVUR)”.

El estándar MG 1-1993 trabaja solo con la parte de magnitudes por fase, dejando a un lado en ángulo que acompaña a cada magnitud.

El INSTITUTO DE INGENIEROS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (IEEE) para el año de 1995 publica el estándar Std. 1159, el cual define matemáticamente al desbalance de voltaje instantáneo como:

$$\%PUVR = \frac{\text{máxima desviación del valor promedio del voltaje de fase}}{\text{voltaje de fase promedio}} * 100 \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

%PVUR: Porcentaje del desbalance de voltaje de fase.

La gran diferencia que se observa entre las definiciones de la NEMA y IEEE es que la primera utiliza el voltaje de línea o voltaje de fase y en cambio la segunda emplea el voltaje fase – fase para su estudio, dando a entender que ambas no emplean el ángulo de fase asiendo de su estudio solo con el uso de magnitudes para ambas entidades de normalización.

Según la comisión electrotécnica internacional (IEC) define al desbalance de voltaje como: “La relación entre la componente de secuencia negativa y la componente de secuencia positiva del voltaje, el porcentaje del factor de desbalance de voltaje” (IEC-610002-2 Ed.2, 2000). Matemáticamente el porcentaje del factor de desbalance de voltaje se expresa de la siguiente manera:

$$\% VUF = \frac{V_2}{V_1} * 100 \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

V_1 : es la componente de secuencia positiva del voltaje

V_2 : es la componente de secuencia negativa del voltaje

Límite de desbalance de voltaje

“La norma europea EN 50160 establece que, tanto para baja tensión como para media tensión, en condiciones normales de explotación, para cada periodo de una semana, el 95% de los valores eficaces promediados en 10 minutos de la componente inversa de la tensión de alimentación debe situarse entre el 0% y el 2% de la componente directa. Se establece la salvedad, en baja tensión, que en algunas regiones equipadas con líneas parcialmente monofásicas o bifásicas, los desequilibrios pueden alcanzar el 3% en los puntos de suministros trifásicos” (Casaravilla Gonzalo & Echinope Virginia, 2010).

Desbalance de corriente

Un sistema eléctrico sufre de desbalance de corrientes cuando no circulan las mismas corrientes por cada fase provocando sobrecargas en conductores, protecciones y circulación de corriente por el neutro, a razón de lo expuesto se establece la norma UNE-EN 50160 una tolerancia del 10% del valor registrado. Matemáticamente utilizaremos la siguiente formula:

$$D(\%) = \frac{I_m - I_{pro}}{I_{pro}} * 100 \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

D (%): Porcentaje de desbalance de corriente

I_m: corriente máxima entre las tres fases: A, B y C.

I_{pro}: corriente promedio entre las tres fases.

Transformador

“Un transformador es un dispositivo que cambia la potencia eléctrica alterna de un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna a otro nivel de voltaje mediante la acción de un campo magnético” (Chapman, 2005, pág. 90).

Al respecto el transformador cambia un nivel de voltaje a otro nivel de voltaje bajo una misma frecuencia que dicho voltaje dependerá del número de espiras para comportarse como reductor o elevador.

Cálculo de pérdidas en los transformadores

Las pérdidas en el transformador se componen: “de las pérdidas en el acero que no dependen de la carga, y de las pérdidas en los devanados que están en función de la carga del transformador” (Chapman, 2005, pág. 90). De tal manera el transformador tiene pérdidas en vacío y pérdidas bajo carga las fórmulas de cálculo están expuestas en la norma NTE 215-2.

CLASE MEDIO VOLTAJE ≤ 25 kV de 15 a 2000 Kva

Tabla 3: Fórmulas de pérdidas en vacío y bajo carga de transformadores.

TRANSFORMADORES	FÓRMULAS
Desde: 15 KVA hasta 150 KVA	$P_o = 10,514 * P_n^{0,7486}$
Desde: 15 KVA hasta 150 KVA	$P_c = -0,0103 * P_n^2 + 13,892 * P_n + 106,65$

Fuente: Norma NTE 2115-2

Dónde:

P_o: Pérdidas en el Vacío.

P_c: Pérdidas bajo carga.

Pérdidas en el cobre de transformadores

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

Ecuación 7

Dónde:

P_{cu}: Pérdidas en el cobre del transformador.

F_u: Factor de utilización del transformador.

ΔP_{cu} : Pérdidas en el cobre a potencia nominal.

Cargabilidad del transformador

La cargabilidad del transformador está basado: “Con el crecimiento de la demanda eléctrica, y con el fin de satisfacer la misma, se incrementa la carga de los transformadores por encima de su capacidad nominal, lo cual implica que se rebase el límite de temperatura de operación” (Según Rodríguez Juan & Orejuela Víctor, 2013).

La cargabilidad del transformador es el porcentaje o grado al cual se encuentra trabajando es decir nos indica de cuanta potencia podemos añadir ante la inserción de cargas para evitar una sobrecarga o por lo contrario estaría trabajando subcargado.

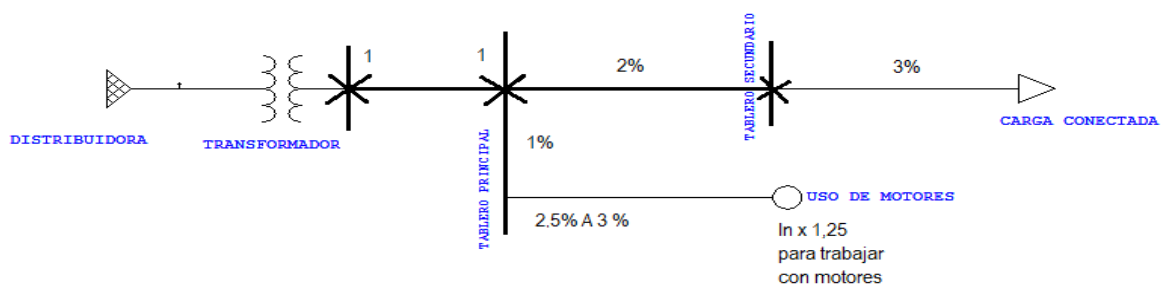
$$\% \text{ Cargabilidad} = \frac{S \text{ medida (kVA)}}{S \text{ transformador (kVA)}} * 100 \quad \text{Ecuación 8}$$

Conductores eléctricos

Determinación del Límite de caída de voltaje

Uno de los índices principales de la calidad de la energía eléctrica es el voltaje y, por lo tanto, este se debe ofrecer al usuario dentro de los límites normalizados. En las líneas de distribución y en otros elementos se presentan caídas de tensión que deben evaluarse con todo cuidado, con el propósito de que en las variaciones normales de carga el voltaje se mantenga dentro del rango normal (Juárez, 1995, pág.55).

Figura 2: Límites de porcentajes de caídas de voltaje.



Realizado por: Los actores.

La caída de voltaje se determina como el porcentaje que se pierde por la oposición de la resistencia al paso de la corriente, que a su vez provocan calentamiento o efecto Joule y por consiguiente caídas de voltajes en tramos del sistema eléctrico. Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * (R * I * \cos \varphi + X * I * \sin \varphi) * L}{1000 * \# \text{conductores por fase}} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

R: resistencia del conductor (Ω).

I: corriente nominal (A).

X: reactancia del conductor (Ω).

φ : Angulo del factor de potencia de carga.

L: longitud (m).

Determinación de la corriente de cortocircuito

Según Juárez (1995) establece: “La selección de conductores por cortocircuito para seleccionar la sección técnicamente estable en corto circuito del cable, es necesario conocer el valor de la corriente permanente de corto circuito y el tiempo probable que pasara dicha corriente a través de él.” (pág. 71).

$$I_{CC} = \frac{\# \text{conductores por fase} * kV * 1000 * 1000}{\sqrt{3} * \sqrt{R^2 + X^2} * L} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

I_{cc}: Corriente de cortocircuito (A).

R: resistencia del conductor (Ω).

X: reactancia del conductor (Ω).

L: longitud (m).

Determinación de pérdidas de potencia

“Dardo Fernández Guzmán” El motor funciona en ciclos de operación que lleva a frecuentes accionamientos, por lo que es necesario especificar un motor determinado para una actividad en particular. La verificación de la capacidad del motor funcionando para un ciclo de operación.

$$\text{Pérdidas de Potencia} = \frac{L * P}{K * S * V^2 * \cos^2 \varphi} = Kw \quad \text{Ecuación 11}$$

Dónde:

S: Sección del conductor en (mm²).

L: Longitud del conductor (m).

P: Potencia de motor o carga (kW).

K: Conductividad eléctrica para el cobre 51.04 (S/m).

$\cos^2 \phi$: Factor de potencia al cuadrado.

Determinación de pérdidas de energía

La determinación de pérdidas de energía se la realiza para un tiempo determinado así como también con los días laborables para terminar multiplicando con las pérdidas de potencia que se calcula previamente. Matemáticamente se expresa:

$$P \text{ energía} = \text{Pérdidas de potencia} \times \text{días} * \text{horas} \quad \text{Ecuación 12}$$

Dónde:

P energía: Pérdida de energía en (kW/h)

Pérdidas de potencia: Unidad (kW)

Días: Días laborables dependiendo de mes. (Anexo 1)

Factores eléctricos aplicados**Factor de demanda**

Según Ramírez (2009) “El factor de demanda en un intervalo de tiempo t, de una carga, es la razón entre la demanda máxima y la carga total instalada.” (pag.26). El factor de demanda muestra la relación entre la demanda máxima del sistema a consecuencia de la carga total instalada al mismo sistema es decir muestra el porcentaje de carga instalada que necesita dicho sistema para funcionar. Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$FD = \frac{\text{Carga máxima}}{\text{Carga Instalada}} = \frac{D_{\text{máx}}}{C_i} \leq 1 \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

$D_{m\acute{a}x}$: demanda máxima del sistema expresada en kW o kVA.

C_i : carga o potencia instalada en el sistema expresada en kW o kVA.

Contrn (2000) muestra que el “**Factor de Demanda**, se define para un conjunto de receptores, como el cociente entre la potencia máxima demandada por el conjunto, y la potencia instalada correspondiente al mismo conjunto.” (pág. 44). Al respecto el factor de demanda esta especificado en intervalos de números de motores puestos en marcha, que a medida que el numero se mayor el factor de demanda aumenta. Para un mejor entendimiento ver la tabla 4.

Tabla 4: Muestra los factores de demanda para cada agrupación de motores.

NÚMERO DE MOTORES EN OPERACIÓN	FACTOR DE DEMANDA EN (%)
1 – 10	70 – 80
11 – 20	60 – 70
21 – 50	55 – 60
51 – 100 > a 100	50 – 60

Fuente: Instalaciones eléctricas Industriales I (Dardo Fernández Guzmán).

Factor de utilización

Según Hawking (1986) El factor de utilización: “es la razón entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema (capacidad instalada) en un intervalo de tiempo t.” (pag.110).

Al respecto el factor de utilización refleja el porcentaje de la capacidad instalada del sistema.

Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$F_u = \frac{\text{Carga maxima}}{\text{Capacidad instalada}} = \frac{D_{m\acute{a}x}}{P_{inst}} \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

$D_{m\acute{a}x}$: demanda máxima del sistema expresada en kW o kVA.

C_i : capacidad o potencia instalada en el sistema expresada en kW o kVA.

Factor de Carga

Según Ramírez (2009) “Se define como la razón entre la demanda promedio en un intervalo de tiempo dado y la demanda máxima observada en el mismo intervalo de tiempo.” (pag.28). Al respecto si tenemos un factor de carga igual a 1 tendremos un comportamiento con muy pocas variaciones aproximadamente constante de la curva de carga, por lo contrario si tenemos un factor de carga bajo obtendremos una curva de carga diaria con picos y valles considerables.

$$FC = \frac{\text{Demanda Promedio}}{\text{Demanda máxima}} \text{ con límites } 0 < FC \leq 1, FC = \frac{D_p}{D_m} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

D_p: demanda promedio (kW)

D_m: demanda máxima (kW)

Factor de potencia

Según Schneider (2008) “El factor de potencia de una carga, que puede ser un elemento único que consume energía o varios elementos (por ejemplo, toda una instalación), lo da la relación de P/S, es decir, kW divididos por kVA en un momento determinado.” (pág. 3). El factor de potencia tiene efecto de manera porcentual en las pérdidas y así como también en la regulación de voltaje, para llegar a un fin común que es precautelar las instalaciones eléctricas en límites permitidos hasta 0.92 emitido por la ARCONEL y el factor económico de la industria. Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$\cos\varphi = \frac{\text{Potencia activa}}{\text{Potencia aparente}} \quad \text{Ecuación 16}$$

Factor de simultaneidad

Según Jurado (2008) “Es una cantidad menor o igual a la unidad que se obtiene como el recíproco del factor de diversidad. Es factor que indica la operación de los equipos al mismo instante.”(pág.13). Es decir el factor de simultaneidad nos refleja con qué porcentaje se manifiesta o entra a funcionar dicha carga con respecto a otras cargas, que a su vez dependerá más de los precios de producción al punto de inserción de máquinas al mismo instante.

Tabla 5: Factores de simultaneidad de un sistema.

Tipo de caga	Factor de Simultaneidad
Iluminación	1
Calefacción y Aire Acondicionado	1
Toma corrientes	0,1 o 0,2
Elevación y carga	
motor mayor	1
2do motor	0,75
resto de los motores	0,6

Fuente: Instalaciones eléctricas Industriales I (Contrín, Ademaro. A. m. b).

Software ETAP 12.6.0

El ETAP 12.6.0 es un software de simulación de sistemas eléctricos de potencia siendo capaz de analizar en sus distintas etapas del sistema como: generación, transmisión y distribución, además es muy utilizado para el análisis de los parámetros eléctricos de naves industriales proporcionando datos confiables de manera rápida a la hora de modelar toda su estructura.

Simulación y Análisis

Cortocircuito ANSI / IEEE

- ❖ Cálculos basados en normas ANSI/IEEE C37.
- ❖ Normas IEEE 141 & 399.
- ❖ Integrado con selectividad de protecciones.
- ❖ Diagnóstico automático de equipos trifásicos, monofásicos y sistemas de cuadros.
- ❖ Evaluación de interruptores de generadores.
- ❖ Transformadores de cambio de fase.
- ❖ Cálculo del cortocircuito en los bornes de la carga.

Flujo de carga

- ❖ Flujo de potencia.

Analizador de calidad de la energía eléctrica - Fluke 435-II

Como se muestra en la Figura 3. El analizador de calidad FLUKE 435 serie II. El equipo 435 serie II marca FLUKE, permite instalar la red trifásica, bifásica o monofásica, balanceada o no, en un rango de tensión que va desde los 120 voltios hasta los 480 voltios y una corriente máxima de 2.000 amperios, calcula y registra los principales parámetros eléctricos tales como tensión, corriente, factor de potencia, frecuencia, armónicos de voltaje y de corriente, etc. (FLUKE, 2012, págs. 24-4). Al respecto nos permite cuantificar los parámetros eléctricos que previamente se programan al analizador en tiempo real que resultan muy confiables a la hora de analizar el comportamiento de un sistema eléctrico.

Figura 3: Analizador de calidad FLUKE 435 serie II.



Fuente: Fluke.

Forma de conexión

El analizador de calidad FLUKE 435 tiene 4 entradas BNC para pinzas amperimétricas y 5 entradas tipo banana para tensiones. Se debe utilizar solamente las pinzas amperimétricas como se suministran, o bien pinzas recomendadas para un uso seguro con el analizador. Estas pinzas tienen un conector BNC de plástico. Es necesario utilizar conectores BNC aisladas.

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

Si se realiza un análisis en la demanda eléctrica en la industria avícola y agropecuaria Maricela Cía. Ltda. mediante mediciones entonces se podrá determinar la eficiencia del suministro eléctrica en dependencia de la incidencia de las cargas.

Operacionalización de las variables

Variable independiente: Análisis de la demanda eléctrica.

Tabla 6: Variable independiente.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
La demanda eléctrica es la potencia especificada en un intervalo de tiempo que absorbe la carga para funcionar donde su magnitud puede venir expresada en kW, kVAR o kVA.	Análisis de la demanda eléctrica.	Potencias Activa [W] Reactiva [VAR] Aparente [VA]	Obtención de la curva de demanda diaria del transformador trifásico.	Observación Software Excel
	Variación de voltajes.	Índice de variación de voltaje [ΔV].	Valorización porcentual de voltajes de línea o fase en las líneas L1, L2 y L3.	Recolección de información. Software Excel
	Desbalances de voltaje y corriente.	Límite de desbalance de voltaje. [%V]. Límite de desbalance de corriente [%I]	Índice porcentual de desbalance de voltaje y corriente.	Recolección de información. Software Excel

Realizado por: Los actores.

Variable dependiente: Eficiencia del suministro eléctrico.

Tabla 7: Variable dependiente.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
La eficiencia energética se define como caracterizar a un sistema eléctrico manteniéndolo bajo límites de voltaje, corriente y pérdidas de energía y potencia bajo incidencia de cargas.	Determinación del porcentaje de caída de voltaje en los tramos del sistema.	Límites establecidos acorde al código eléctrico ecuatoriano. [%V]	Porcentajes establecidos de caídas de voltaje por tramos en el sistema.	Observación. Levantamiento de carga. Software Excel
	Pérdidas de potencia.	Determinación cuantificable de pérdidas de potencia en los diferentes tramos [kW].	Cálculo de pérdidas de potencia.	Observación. Software Excel
	Pérdidas de energía.	Determinación cuantificable de pérdidas de energía en los diferentes tramos. [kW/h].	Cálculo de pérdidas de energía.	Levantamiento de carga. Software Excel

Realizado por: Los actores.

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En el presente proyecto de investigación se determina el estado actual del sistema eléctrico de la industria Avícola y Agropecuaria Maricela CIA. LTDA. que va enfocado a determinar la eficiencia con la que se suministra la energía eléctrica hacia las cargas, haciéndose importante conocer el comportamiento de las instalaciones eléctricas para de esta manera lograr una propuesta de mejora en los puntos más críticos, que se van a determinar con el análisis de demanda eléctrica. Para lo expuesto se detallan los siguientes métodos de investigación:

Métodos de investigación

Método Inductivo

El método inductivo es utilizado para detallar las características de las cargas mediante el levantamiento de carga que se llevó a cabo dentro de las instalaciones de la industria para determinar la carga total instalada, con lo expuesto se logra tener conclusiones y recomendaciones en lo referente al porcentaje de cargabilidad y el factor de utilización del transformador trifásico de 100 kVA que alimenta a todo el sistema eléctrico.

Método deductivo

Con el método deductivo se logra tener la cargabilidad del transformador trifásico de 100 kVA para saber si esta sobrecargado o subcargado en función de la carga total instalada expresados en kVA, donde el levantamiento de carga, el diagrama unifilar y más datos necesarios para simular el sistema actual en el software ETAP 12.6.0 que nos permitió obtener de forma cuantificable los parámetros eléctricos y puntos más críticos, en tal virtud se efectuó un análisis técnico y económico a la propuesta de mejorar la eficiencia del suministro hacia las cargas.

Método analítico

El presente método nos ayudó a obtener una metodología para el análisis de las mediciones que se obtiene mediante el analizador de carga Fluke 435 serie II, el cual fue instalado en: el tablero general del procesamiento de balanceado, tablero perteneciente al establo y además a la red de 220 voltios que alimenta a motores y uso residencial.

Método sintético

El método sintético nos proporciona los requerimientos de información tales como potencia, nivel de voltaje, número de conductores por fase, longitud y calibre del conductor y más datos necesarios para simular en el software ETAP 12.6.0 y lograr obtener falencias o puntos críticos en el sistema actual de la industria.

Tipos de investigación

Investigación Bibliográfica

Con la investigación bibliográfica se logra la búsqueda de información en: libros, artículos científicos, páginas web y más, en lo que concierne al estudio de la demanda eléctrica logrando obtener la regulación CONELEC – ARCONEL 004/01 que para nuestra investigación se utiliza todo lo referente a la calidad de producto como variación de niveles de voltajes de línea de cada fase, además deficiones de la IEEE, NEMA, IEC y UNE-EN 50160 para la determinación del límite de desbalance de voltaje y corriente.

Investigación Descriptiva

A efecto de describir nuestro proyecto de investigación el cual está dividido por tres etapas para la recopilación de información es así que: la primera es el levantamiento de carga y dibujo del diagrama unifilar de toda la industria, la segunda es la instalación del analizador de carga Fluke 435 serie II en el tablero general y subtableros de distribución de energía eléctrica hacia las cargas terminando con la tres etapa que es el análisis e interpretación de resultados para introducir mediante el levantamiento de carga al software ETAP 12.6.0 y así brindar una propuesta de mejora en los puntos más críticos del sistema de la industria.

Investigación propositiva

El presente proyecto de investigación tiene el propósito de brindar un análisis de la demanda eléctrica y determinar la eficiencia del suministro con las que se están alimentando a las diferentes cargas, para de esta manera dar soluciones en los problemas críticos a presentarse en el actual sistema eléctrico mediante la simulación de todo el sistema para encontrar los parámetros eléctricos que se encuentran afectando.

Técnicas de investigación

Observación directa

Con el uso de esta técnica de investigación podremos obtener los datos necesarios para el levantamiento de carga, adquisición de datos del tablero general y subtableros de distribución, así también conocer los procesos de producción de balanceado y soya.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Descripción actual de la “Avícola y Agropecuaria Maricela CIA. LTDA.”

La industria Avícola y Agropecuaria Maricela CIA. LTDA. Se dedica desde 1995 al procesamiento, transformación y distribución de balanceados para animales así como la recolección y venta de huevos, demostrando un alto aporte para el desarrollo de comunidad.

En los últimos años ha presentado crecimiento en lo referente a la demanda de sus productos para lo cual ha decidido aumentar personal para la operación de los procesos de producción como son: el descargue de materia prima, almacenamiento en los silos y entrega del producto ya procesado a clientes finales demostrando un alto compromiso y profesionalismo a la hora de atender a sus clientes.

Al respecto con el fin de tener actualizado su diagrama unifilar y optar por una planificación ordenada para la expansión a futuro de su planta de procesamiento de balanceado tiene la necesidad de determinar el comportamiento de su sistema eléctrico, el cual alimenta a tres cargas puntuales como son: la industria procesadora de balanceado, el establo para la venta de leche y consumo residencial, en tal virtud se plantea el presente tema de investigación “Análisis de la demanda eléctrica para determinar la eficiencia del suministro eléctrico en la industria Avícola y Agropecuaria Maricela CIA. LTDA. ante la incidencia de las cargas”.

Descripción del suministro de energía eléctrica

El suministro de energía eléctrica es dotado por la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. (ELEPCO S.A.) a un nivel de voltaje de 13,8 kV, desde el poste No. 116524 perteneciente al alimentador de la subestación La Cocha salida 5 del código 06CH13B1S5, alimentando de esta manera al transformador de 100 kVA marca INATRA que se encuentra montado sobre una estructura tipo H de dos postes de 12 metros o acorde al manual del ministerio de electricidad y energía renovable (MEER), se denomina e identifica como UP – UC: TRT-3C(1) trifásico –

convencional para instalación exterior (en poste), con sus equipos de protección y seccionamiento para dicho nivel de voltaje.

La acometida se encuentra dividida en dos partes:

La primera que es subterránea a una longitud 60 metros desde el secundario del transformador a 220/127 voltios hacia la nave industrial de procesamiento de balanceado con un conductor de THHN Cu 3 x 2/0 AWG, el calibre del conductor neutro es THHN Cu 1x1/0 AWG.

La segunda es aérea de conductor ACSR 2 x 2/0 AWG, el calibre del conductor neutro es ACSR 1x 2/0 AWG que alimenta a un nivel de voltaje de 220 voltios a la carga residencial, iluminación de galpones y entre otras cargas descritas en la tabla 8 del levantamiento de carga.

Levantamiento de carga

El levantamiento de carga desarrollado en la industria avícola y agropecuaria Maricela CIA. LTDA. es de vital importancia para recopilar información como: datos de placa de motores de inducción, longitud, sección y calibre de los conductores, datos de placa del transformador trifásico de 100 kVA y más datos que se utiliza para la determinación de la carga instalada, tal propósito se obtuvo con la técnica de la observación directa que nos permitió constatar y recopilar información para la posterior simulación en el software ETAP 12.6.0 de todo el sistema eléctrico para determinar los parámetros eléctricos en la situación actual. A lo expuesto se detalla continuación:

Tabla 8: Contiene el levantamiento de carga de la industria avícola y agropecuaria Maricela CIA. LTDA.

LEVANTAMIENTO DE CARGA				
NOMBRE	DESIGNACIÓN	CANTIDAD	MÁQUINA	POTENCIA (kW)
TABLERO #1	SILO #1	1	VENTILADOR 1	3,73
		1	BARREDORA 1	3,73
		1	SIN FIN 1	3,73
		1	VENTILADOR 2	3,73
	SILO #2	1	BARREDORA 2	3,73
		1	SIN FIN 2	5,60
		1	SIN FIN 3	5,60
		1	ELEVADOR 1	5,60
		1	BOMBA DE POZO	2,24
		1	BOMBA CALDERO	0,56
TOTAL				38,25
NOMBRE	DESIGNACIÓN	CANTIDAD	MÁQUINA	POTENCIA (kW)
TABLERO #2	SILO #3	1	SIN FIN 4	5,60
		1	SIN FIN 5	5,60
		1	SIN FIN 6	5,60
TOTAL				16,80

NOMBRE	DESIGNACIÓN	CANTIDAD	MÁQUINA	POTENCIA (kW)	
TABLERO #3	FÁBRICA	1	SIN FIN 7	5,60	
		1	SIN FIN 8	5,60	
		1	MEZCLADORA	14,92	
		1	SIN FIN 9	3,73	
		1	ELEVADOR 2	5,60	
		1	SIN FIN 10	5,60	
TOTAL				41,05	
NOMBRE	DESIGNACIÓN	CANTIDAD	MÁQUINA	POTENCIA (kW)	
TABLERO #5	SILO #4	1	ELEVADOR 3	11,19	
		1	VENTILADOR 3	11,19	
		1	VENTILADOR 4	1,49	
		1	VENTILADOR 5	1,49	
		1	BARREDORA 3	3,73	
		1	SIN FIN 11	3,73	
		1	SIN FIN 12	5,60	
TOTAL				38,42	
NOMBRE	DESIGNACIÓN	CANTIDAD	MÁQUINA	POTENCIA (kW)	
TABLERO #6	FÁBRICA	1	MOLINO	29,84	
TOTAL				29,84	
NOMBRE	DESIGNACIÓN	CANTIDAD	MÁQUINA	POTENCIA (kW)	
TABLERO #7	BOMBA	1	BOMBA DE RIEGO	11,19	
	TABLERO # 8	1	BOMBA DE POZO PROFUNDO	5,60	
		1	BOMBA DE CASA	2,24	
	ESTABLO	1	BOMBA DE ORDEÑO	3,73	
		1	CALEFÓN ELÉCTRICO	5,00	
		1	BOMBA DE RETROLAVADO	0,56	
		1	BOMBA TANQUE	0,06	
		1	BOMBA REFRIGERACIÓN	2,98	
		1	VENTILADOR 1	0,34	
		1	VENTILADOR 2	0,34	
		1	BOMBA AL VACIO	0,75	
		1	ILUMINACIÓN	0,20	
		1	CASA 3	4,48	
	TOTAL				37,47
NOMBRE	DESIGNACIÓN	CANTIDAD	MÁQUINA	POTENCIA (kW)	
TGD BARRA DE RED DE 220 V	CASAS	1	CASA 1	12,00	
		1	CASA 2	19,01	
	TABLERO DE ALIMENTACIÓN	1	BOMBA DOSIFICADORA	0,05	
		1	BOMBA DE POZO PROFUNDO	2,24	
		1	GALPON 1	0,56	
		1	GALPON 2	0,56	
		1	GALPON 3	0,56	
		1	GALPON 4	0,56	
		1	GALPON 5	0,56	
		1	ILUMINACIÓN INCANDESCENTE	15,00	
		1	DUCHAS	19,00	
		TOTAL			

Realizado por: Los actores.

Detalle de carga instalada por tablero

La información obtenida mediante el levantamiento de carga para determinar en forma de magnitud y porcentaje la potencia instalada dividida a cada tablero como se observa en la tabla 8. Se detalla a continuación los datos obtenidos por tablero:

El tablero #1 tiene una potencia instalada de 38,25 kW que representa tener un 14,07%, perteneciente a cargas que funcionan en los silos 1 y 2 para el descargue y transporte de materia prima.

El tablero #2 tiene una potencia instalada 16,80 kW llegando a representar 6,18 % en el silo #3 donde se almacena el producto finalizado.

El tablero #3 tiene una potencia instalada de 41,05 kW con el 15,10% que se ocupa en el transporte de materia prima hacia el cuarto de la procesadora de balanceado.

El tablero # 4 es de uso exclusivo de los bancos de capacitores.

El tablero # 5 corresponde al silo #4 que hace de almacenar la materia prima necesitando de motores de inducción, ventiladores y un elevador para el transporte de materia prima que llega a tener una potencia instalada de 38,42 kW y con un 14,13% de la carga total instalada.

El tablero # 6 representa tener al motor de mayor potencia que hace la función de molino llegando a tener una potencia instalada de 29,84 kW que significa tener un 10,97%.

El tablero # 7 corresponde al establo para el ordeño y almacenamiento de leche llegando a tener 37,47 kW representando el 13,78%.

El tablero general de la barra de 220 voltios corresponde a la carga residencial, carga puntual de la iluminación incandescente de cada galpón y cargas adicionales, llegando a representar una potencia instalada de 70,10 kW con un porcentaje del total de carga instalada del 25,78% siendo la de mayor porcentaje en relación a los anteriores tableros.

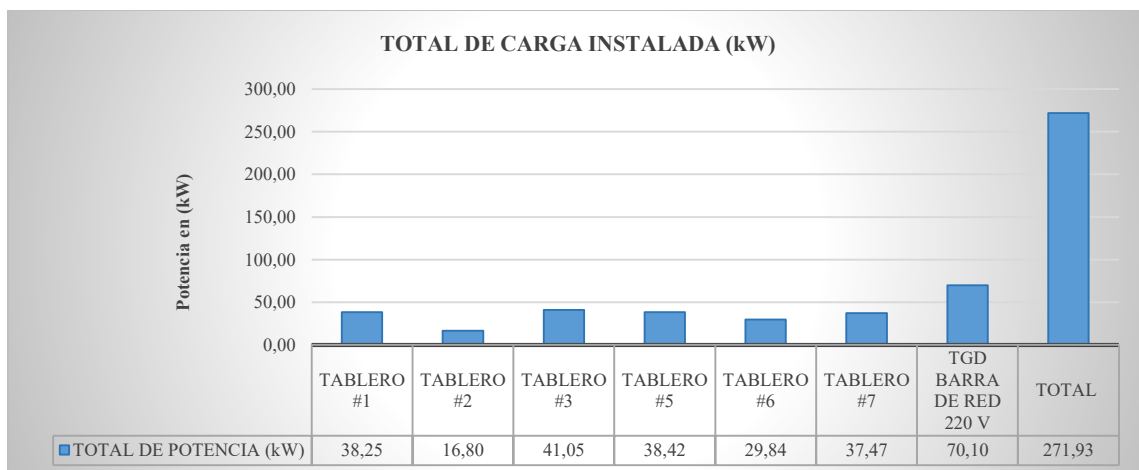
Se muestra en la tabla 9 la carga total instalada de 295,58 kVA, con un factor de potencia promedio de un día típico de 24 horas, se debe aclarar que cada tablero no funciona al 100% sino que influyen los factores de utilización, simultaneidad, de carga y entre otros factores.

Tabla 9: Consta la carga instalada por tablero y total.

NOMBRE	TOTAL DE POTENCIA (kW)	PORCENTAJE (%)	FACTOR DE POTENCIA PROMEDIO	POTENCIA APARTE (kVA)
TABLERO #1	38,25	14,07	0,92	295,58
TABLERO #2	16,80	6,18		
TABLERO #3	41,05	15,10		
TABLERO #5	38,42	14,13		
TABLERO #6	29,84	10,97		
TABLERO #7	37,47	13,78		
TGD BARRA DE RED 220 V	70,10	25,78		
TOTAL	271,93	100,00		

Realizado por: Los actores.

A manera de resumen se detalla en la figura 3 la potencia instalada por tablero donde el tablero general de la red de 220 voltios es la que contiene mayor carga instalada con 70,10 kW.

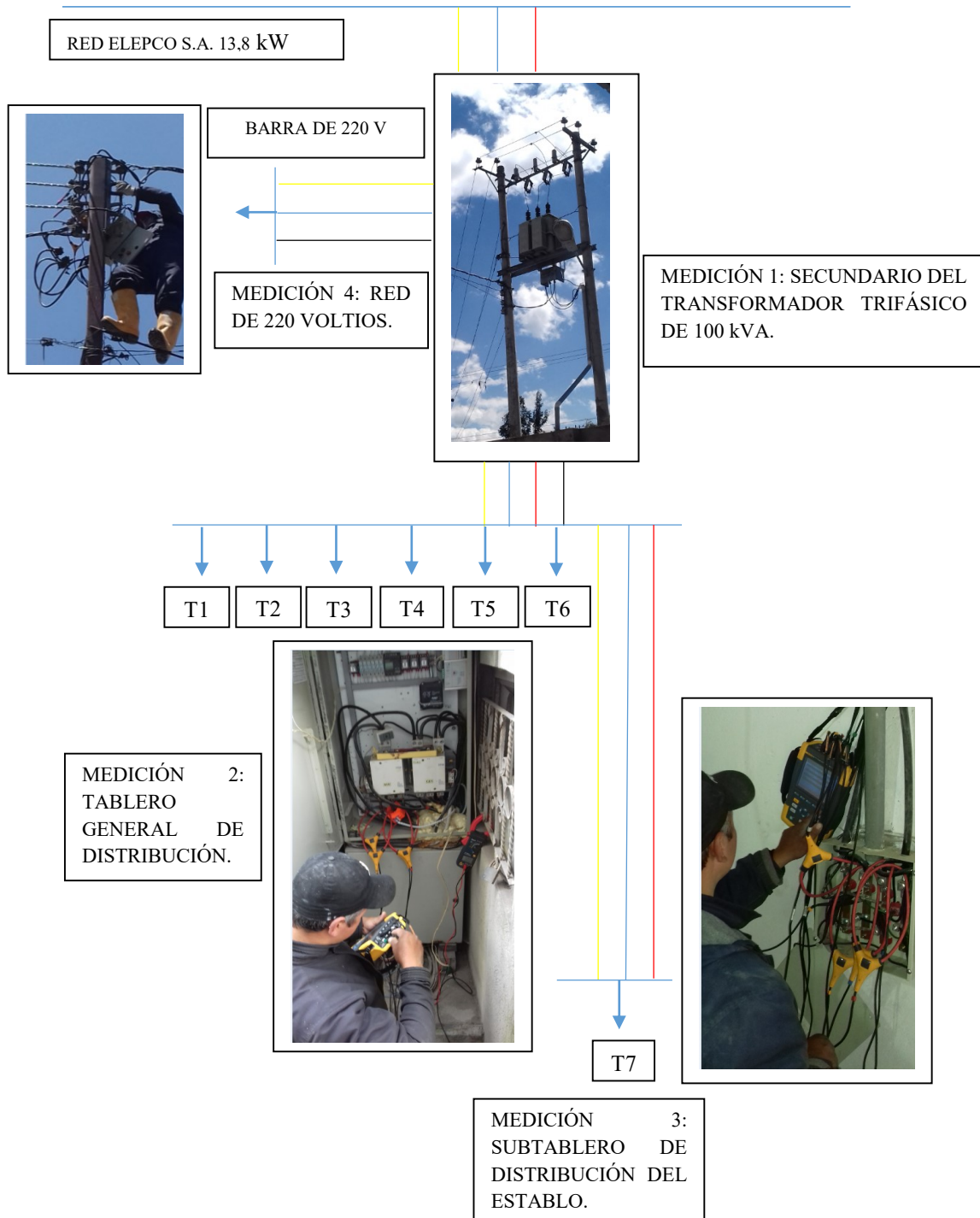
Figura 3: Consta de la carga total instalada.

Realizado por: Los actores.

Mediciones realizadas

Las mediciones registradas mediante el analizador de carga Fluke 435 serie II conforme a la regulación No. CONELEC (ARCONEL) 004/01 en lo referente a la calidad de producto, las mediciones registradas se obtienen en intervalos de 10 minutos por 7 días continuos. Los datos recopilados y descargados son de vital importancia para ver en qué condiciones se encuentra el suministro eléctrico actual, en tal virtud el comportamiento de la curva de carga diaria que se obtiene en la medición 1 registrada en los bornes del secundario del transformador de 100 kVA, además se tendrá los desbalance de voltaje y corriente por cada una de las fases en las mediciones 2,3 y 4 tal como se ilustra en la figura 4.

Figura 4: Disposición de las mediciones efectuadas dentro del sistema eléctrico.



Realizado por: Los actores.

Curva de carga diaria del transformador trifásico de 100 kVA

La curva de carga representa el comportamiento de todo el sistema eléctrico para tal propósito se realizó la medición y descarga de los datos en los bornes del secundario del transformador, mediante el método analítico considerando los histogramas de frecuencia se obtiene los valores que más se repitieron en un intervalo de 10 minutos, obteniendo una curva promedio de Lunes a viernes que la industria labora a su plena capacidad. Para lo expuesto se registran los valores mediante los histogramas de frecuencia desde el día lunes 04/09/2017 hasta 08/09/2017 obteniendo los siguientes valores de potencia activa por fase en la tabla 10.

Tabla 10: Potencia activa por fase del transformador trifásico de 100 kVA.

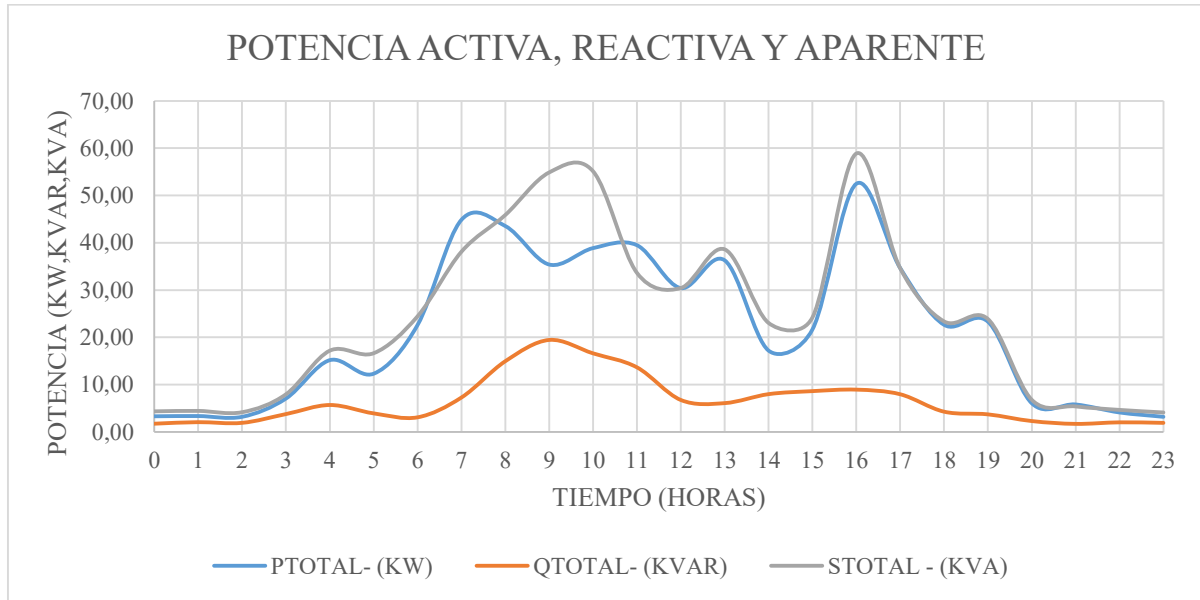
Hora	PL1 - (kW)	PL2 - (kW)	PL3- (kW)	PTOTAL- (kW)
0	0,87	0,64	1,79	3,30
1	0,96	0,61	1,78	3,35
2	0,83	0,65	1,70	3,18
3	1,88	2,07	3,10	7,05
4	3,63	5,60	5,93	15,17
5	4,56	2,08	5,67	12,30
6	12,33	1,87	8,41	22,60
7	24,94	6,34	13,57	44,85
8	20,74	9,47	13,32	43,53
9	15,84	9,05	10,50	35,39
10	8,87	8,82	21,17	38,87
11	9,17	8,96	21,35	39,48
12	6,90	6,26	17,24	30,40
13	5,13	9,43	21,73	36,28
14	5,33	5,30	6,57	17,19
15	6,25	6,38	9,02	21,66
16	21,51	12,79	18,17	52,47
17	14,49	8,46	11,70	34,65
18	12,42	1,71	8,52	22,65
19	14,30	1,58	7,43	23,31
20	2,37	0,95	2,72	6,04
21	2,01	0,70	3,08	5,79
22	1,27	0,69	2,14	4,10
23	0,82	0,69	1,67	3,18
MAX	24,94	12,79	21,73	52,47
MIN	0,82	0,61	1,67	3,18
PROMEDIO	8,23	4,63	9,10	21,95

Realizado por: Los actores.

La demanda máxima se suscita en la hora 16:00 pm con 52,47 kW debido al arranque automático del sistema de iluminación incandescente de 15 kW desde las 16:00 hasta las 21:00 horas de los 5 galpones existentes y más cargas que aportan. La demanda mínima tenemos a las

23:00 con 3,18 kW donde no existe gran incidencia de cargas, el comportamiento promedio de todo el día es 21,95 kW como se describe en la tabla 10.

Figura 5: Curva de carga diaria.



Realizado por: Los actores.

A continuación se muestra en la figura 5 la curva de carga diaria de lunes a viernes obteniendo un promedio de un día típico para la potencia activa, donde nos refleja que a la hora 4:00 am con 15,17 kW se tiene la incidencia o entrada a funcionar de las máquinas del ordeño pertenecientes al establo del tablero # 7, conjuntamente con el sistema automático de la iluminación incandescente de cinco galpones que consta de dos periodos de funcionamiento en la mañana desde las 5:00 am hasta las 8:00 am y en la tarde desde las 5:00 pm hasta 20:00 pm.

Los procesos de producción son: descargue y almacenamiento de materia prima en el silo # 4, transporte de materia prima hacia el cuarto de producción de balanceado y transporte de producto elaborado donde dichos procesos son consecutivos, iniciando en la hora 8:00 am con 43,53 kW el proceso de transporte de materia prima desde los silos hacia el molino y posteriormente pasa a la mezcladora.

El máximo valor registrado de potencia reactiva es 19,44 kVAR a las 9:00 debido a que se tiene la incidencia de la carga del molino y un valor máximo de potencia aparente de 58,87 kVA a las 16:00, estos máximos valores registrados se comportan en función de la carga.

Variación de voltajes por línea y factor de potencia

A continuación se muestra en la tabla 11 la recopilación de los datos de voltajes por línea y factor de potencia utilizando las mediciones efectuadas en el secundario del transformador para determinar la condición actual del sistema eléctrico, así como para determinar si el índice de variación de voltaje y factor de potencia están dentro del límite establecido en la regulación 004/01 emitido por el CONELEC/ARCONEL referente a la calidad de producto.

Tabla 11: Voltajes y factor de potencia por fase del transformador trifásico de 100 kVA.

Hora	V L1 - (V)	V L2 - (V)	V L3 - (V)	FP L1	FP L2	FP L3
0	136,41	141,05	137,69	0,55	0,79	0,93
1	139,54	141,264	139,016	0,57	0,78	0,92
2	139,87	141,57	139,834	0,59	0,78	0,93
3	138,46	140,07	138,73	0,77	0,97	0,96
4	136,96	139,62	139,01	0,76	0,97	0,97
5	135,37	137,51	136,92	0,85	0,99	0,99
6	134,66	139,00	139,30	0,99	0,99	0,99
7	134,31	138,35	137,67	0,97	0,99	1,00
8	133,12	137,76	136,22	0,99	0,98	1,00
9	133,27	135,67	135,03	0,97	0,97	0,99
10	134,09	135,92	135,73	0,98	0,98	0,99
11	133,14	134,83	135,10	0,99	0,98	0,99
12	135,57	137,02	136,97	0,84	0,96	0,87
13	135,54	136,57	136,09	0,99	0,99	0,95
14	134,04	136,46	136,18	0,98	0,98	0,97
15	134,37	136,36	135,81	0,98	0,99	0,98
16	134,15	136,00	135,34	0,99	0,99	0,99
17	135,52	138,31	137,54	0,98	0,99	0,99
18	134,44	138,27	137,382	0,99	0,99	0,99
19	134,82	137,42	136,752	0,99	0,98	0,99
20	135,124	139,25	137,998	0,85	0,80	0,98
21	136,448	139,16	138,714	0,81	0,89	0,98
22	136,44	138,80	138,33	0,60	0,89	0,98
23	136,71	138,40	138,11	0,56	0,79	0,93
MAX	139,87	141,57	139,83	0,99	0,99	1,00
MIN	133,12	134,83	135,03	0,55	0,78	0,87
PROMEDIO	135,52	138,11	137,31	0,86	0,93	0,97

Realizado por: Los actores.

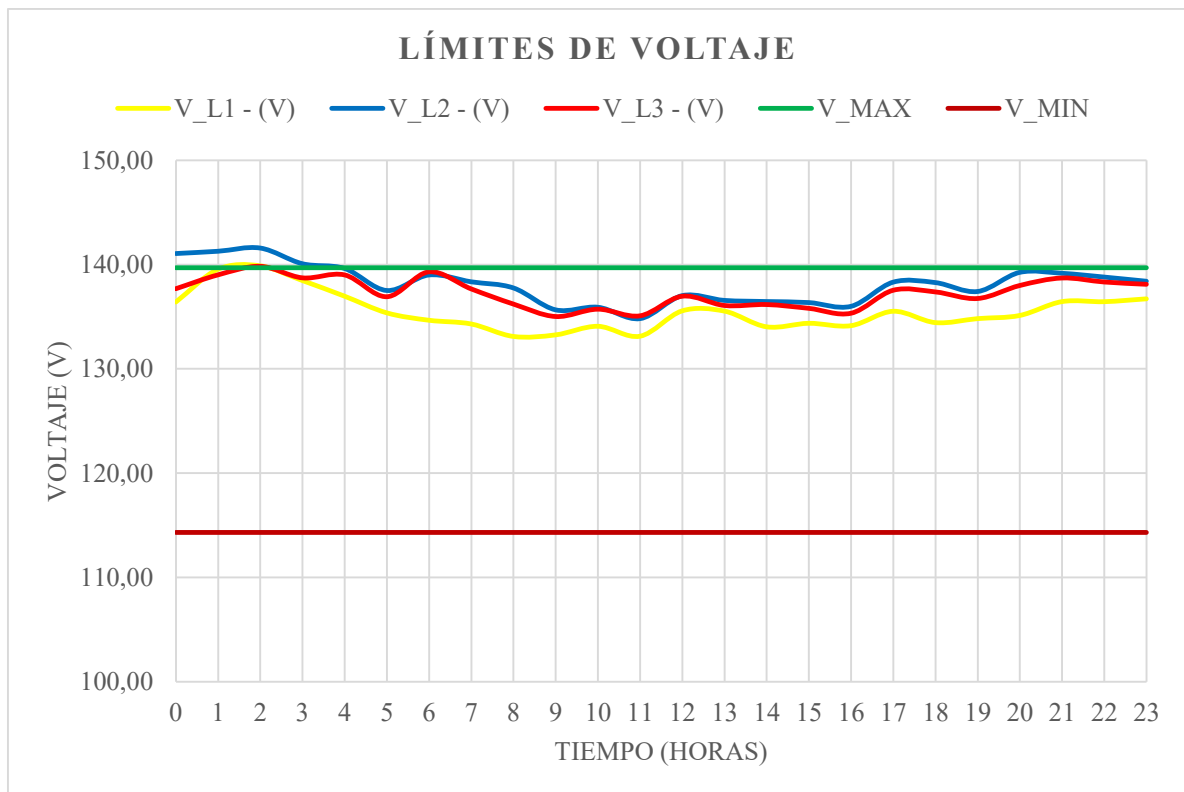
El índice de variación de voltaje por fase que se muestra en la figura 6 detalla el comportamiento de un día típico, en tal virtud lo más relevante es que a medida que se conectan las cargas disminuye el voltaje por fase para lo que se establece los siguientes puntos relevantes:

El transformador trifásico de 100 kVA cuenta con 5 pasos de posición del tap en el primario encontrándose actualmente en la posición 3 que corresponde 13,200 voltios y de esta manera

obteniendo en el secundario un voltaje 220/127 voltios. Dentro de la medición efectuada se produjeron voltajes máximos en la hora 2:00 am valores de 139,87 voltios en la línea 1, 141,57 voltios en la línea 2 y 139,834 voltios en la línea 3 los cuales están por encima del límite admitido, debido a la baja incidencia de cargas y por la repotenciación del alimentador de la empresa distribuidora que elevó el voltaje de distribución de 13,2 a 13,8 kV.

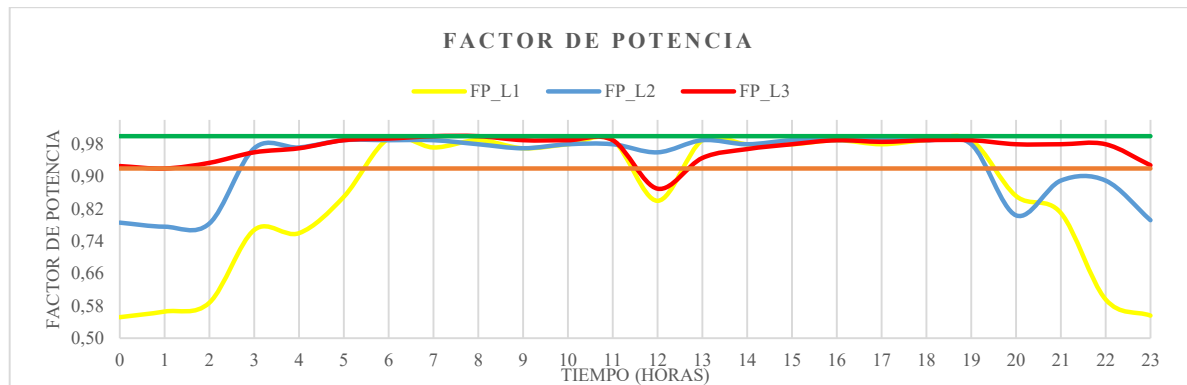
En lo referente a valores mínimos se obtiene el 133,12 en la línea 1; 134,83 en la línea 2 y 135,03 en la línea 3 para lo que se concluye que no existen valores por debajo del 10% del voltaje nominal de 127 voltios como se observa en la figura 6.

Figura 6: Perfil de voltaje por fase.



Realizado por: Los actores.

La variación del factor de potencia según el pliego tarifario emitido por la ARCONEL a diciembre del 2017 establece como mínimo un 0,92 en tal virtud se presentan decrementos de factor de potencia en las líneas 2 y 3 considerables en periodos de mañana desde las 0:00 hasta las 6:00 de la mañana y en la tarde desde las 7:00 hasta las 23:00 horas esto es debido a la baja incidencia de cargas y se tiene un banco capacitores de 73,3 kVAR que compensan de forma automática los reactivos al sistema eléctrico como se observa en la figura 7.

Figura 7: Perfil del factor de potencia por fase.

Realizado por: Los actores.

Tabla 12: Resumen de voltajes y factor de potencia por fase.

PARÁMETROS	FASES	MÁXIMO	PROMEDIO	MÍNIMO	LÍMITE	V_MIN
VOLTAJE	V L1	139,87	135,52	133,12	± 10%	114,30
	V L2	141,57	138,11	134,83	±10%	V_MAX
	V L3	139,83	137,31	135,03	±10%	139,70
FACTOR DE POTENCIA	FP L1	0,99	0,86	0,55		0,92
	FP L2	0,99	0,93	0,78		0,92
	FP L3	1,00	0,97	0,87		0,92

Realizado por: Los actores.

A lo expuesto en la tabla 12 la variación del nivel de voltaje para la zona rural se encuentra en un $\pm 10\%$ del voltaje nominal de 127 voltios, de esta manera el promedio de voltaje de la línea 1 es de: 135,87 voltios, de la línea 2 es de: 138,11 voltios y de la línea 3 de: 137,31 voltios de esta manera manteniéndose dentro del límite de variación.

En cuanto al factor de potencia promedios de cada línea se obtiene que la línea 1 es de: 0,86, de la línea 2 es de: 0,93 y de la línea 3 es de: 0,97 siendo las dos últimas líneas las cuales cumplen con el mínimo de factor de potencia, a excepción de la línea 1 la cual presenta un índice de bajo factor de potencia.

Desbalance de voltaje y corriente

Con el hecho de determinar la eficiencia del suministro eléctrico que se alimentan las cargas conectadas al transformador de 100 kVA se establecieron 4 mediciones en las siguientes partes del sistema eléctrico: en bornes del secundario del transformador, en el tablero general de distribución, en el subtablero de distribución del establo y por último en la red de 220 voltios para establecer el índice de desbalance de voltaje y corriente que se suscitan en un día típico promediado de lunes a viernes mediante la metodología de histogramas de frecuencia.

Desbalance de voltaje en bornes del secundario del transformador

Se establece el periodo de medición comprendido entre: el 04/09/2017 hasta el 08/09/2017 posteriormente se descarga dichos datos y se sacan un promedio total reflejado a un día típico con los valores que más se repitieron en cada hora, en tal virtud se obtiene un día típico de las 24 horas del día.

El desbalance de voltaje en bornes del secundario del transformador es determinado gracias a la ecuación 5 definida matemáticamente por la IEEE que nos indica como calcular el porcentaje de variación y mediante la norma europea EN 50160 se establece como límite de desbalance hasta el 3% admitido. La tabla 16 muestra la recopilación de voltajes por fase obtenidos a través de la medición 1 en la parte del secundario del transformador trifásico de 100 kVA reflejando el valor máximo de la línea 1 con 139,87 V, en la línea 2 con 141,57 V, y en la línea 3 con 139,83V además valores mínimos en la línea 1 con 133,12 V, en la línea 2 con 134,83 V y en la línea 3 con 135,03 V.

Tabla 13: Desbalance de voltaje en bornes del secundario del transformador.

Hora	V_L1 (V)	V_L2 (V)	V_L3 (V)	PROMEDIO	MÁXIMO	DESVIACIÓN MAXIMA	DESBALANCE %
0	136,41	141,05	137,69	138,38	141,05	2,67	1,93
1	139,54	141,26	139,02	139,94	141,26	1,32	0,94
2	139,87	141,57	139,834	140,42	141,57	1,15	0,82
3	138,46	140,07	138,73	139,09	140,07	0,98	0,70
4	136,96	139,62	139,01	138,53	139,62	1,09	0,79
5	135,37	137,51	136,92	136,60	137,51	0,91	0,67
6	134,66	139,00	139,30	137,66	139,30	1,65	1,20
7	134,31	138,35	137,67	136,78	138,35	1,57	1,15
8	133,12	137,76	136,22	135,70	137,76	2,06	1,52
9	133,27	135,67	135,03	134,65	135,67	1,01	0,75
10	134,09	135,92	135,73	135,25	135,92	0,67	0,50
11	133,14	134,83	135,10	134,35	135,10	0,74	0,55
12	135,57	137,02	136,97	136,52	137,02	0,50	0,37
13	135,54	136,57	136,09	136,07	136,57	0,50	0,37
14	134,04	136,46	136,18	135,56	136,46	0,90	0,66
15	134,37	136,36	135,81	135,52	136,36	0,85	0,63
16	134,15	136,00	135,34	135,16	136,00	0,84	0,62
17	135,52	138,31	137,54	137,13	138,31	1,19	0,87
18	134,44	138,27	137,382	136,70	138,27	1,57	1,15
19	134,82	137,42	136,752	136,33	137,42	1,09	0,80
20	135,12	139,25	137,998	137,46	139,25	1,79	1,30
21	136,45	139,16	138,714	138,11	139,16	1,05	0,76
22	136,44	138,80	138,33	137,86	138,80	0,94	0,68
23	136,71	138,40	138,11	137,74	138,40	0,66	0,48
MAX	139,87	141,57	139,83	140,42	141,57	2,67	1,93
MIN	133,12	134,83	135,03	134,35	135,10	0,50	0,37
PROMEDIO	135,52	138,11	137,31	136,98	138,13	1,15	0,84

Realizado por: Los actores.

A manera de ejemplo se indica el cálculo del desbalance para la hora 0 de la tabla 13 mediante las mediciones registradas en los bornes del secundario del transformador:

Datos:

V_L1=136,41 V;

V_L2= 141,05 V;

V_L3= 137,69 V

Se obtiene un promedio de: 138,38 V

El valor máximo de las tres mediciones por línea es: 141,05 V

Y finalmente para obtener el porcentaje de desbalance de voltaje se aplica la ecuación 4:

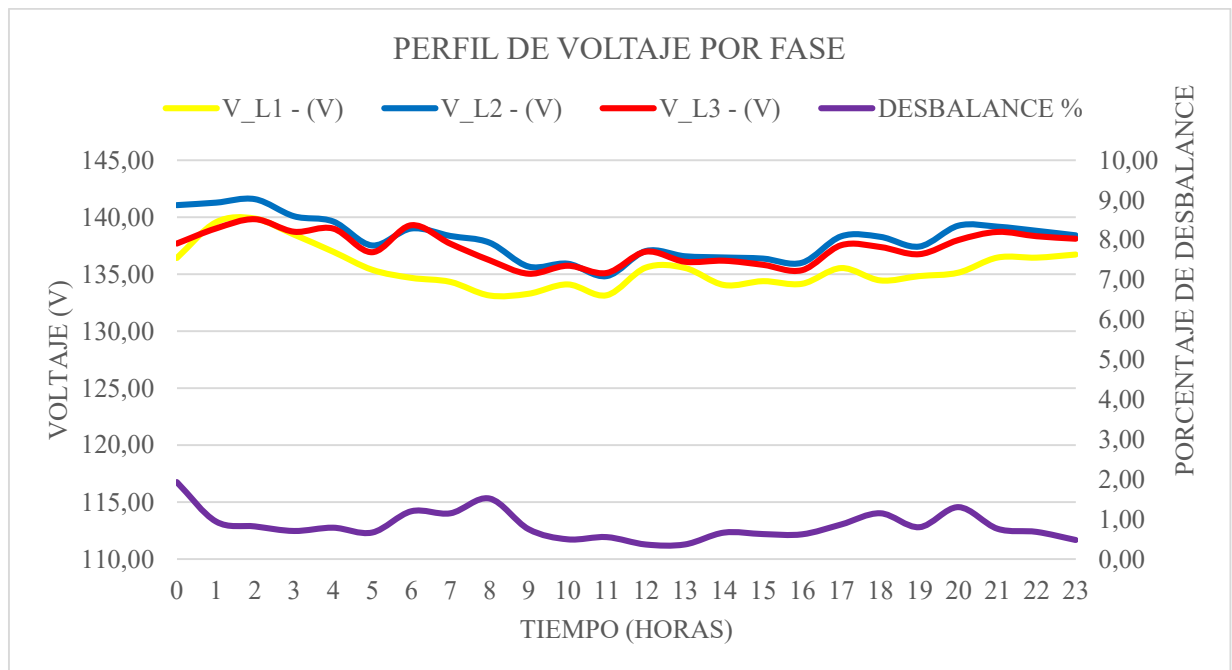
$$\%PUVR = \frac{\text{máxima desviación del valor promedio del voltaje de fase}}{\text{voltaje de fase promedio}} * 100$$

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

$$\%PUVR = \frac{141,05 - 138,38}{138,38} * 100$$

$$\%PUVR = 1,93\%$$

Figura 8: Perfil y desbalance de voltaje por fase.



Realizado por: Los actores.

En la figura 8 contiene el en mayor desbalance de voltaje en bornes del secundario del transformador es 1,93% a suscitarse a las 0:00, el valor mínimo que se presenta es en las horas de 12:00 y 13:00 con un porcentaje de 0,37% y un valor de porcentaje promedio de 0,84% de desbalance de voltaje a suscitarse en el día típico que dichos porcentajes se encuentran dentro de la norma europea EN 50160 hasta un 3% de desbalance.

Desbalance de corriente en bornes del secundario del transformador

El desbalance de corriente que se presentan en los bornes del secundario del transformador es determinado para el mismo periodo de medición que el desbalance de voltaje comprendido del 04/09/2017 hasta el 08/09/2017 de esta manera se obtiene para cada hora del día el porcentaje de desbalance de corriente.

La tabla 14 muestra la recopilación de corrientes por fase obtenidos a través de la medición 1 en la parte del secundario del transformador trifásico de 100 kVA reflejando el valor máximo de la línea 1 con 202,90 A, en la línea 2 con 151,32 A, y en la línea 3 con 171,80 A además valores mínimos en la línea 1 con 10,16 A, en la línea 2 con 7,10 A y en la línea 3 con 15,70 A.

Tabla 14: Desbalance de corriente en bornes del secundario del transformador.

Hora	I_L1-(A)	I_L2-(A)	I_L3-(A)	PROMEDIO	MÁXIMO	DESVIACIÓN MAXIMA	DESBALANCE %
0	10,46	7,70	16,22	11,46	16,22	4,76	41,54
1	11,30	7,60	16,84	11,91	16,84	4,93	41,38
2	10,16	7,10	15,70	10,99	15,7	4,71	42,87
3	18,08	17,98	24,90	20,32	24,9	4,58	22,54
4	32,92	42,06	50,48	41,82	50,48	8,66	20,71
5	43,92	18,20	69,48	43,87	69,48	25,61	58,38
6	92,32	16,70	62,62	57,21	92,32	35,11	61,37
7	136,36	59,68	88,66	94,90	136,36	41,46	43,69
8	137,50	71,16	99,24	102,63	137,5	34,87	33,98
9	168,88	130,70	114,60	138,06	168,88	30,82	22,32
10	156,62	151,32	76,80	128,25	156,62	28,37	22,12
11	74,40	69,48	162,14	102,01	162,14	60,13	58,95
12	39,34	56,52	118,04	71,30	118,04	46,74	65,55
13	44,34	41,20	171,80	85,78	171,8	86,02	100,28
14	45,54	43,24	51,58	46,79	51,58	4,79	10,24
15	60,86	51,22	71,14	61,07	71,14	10,07	16,49
16	202,90	98,56	141,08	147,51	202,9	55,39	37,55
17	110,88	34,82	89,14	78,28	110,88	32,60	41,65
18	99,78	15,34	49,30	54,81	99,78	44,97	82,05
19	113,04	14,58	56,70	61,44	113,04	51,60	83,98
20	23,32	10,36	21,50	18,39	23,32	4,93	26,80
21	11,20	8,14	23,40	14,25	23,4	9,15	64,23
22	13,64	7,94	17,08	12,89	17,08	4,19	32,51
23	10,32	8,20	16,36	11,63	16,36	4,73	40,68
MAX	202,90	151,32	171,80	147,51	202,90	86,02	100,28
MIN	10,16	7,10	15,70	10,99	15,70	4,19	10,24
PROMEDIO	69,50	41,24	67,70	59,48	86,12	26,63	44,66

Realizado por: Los actores.

A modo de ejemplo se calcula el desbalance de corriente para la hora 0 mostrándose a continuación:

Datos:

$I_{L1} = 10,46 \text{ A}$;

$I_{L2} = 7,70 \text{ A}$;

$I_{L3} = 16,22 \text{ A}$

Se obtiene un promedio de: 11,46 A

El valor máximo de las tres mediciones por línea es: 16,22 A

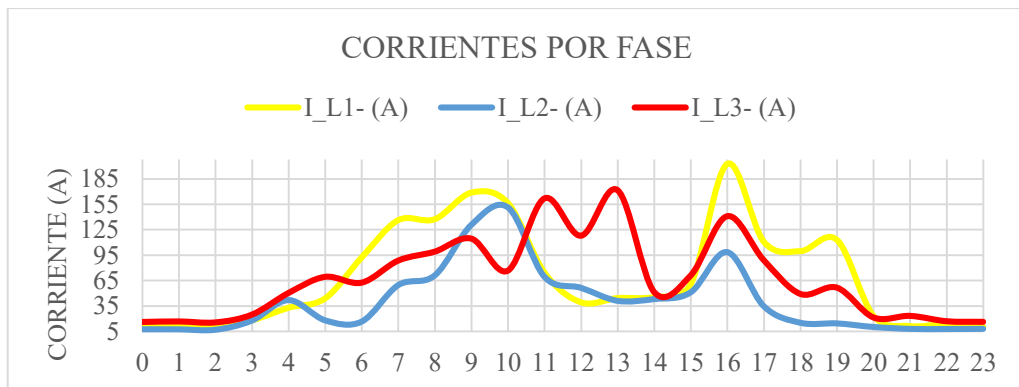
Y finalmente para obtener el porcentaje de desbalance de corriente se aplica la siguiente ecuación 6:

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

$$D(\%) = \frac{16,22 - 11,46}{11,46} * 100$$

$$D(\%) = 41,54\%$$

Figura 9: Perfil y desbalance de corriente por fase en el secundario del transformador.



Realizado por: Los actores.

El desbalance de corriente obtenido entre las tres líneas en el secundario del transformador se tiene un valor máximo de 100,28% en la hora 13:00, un valor mínimo de 10,24% en la hora 14:00 para de esta manera llegar a obtener un promedio durante el transcurso del día típico de 44,66% donde dicho porcentaje de desbalance de corriente sobrepasa el 10% emitido por la norma UNE-EN 50160.

Desbalance de voltaje y corriente en el tablero general de distribución

Desbalance de voltaje en el tablero general de distribución

El periodo comprendido para el registro de la medición en el tablero general de distribución se efectuó desde el 11/09/2017 hasta el 15/09/2017 como se observa en la tabla 15.

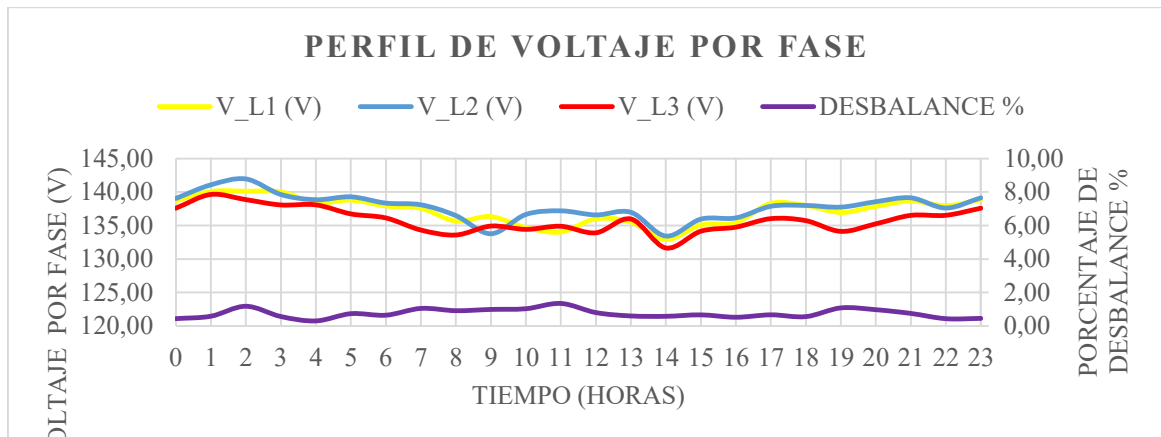
Tabla 15: Perfil y desbalance de voltaje en el tablero general de distribución.

Hora	V_L1 (V)	V_L2 (V)	V_L3 (V)	PROMEDIO	MÁXIMO	DESVIACIÓN MAXIMA	DESBALANCE %
0	138,68	139,03	137,58	138,43	139,03	0,60	0,43
1	140,08	141,07	139,63	140,26	141,07	0,81	0,58
2	140,11	141,95	138,85	140,30	141,95	1,65	1,18
3	140,01	139,62	138,06	139,23	140,01	0,78	0,56
4	138,38	138,84	138,08	138,43	138,84	0,41	0,30
5	138,79	139,28	136,73	138,26	139,28	1,01	0,73
6	137,91	138,34	136,12	137,46	138,34	0,88	0,64
7	137,55	138,08	134,32	136,65	138,08	1,43	1,05
8	135,66	136,47	133,58	135,24	136,47	1,23	0,91
9	136,33	133,76	134,91	135,00	136,33	1,33	0,99
10	134,69	136,64	134,42	135,25	136,64	1,39	1,03
11	134,03	137,18	134,88	135,36	137,18	1,82	1,34
12	135,99	136,57	133,91	135,49	136,57	1,08	0,80
13	135,52	136,96	135,97	136,15	136,96	0,81	0,59
14	132,90	133,41	131,64	132,65	133,41	0,76	0,57
15	135,08	135,94	134,15	135,06	135,94	0,89	0,66
16	135,40	136,13	134,75	135,43	136,13	0,70	0,52
17	138,30	137,86	136,02	137,39	138,30	0,91	0,66
18	137,98	137,99	135,72	137,23	137,99	0,76	0,55
19	136,94	137,74	134,12	136,27	137,74	1,47	1,08
20	137,85	138,55	135,25	137,21	138,55	1,33	0,97
21	138,66	139,13	136,51	138,10	139,13	1,03	0,75
22	137,95	137,60	136,52	137,36	137,95	0,59	0,43
23	138,84	139,14	137,58	138,52	139,14	0,62	0,45
MAX	140,11	141,95	139,63	140,30	141,95	1,82	1,34
MIN	132,90	133,41	131,64	132,65	133,41	0,41	0,30
PROMEDIO	137,23	137,80	135,80	136,95	137,96	1,01	0,74

Realizado por: Los actores.

La tabla 15 muestra la recopilación de voltajes por fase obtenidos a través de la medición 2 en la parte del tablero general de distribución reflejando el valor máximo de la línea 1 con 140,11 V, en la línea 2 con 141,95 V, y en la línea 3 con 139,63 V además valores mínimos en la línea 1 con 132,90 V, en la línea 2 con 133,41 V y en la línea 3 con 131,64 V.

Figura 10: Perfil y desbalance de voltaje por fase en el tablero general de distribución.



Realizado por: Los actores.

Dentro del día típico en el tablero de distribución general una vez descargadas las mediciones registradas se suscita un porcentaje máximo de desbalance de voltaje de 1,34% a la hora a las 11:00 am, un valor mínimo de 0,30% a la hora 4:00 am de esta manera se obtiene que el desbalance promedio porcentual en el día es de 0,74% presentándose así de esta manera mantenerse dentro del 3% como máximo como expuesto en la figura 10.

Desbalance de corriente en el tablero general de distribución

El periodo establecido para la medición y descarga de datos es desde el 11/09/2017 hasta el 15/09/2017 tal como se detalla en la tabla 16.

La tabla 16 muestra la recopilación de corrientes por fase obtenidos a través de la medición 2 en la parte del tablero general de distribución reflejando el valor máximo de la línea 1 con 179,90 A, en la línea 2 con 203,50 A, y en la línea 3 con 182,70 A además valores mínimos en la línea 1 con 6,92 A, en la línea 2 con 7,56 A y en la línea 3 con 7A.

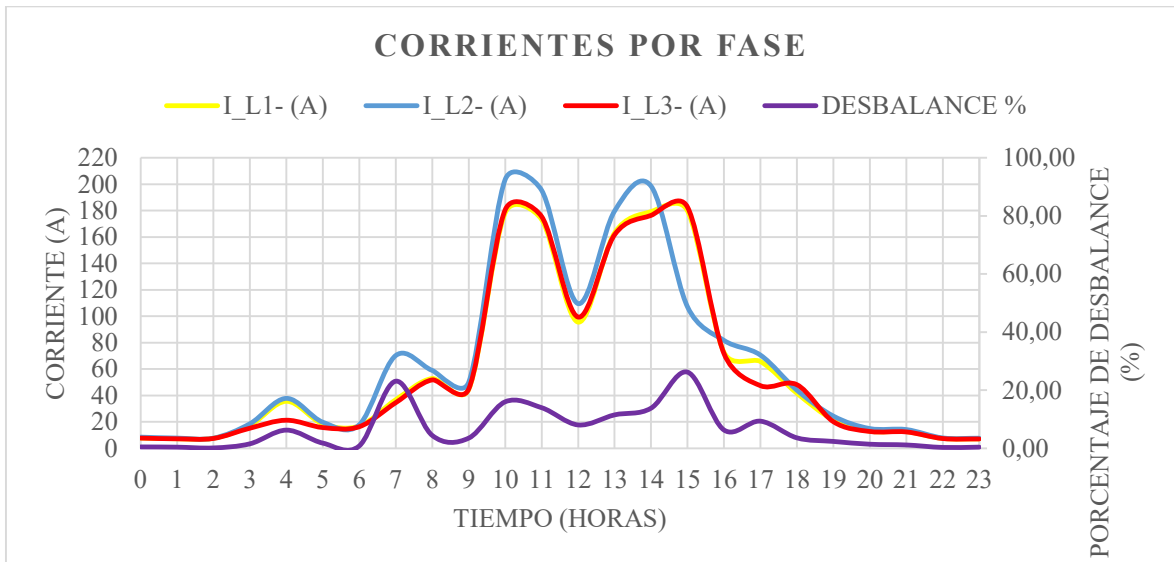
Tabla 16: Desbalance de corriente en el tablero general de distribución.

Hora	I_L1- (A)	I_L2- (A)	I_L3- (A)	PROMEDIO	MÁXIMO	DESVIACIÓN MAXIMA	DESBALANCE %
0	7,64	8,36	7,68	7,89	8,36	0,47	5,95
1	7,04	7,66	7,12	7,27	7,66	0,39	5,36
2	7,42	7,6	7,42	7,48	7,60	0,12	1,60
3	17,16	18,48	15,18	16,94	18,48	1,54	9,09
4	35,5	37,72	21,22	31,48	37,72	6,24	19,82
5	18,32	19,64	15,64	17,87	19,64	1,77	9,91
6	16,76	17,78	16,3	16,95	17,78	0,83	4,90
7	36,7	70,2	34,54	47,15	70,20	23,05	48,89
8	52,76	58,88	51,76	54,47	58,88	4,41	8,10

Hora	I _{L1} - (A)	I _{L2} - (A)	I _{L3} - (A)	PROMEDIO	MÁXIMO	DESVIACIÓN MAXIMA	DESBALANCE %
9	44,5	49,92	44,86	46,43	49,92	3,49	7,52
10	178,5	203,5	180,6	187,53	203,50	15,97	8,52
11	173,3	195,3	175,5	181,37	195,30	13,93	7,68
12	95,54	109,48	99,36	101,46	109,48	8,02	7,90
13	163,1	179,6	161,7	168,13	179,60	11,47	6,82
14	179,3	198,5	176,4	184,73	198,50	13,77	7,45
15	179,9	107,06	182,7	156,55	182,70	26,15	16,70
16	72,64	81,64	71,76	75,35	81,64	6,29	8,35
17	65,68	70,5	47,4	61,19	70,50	9,31	15,21
18	41,6	43,94	48,14	44,56	48,14	3,58	8,03
19	21,4	24,3	20,12	21,94	24,30	2,36	10,76
20	12,8	14,84	12,68	13,44	14,84	1,40	10,42
21	12,44	14,1	12,34	12,96	14,10	1,14	8,80
22	7,32	7,76	7,32	7,47	7,76	0,29	3,88
23	6,92	7,56	7	7,16	7,56	0,40	5,59
MAX	179,90	203,50	182,70	187,53	203,50	26,15	48,89
MIN	6,92	7,56	7,00	7,16	7,56	0,12	1,60
PROMEDIO	60,59	64,76	59,36	61,57	68,09	6,52	10,30

Realizado por: Los actores.

Figura 11: Perfil y desbalance de corriente por fase en el tablero general de distribución.



Realizado por: Los actores.

El desbalance de corriente máximo obtenido en el tablero general de distribución es de 48,89% en la hora 7:00 am por el inicio del funcionamiento de máquinas del establo, bomba de pozo y bomba de riego en donde el valor mínimo de desbalance de corriente registrado es de 1,60% en la hora 2:00 por la baja incidencia de cargas.

Desbalance de voltaje y corriente en el subtablero de distribución del establo.

Desbalance de voltaje en el subtablero de distribución del establo

El registro de medición es de un día típico del 25/09/2017 en donde se detalla hora a hora el valor de porcentaje de variación de voltaje como se muestra en la tabla 17.

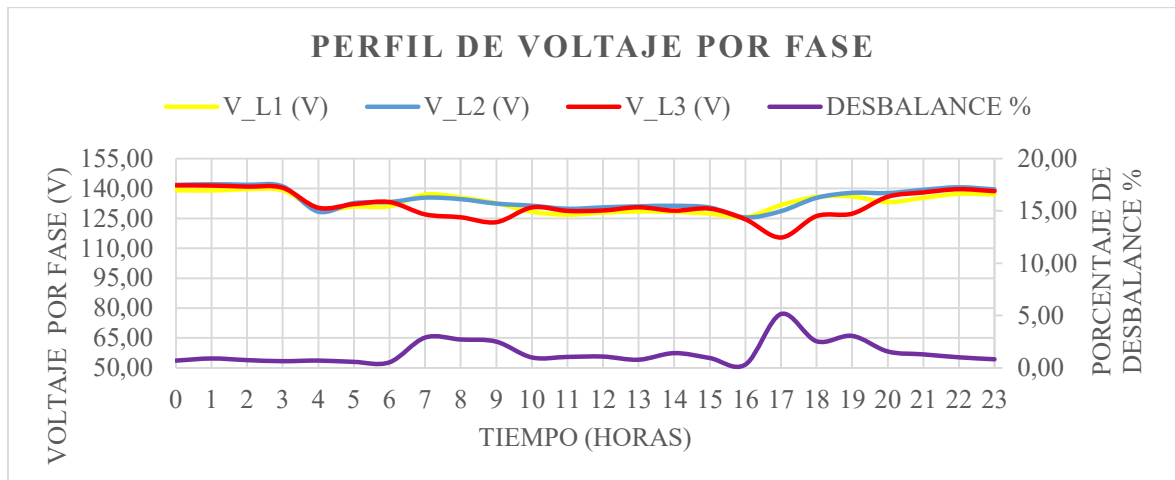
La tabla 17 muestra el desbalance de voltaje en el subtablero de distribución del establo para ello se recopila los voltajes por fase obtenidos a través de la medición 3 reflejando el valor máximo de la línea 1 con 139,62 V, en la línea 2 con 142,12 V, y en la línea 3 con 141,59 V además valores mínimos en la línea 1 con 125,62 V, en la línea 2 con 125,50 V y en la línea 3 con 115,41 V.

Tabla 17: Desbalance de voltaje en el subtablero de distribución del establo.

Hora	V_L1 (V)	V_L2 (V)	V_L3 (V)	PROMEDIO	MÁXIMO	DESVIACIÓN MAXIMA	DESBALANCE %
0	139,09	141,81	141,59	140,83	141,81	0,98	0,70
1	138,97	142,12	141,47	140,85	142,12	1,27	0,90
2	139,62	141,85	140,93	140,80	141,85	1,05	0,75
3	139,10	141,07	140,35	140,17	141,07	0,90	0,64
4	129,63	128,37	130,36	129,45	130,36	0,91	0,70
5	130,92	132,68	132,16	131,92	132,68	0,76	0,58
6	131,09	133,21	133,20	132,50	133,21	0,71	0,54
7	137,00	135,41	127,02	133,14	137,00	3,86	2,90
8	135,48	134,66	125,57	131,90	135,48	3,58	2,71
9	132,65	132,43	123,11	129,40	132,65	3,25	2,51
10	128,34	131,37	130,50	130,07	131,37	1,30	1,00
11	126,87	129,84	128,77	128,49	129,84	1,35	1,05
12	127,91	130,55	128,98	129,15	130,55	1,40	1,08
13	128,49	131,07	130,58	130,05	131,07	1,02	0,78
14	128,30	131,33	128,88	129,50	131,33	1,83	1,41
15	127,37	130,46	129,89	129,24	130,46	1,22	0,94
16	125,62	125,50	124,54	125,22	125,62	0,40	0,32
17	131,70	128,63	115,41	125,25	131,70	6,45	5,15
18	135,79	135,31	126,17	132,42	135,79	3,37	2,54
19	135,98	137,82	127,38	133,73	137,82	4,09	3,06
20	133,16	137,70	135,86	135,57	137,70	2,13	1,57
21	135,33	139,35	138,03	137,57	139,35	1,78	1,29
22	137,34	140,62	139,66	139,21	140,62	1,41	1,01
23	137,02	139,55	138,67	138,41	139,55	1,14	0,82
MAX	139,62	142,12	141,59	140,85	142,12	6,45	5,15
MIN	125,62	125,50	115,41	125,22	125,62	0,40	0,32
PROMEDIO	133,03	134,70	131,63	133,12	135,04	1,92	1,46

Realizado por: Los actores.

Figura 12: Perfil y desbalance de voltaje por fase en el subtablero del establo.



Realizado por: Los actores.

En la figura 12 se detalla el subtablero del establo está ubicado a unos 200 metros desde el tablero #7 su régimen de operación está dado por 2 periodos, uno en la mañana que comprende desde la hora 3:00 hasta las 5:00 y por la tarde desde la hora 15:00 hasta las 18:00, periodos en los cuales se obtuvo el máximo desbalance de voltaje de 5,15 % a la hora 17:00 en donde están la mayoría de motores funcionando que dicho porcentaje está fuera de lo admitido reflejando un desbalance de cargas. El valor mínimo de desbalance de voltaje registrado se produce a las 16:00 con un porcentaje de 0,32%, además el promedio durante las 24 horas es de 1,46%.

Desbalance de corriente en el subtablero de distribución del establo

El índice de desbalance de corriente es efectuado para el día típico laborable del 25/09/2017 donde hora a hora se registraron dichos valores de corriente reflejados en la tabla 18.

En la tabla 18 se muestra los valores de desbalance de corriente donde el máximo ocurre 49,62 % en la hora 17:00 debido a que la mayor cantidad de máquinas se encuentran funcionando y después de esta hora decrece la corriente y por ende el desbalance, el mínimo de 6,43% en las horas 6:00 y 7:00 debido a que son horas en donde ya se terminan con el ordeño de leche y por ende solo trabaja el tanque enfriador con una bomba en vacío de 0,75 kW.

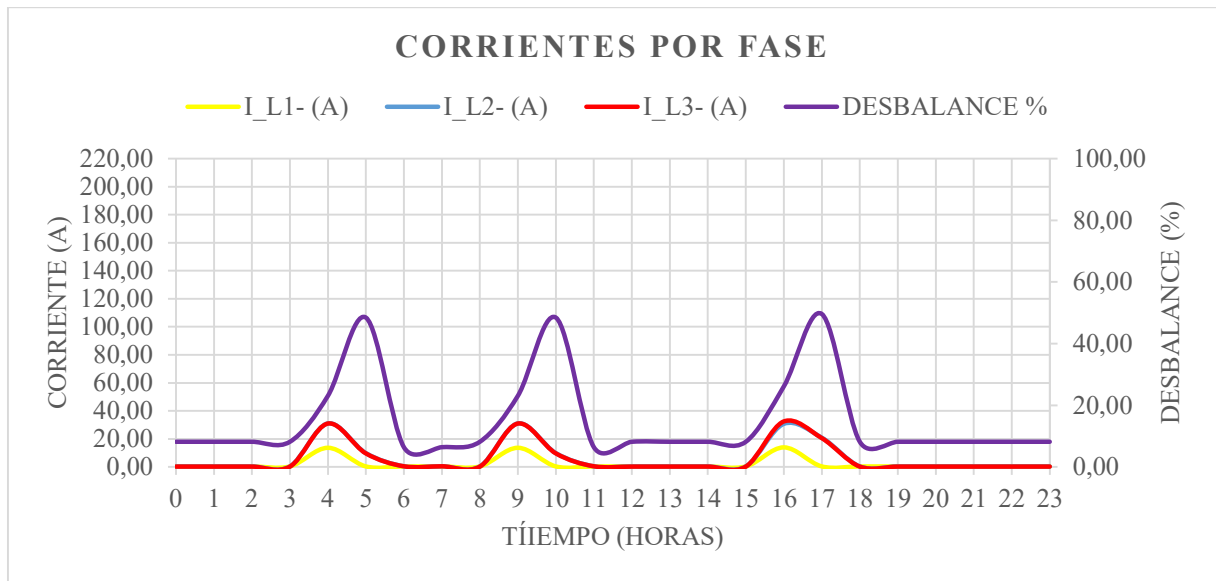
Tabla 18: Desbalance de corriente en el subtablero de distribución del establo.

Hora	I_L1- (A)	I_L2- (A)	I_L3- (A)	PROMEDIO	MÁXIMO	DESVIACIÓN MAXIMA	DESBALANCE %
0	0,40	0,40	0,30	0,37	0,4	0,03	8,18
1	0,40	0,40	0,30	0,37	0,4	0,03	8,18
2	0,40	0,40	0,30	0,37	0,4	0,03	8,18
3	0,40	0,40	0,30	0,37	0,4	0,03	8,18
4	13,70	31,10	31,00	25,27	31,1	5,83	23,07
5	0,40	9,90	9,70	6,67	9,9	3,23	48,45
6	0,40	0,50	0,50	0,47	0,5	0,03	6,43
7	0,40	0,50	0,50	0,47	0,5	0,03	6,43
8	0,40	3,20	3,10	2,23	3,2	0,97	43,43
9	0,40	3,10	3,00	2,17	3,1	0,93	42,92
10	0,40	0,40	0,30	0,37	0,4	0,03	8,18
11	0,40	0,40	0,30	0,37	0,4	0,03	8,18
12	0,40	0,40	0,30	0,37	0,4	0,03	8,18
13	0,40	0,40	0,30	0,37	0,4	0,03	8,18
14	0,40	0,40	0,30	0,37	0,4	0,03	8,18
15	0,40	0,40	0,30	0,37	0,4	0,03	8,18
16	14,00	30,80	32,50	25,77	32,5	6,73	26,12
17	0,40	20,90	20,60	13,97	20,9	6,93	49,62
18	0,40	0,40	0,30	0,37	0,4	0,03	8,18
19	0,40	0,40	0,30	0,37	0,4	0,03	8,18
20	0,40	0,40	0,30	0,37	0,4	0,03	8,18
21	0,40	0,40	0,30	0,37	0,4	0,03	8,18
22	0,40	0,40	0,30	0,37	0,4	0,03	8,18
23	0,40	0,40	0,30	0,37	0,4	0,03	8,18
MAX	14,00	31,10	32,50	25,77	32,50	6,93	49,62
MIN	0,40	0,40	0,30	0,37	0,40	0,03	6,43
PROMEDIO	1,52	4,43	4,40	3,45	4,50	1,05	15,72

Realizado por: Los actores.

En la figura 13 se observa el subtablero del establo donde registró un valor máximo de desbalance de corriente de 49,62% en la hora 17:00 por la entrada de la bomba de ordeño y bomba de refrigeración con potencias de 3,73 y 2,98 kW respectivamente, además de la carga puntual de la casa 3 de 4.48 kW que se ubica a unos 80 metros del subtablero del establo por tal motivo se obtiene un promedio de desbalance de corriente en el subtablero del establo de 15,72%, en tal efecto supera el límite del 10% de desbalance admitido.

Figura 13: Perfil y desbalance de corriente por fase en el subtablero del establo.



Realizado por: Los actores.

Desbalance de voltaje y corriente de la red de 220 voltios

Desbalance de voltaje de la red de 220 voltios.

La red de 220 voltios es una extensión de red desde la capaceta del transformador de 100 kVA a unos 300 metros que alimenta dos casas residenciales de 12 y 19,01 kW respectivamente, además suministra energía eléctrica para el sistema automático de iluminación de los cinco galpones existentes en periodos: de la mañana desde las 4:00 hasta las 8:00 y por la tarde desde las 17:00 hasta las 20:00 de la noche, siendo esta red la que más cargas dispone con una potencia instalada de 17,10 kW de acuerdo al levantamiento de carga.

A continuación la tabla 19 muestra el desbalance de voltaje en la red de 220 voltios para ello se recopiló los voltajes por fase obtenidos a través de la medición 4 reflejando el valor máximo de la línea 1 con 140,52 V, en la línea 2 con 138,89 V, además valores mínimos en la línea 1 con 132,62 V y en la línea 2 con 132,39 V.

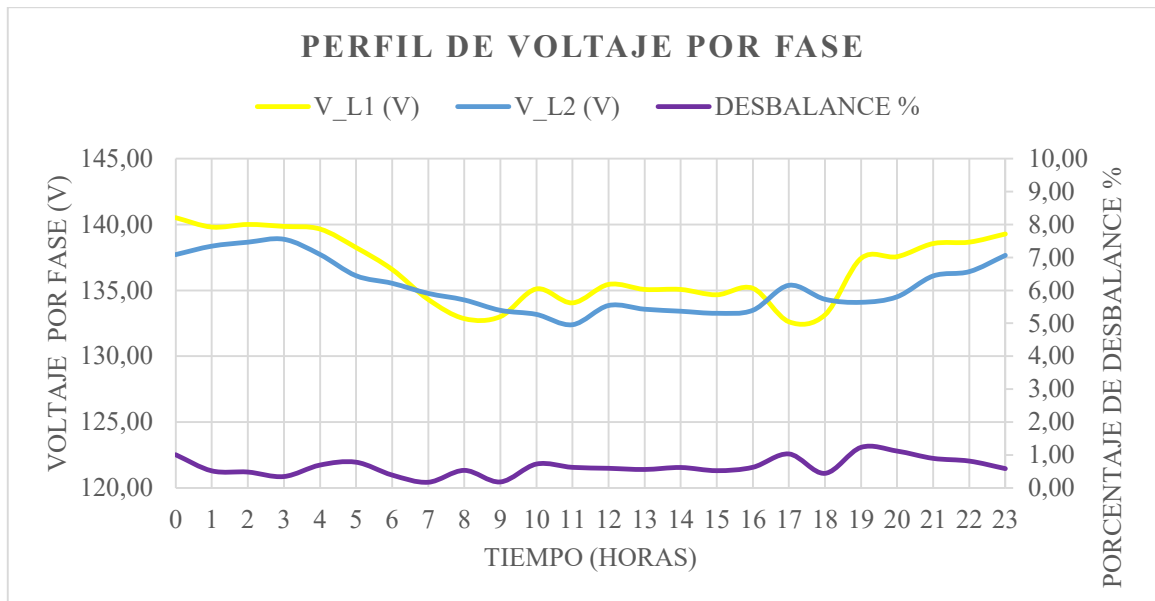
Tabla 19: Desbalance de voltaje de la red de 220 voltios.

Hora	V_L1 (V)	V_L2 (V)	PROMEDIO	MÁXIMO	DESVIACIÓN MAXIMA	DESVALANCE %
0	140,52	137,72	139,12	140,52	1,40	1,01
1	139,808	138,364	139,09	139,81	0,72	0,52
2	140,006	138,666	139,34	140,01	0,67	0,48
3	139,86	138,89	139,37	139,86	0,48	0,34
4	139,66	137,73	138,70	139,66	0,96	0,69
5	138,25	136,11	137,18	138,25	1,07	0,78
6	136,59	135,54	136,07	136,59	0,53	0,39
7	134,32	134,77	134,54	134,77	0,23	0,17
8	132,86	134,27	133,56	134,27	0,71	0,53
9	133,01	133,48	133,24	133,48	0,24	0,18
10	135,11	133,17	134,14	135,11	0,97	0,72
11	134,05	132,39	133,22	134,05	0,83	0,62
12	135,45	133,85	134,65	135,45	0,80	0,59
13	135,07	133,56	134,32	135,07	0,75	0,56
14	135,07	133,41	134,24	135,07	0,83	0,62
15	134,66	133,26	133,96	134,66	0,70	0,52
16	135,16	133,48	134,32	135,16	0,84	0,63
17	132,62	135,38	134,00	135,38	1,38	1,03
18	133,138	134,322	133,73	134,32	0,59	0,44
19	137,43	134,09	135,76	137,43	1,67	1,23
20	137,558	134,51	136,03	137,56	1,52	1,12
21	138,556	136,096	137,33	138,56	1,23	0,90
22	138,66	136,42	137,54	138,66	1,12	0,81
23	139,28	137,66	138,47	139,28	0,81	0,58
MAX	140,52	138,89	139,37	140,52	1,67	1,23
MIN	132,62	132,39	133,22	133,48	0,23	0,17
PROMEDIO	136,53	135,30	135,91	136,79	0,88	0,64

Realizado por: Los actores.

A manera de resumen se muestra en la figura 14 que una vez descargadas las mediciones de la red de 220 voltios obtenemos mediante los histogramas de frecuencia los valores que más se repitieron en una determinada hora del día, a razón de lo expuesto se obtiene que el máximo desbalance de voltaje se produce a las 19:00 con el 1,23%, un valor mínimo de 0,17% reflejando un promedio de desbalance de voltaje dentro de las 24 horas de 0,64% valor que está por debajo del límite de desbalance.

Figura 14: Perfil y desbalance de voltaje en la red de 220 voltios.



Realizado por: Los actores.

Desbalance de corriente de la red de 220 voltios

La tabla 20 muestra la recopilación de corrientes por fase obtenidos a través de la medición 4 en la red de 220 voltios reflejando el valor máximo de la línea 1 con 98,50 A, en la línea 2 con 43,60 A, y en la línea 3 con 70,65 A además valores mínimos en la línea 1 con 6,92 A, en la línea 2 con 7,56 A y en la línea 3 con 7A.

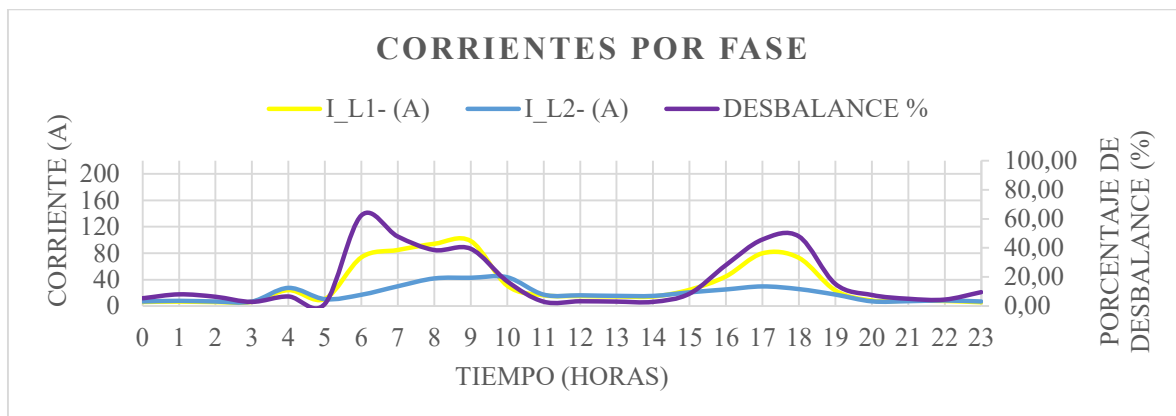
El promedio dentro de un día típico en la línea 1 es de 32,45 A y en la línea 2 es de 18,94 A en dependencia de la variación de la carga instalada que incide en el factor de simultaneidad y demanda, para obtener el grado al cual la carga total instalada se encuentra trabajando u operando.

Se observa en la tabla 20 que existe un incremento de desbalance de corriente a partir de la hora 6:00 hasta las 10:00 que ocurre en la mañana y la tarde a partir 16:00 hasta las 19:00 horas, debido a la incidencia de carga de iluminación incandescente que funciona de manera automática en los dos periodos antes mencionados razón que explica los altos desbalances.

Tabla 20: Desbalance de corriente de la red de 220 voltios.

HORA	I _{L1} - (A)	I _{L2} - (A)	PROMEDIO	MÁXIMO	DESVIACIÓN MAXIMA	DESBALANCE %
0	6,18	6,88	6,53	6,88	0,35	5,36
1	6,74	7,92	7,33	7,92	0,59	8,05
2	6,02	6,84	6,43	6,84	0,41	6,38
3	6,42	6,8	6,61	6,8	0,19	2,87
4	24,1	27,5	25,80	27,5	1,70	6,59
5	10,76	10,44	10,60	10,76	0,16	1,51
6	73,72	17,08	45,40	73,72	28,32	62,38
7	84,9	29,96	57,43	84,9	27,47	47,83
8	94,26	41,82	68,04	94,26	26,22	38,54
9	98,5	42,8	70,65	98,5	27,85	39,42
10	30,92	43,6	37,26	43,6	6,34	17,02
11	16,26	17,26	16,76	17,26	0,50	2,98
12	15,2	16,24	15,72	16,24	0,52	3,31
13	14,52	15,44	14,98	15,44	0,46	3,07
14	14,46	15,32	14,89	15,32	0,43	2,89
15	24,62	20,76	22,69	24,62	1,93	8,51
16	44,96	25,16	35,06	44,96	9,90	28,24
17	79,88	29,7	54,79	79,88	25,09	45,79
18	72,96	25,68	49,32	72,96	23,64	47,93
19	23,62	17,38	20,50	23,62	3,12	15,22
20	8,34	7,16	7,75	8,34	0,59	7,61
21	8,18	7,4	7,79	8,18	0,39	5,01
22	7,7	8,42	8,06	8,42	0,36	4,47
23	5,68	6,88	6,28	6,88	0,60	9,55
MAX	98,50	43,60	70,65	98,50	28,32	62,38
MIN	5,68	6,80	6,28	6,80	0,16	1,51
PROMEDIO	32,45	18,94	25,69	33,49	7,80	17,52

Realizado por: Los actores.

Figura 15: Perfil y desbalance de corriente en la red de 220 voltios.

Realizado por: Los actores.

El máximo desbalance de corriente en la red de 220 voltios se suscita en la hora 6:00 con un porcentaje de 62,38% debido a la incidencia de la carga instalada de las casas 1 y 2 con

potencias 12 y 19,01 kW respectivamente, además del cuarto de duchas de 19 kW y el sistema automático iluminación para los galpones de 15 kW, el porcentaje mínimo registrado es de 1,51% en la hora 5:00 y un porcentaje promedio en el día típico de 17,52% el cual se encuentra fuera del límite permitido.

Calculo del factor de carga

En la tabla 21 se observa que el factor de carga para el transformador de 100 kVA la demanda máxima registrada es de 58,87 kVA que ocurre a las a las 16:00 y una demanda promedio dentro de las 24 horas de 24,36 kVA. Para lo cual se aplica la ecuación 15:

$$FC = \frac{\text{Demanda Promedio}}{\text{Demanda máxima}} = \frac{24,36 \text{ kVA}}{58,87 \text{ kVA}} = 0,41$$

Tabla 21: Potencia aparente por línea del transformador de 100 kVA.

Hora	SL1 - (KVA)	SL2 - (KVA)	SL3- (KVA)	STOTAL - (KVA)
0	1,32	0,84	2,18	4,34
1	1,44	0,79	2,21	4,44
2	1,28	0,78	2,09	4,15
3	2,36	2,21	3,37	7,94
4	4,45	5,76	6,96	17,18
5	4,98	2,20	9,46	16,64
6	13,82	2,02	8,60	24,44
7	18,20	7,90	12,01	38,10
8	22,68	9,68	13,51	45,87
9	21,92	17,56	15,39	54,87
10	20,67	16,62	17,82	55,12
11	9,91	9,35	14,37	33,63
12	7,94	7,34	15,13	30,42
13	5,80	9,78	23,02	38,60
14	5,96	10,24	6,84	23,04
15	8,08	6,60	9,51	24,19
16	26,67	13,26	18,95	58,87
17	17,83	4,74	12,04	34,62
18	12,89	1,87	8,60	23,36
19	14,65	1,70	7,51	23,86
20	2,80	1,14	2,84	6,78
21	1,40	0,84	3,14	5,38
22	1,71	0,69	2,25	4,64
23	1,27	0,69	2,14	4,10
MAX	26,67	17,56	23,02	58,87
PROMEDIO	9,58	5,61	9,17	24,36

Realizado por: Los actores.

En tal virtud el factor de carga es de 0,41 por tal motivo la curva de carga diaria tendrá variaciones y valles pronunciados.

Cálculo del factor de utilización

La utilización máxima del transformador se lo determina mediante la ecuación 14 detallando como datos necesarios la capacidad instalada es: de 100 kVA y la carga máxima o demanda máxima es de 58,87 kVA.

$$Fu = \frac{\text{Carga maxima}}{\text{Capacidad instalada}} = \frac{58,87 \text{ kVA}}{100 \text{ kVA}} = 0,59$$

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

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

El transformador está trabajando a un 0,59 de factor de utilización por lo que se concluye que está dentro de los rangos permitidos y se puede aumentar las cargas a futuro.

Cargabilidad del transformador

El porcentaje de cargabilidad refleja el grado al cual el transformador trabaja en condiciones nominales para lo cual se obtiene mediante la ecuación 8:

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

$$\% \text{ Cargabilidad} = \frac{58,87 \text{ (kVA)}}{100 \text{ (kVA)}} * 100$$

$$\% \text{ Cargabilidad} = 58,87\%$$

Obtenemos un 58,87% de cargabilidad de esta manera el transformador está dentro de sus límites nominales, evitando de esta manera sobrecargas debido al aumento de cargas que se han venido suscitando dentro del sistema eléctrico.

Cálculo de pérdidas en el transformador de 100 kVA de la Avícola y Agropecuaria Maricela Cía. Ltda.

De acuerdo a la tabla 3 se calcula las pérdidas en vacío y bajo carga para de esta manera obtener las pérdidas reales del transformador en base a la norma NTE 2115-2.

Pérdidas de en vacío

$$P_o = 10,514 * P_n^{0,7486}$$

$$P_o = 10,514 * (100)^{0,7486}$$

$$P_o = 330,34 \text{ W.}$$

Las pérdidas en vacío son 330.34 W de tal manera estas pérdidas van a ser constantes durante los 365 días del año las mismas que no dependen de la carga conectada.

Pérdidas bajo carga

$$P_c = -0,0103 * P_n^2 + 13,892 * P_n + 106,65$$

$$P_c = -0,0103 * (100)^2 + 13,892 * (100) + 106,65$$

$$P_c = 1392,85 \text{ W}$$

Las pérdidas bajo carga son 1392,85 W en tal virtud estas pérdidas están directamente relacionadas con la carga que se mantenga funcionando.

Pérdidas en el cobre

Las pérdidas en el cobre son producidas por el efecto joule en los devanados que están relacionadas proporcionalmente a la carga instalada al transformador de 100 kVA también conocidas como pérdidas resistivas las cuales se determinan a continuación mediante la ecuación 7:

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

$$P_{cu} = (0,59)^2 * 1392,85$$

$$P_{cu} = 484,85 \text{ W}$$

En tal virtud las pérdidas totales en el transformador de 100 kVA van a ser la suma entre las pérdidas en vacío o en hierro que no dependen de la carga y siempre van estar presentes, y las

pérdidas en el cobre que dependen de la carga multiplicados por un factor de factor de utilización.

$$P_t = P_o + P_{cu}$$

$$P_t = 330,34 + 484,85$$

$$P_t = 815,19 \text{ W} = 0,815 \text{ kW (pérdidas reales del transformador).}$$

Determinación de la Reactancia Inductiva, Caídas de voltaje, I de cortocircuito, Pérdidas de Potencia, Pérdidas de energía en los Sub tableros de fuerza de la instalación.

Cálculo de la Reactancia Inductiva

“Viakon Conductores” La reactancia inductiva es la oposición o resistencia que ofrecen al flujo de la corriente por un circuito eléctrico cerrado las bobinas o enrollados hechos con alambre de cobre, ampliamente utilizados en motores eléctricos, transformadores de tensión o voltaje y otros dispositivos.

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \left(\frac{DMG}{RMG} \right)$$

$$XL = 2 \times \pi \times f * L$$

La distancia media geométrica, DMG, para este corte de cables, se calcula de siguiente manera.

$$DMG = \sqrt[3]{a \times b \times c} = \sqrt[3]{2D \times 2D \times 4D} = D \sqrt[3]{16} = 2.52D$$

Dónde:

D= El diámetro exterior de conductor aislado (D), se toma de la tabla de dimensiones. El radio medio Geométrico, RMG, del conductor se ve afectada por su construcción y se calcula como sigue.

$$RMG = r * k$$

Dónde:

r= Radio de conductor aislado, (mm)

k= Constante, en función del número de hilos

Tabla 22: Constante k según el número de hilos

Constante k	
k1h	0.779
K7h	0.726
K19h	0.758
K37h	0.768
K61h	0.774
K91h	0.776

Fuente: Conductores Viakon

Radio se define como la siguiente expresión:

$$r = \frac{\emptyset}{2} = \frac{\text{Diametro}}{2}$$

A continuación se expone a ejemplo la metodología de la determinación de los distintos parámetros eléctricos:

Datos:

Del tablero # 1 – ventilador 1

Motor de 3,73 KW

Calibre # 10

Diámetro Exterior= 4, 11 mm (dato de acuerdo a la tabla 23)

Tabla 23: Tabla de calibre de conductores con su diámetro para el cálculo de las reactancias inductivas.

CALIBRE DE CONDUCTORES Y TIPO DE AISLAMIENTO							
Conductor				Espesor de Aislamiento	Diámetro Exterior Aprox.	Peso Total Aprox.	Capacidad (*)
Sección Aprox.	Calibre	Diámetro Aprox.	Peso Aprox.				
mm ²	AWG o MCM	Mm	Kg/Km	Mm	Mm	Kg/Km	Amp.
3,3	12-19h	2,05	8,94	0,76	3,57	18,88	15
5,3	10-19h	2,59	14,22	0,76	4,11	26,05	25
8,4	8-19h	3,26	22,62	1,14	5,54	45,9	30
13,3	6-7h	4,65	36,64	1,52	7,69	82,32	40
21,1	4-7h	5,88	57,89	1,52	8,92	114,5	55
33,6	2-7h	7,41	92,02	1,52	10,45	163	75
53,5	1/0-7h	9,36	146,5	2,03	13,42	266,2	100
67,4	2/0-7h	10,5	184,6	2,03	14,56	319,1	115
85	3/0-7h	11,79	232,7	2,03	15,85	384,5	130
107,2	4/0-7h	13,26	293,5	2,03	17,32	466,1	155
53,5	1/0-19h	9,45	146,5	2,03	13,51	280,1	100
67,4	2/0-19h	10,6	184,6	2,03	14,66	312,2	115
85	3/0-19h	11,95	232,7	2,03	16,01	379,6	130
107,2	4/0-19h	13,4	293,5	2,03	17,46	454,7	155
126,6	250-37h	14,62	352,05	2,41	19,44	556,4	170
152	300-37h	16	422,4	2,41	20,82	648,2	190
177,4	350-37h	17,3	492,9	2,41	22,12	733,3	210
202,7	400-37h	18,49	560	2,41	23,31	819,8	225
253,4	500-37h	20,65	704,1	2,41	25,47	996,4	260
304	600-37h	22,63	844,1	2,79	28,21	1214	285
354,7	700-61h	24,48	985,7	2,79	30,06	1385	310
380	750-61h	25,35	1056	2,79	30,993	1470	320
405,4	800-61h	26,17	1119	2,79	31,75	1548	330
506,7	1000-61h	29,26	1408	2,79	34,84	1893	375

Fuente: Capacidad basada en N.E.C. (U.S.A) Edición 1978, para no más de 3 conductores en conducir, bandeja, cable o directamente enterrado

Cálculo de la Reactancia Inductiva

$$r = \frac{\emptyset}{2} = \frac{\text{Diámetro}}{2}$$

$$r = \frac{4,11}{2} = 2.055 \text{ mm}$$

K7h=0.726 Según la Tabla 22

$$RMG = r * k$$

$$RMG = 2.055mm \times 0.758 = 1.56 mm$$

$$DMG = D\sqrt[3]{16} = 2.52D$$

$$DMG = 2.52 \times 4.11 mm = 10.36 mm$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln\left(\frac{DMG}{RMG}\right)$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln\left(\frac{10.36 mm}{1.56 mm}\right) = 3.7865 \times 10^{-7} \frac{\Omega}{mm}$$

$$XL = 2 \times \pi \times f * L$$

$$XL = 2 \times \pi \times 60Hz * \left(3.7865 \times 10^{-7} \frac{\Omega}{mm}\right)$$

$$XL = 1.4274 \times 10^{-4} \frac{\Omega}{mm}$$

$$XL = 1.4274 \times 10^{-4} \frac{\Omega}{mm} \times \left|\frac{10mm}{1cm}\right| \times \left|\frac{2.54cm}{1pulg}\right| \times \left|\frac{12pulg}{1pie}\right|$$

$$XL = 0.05 \frac{\Omega}{pie}$$

Los valores de resistencia y reactancia de determinan en base a la tabla 24.

Cálculo de caídas de voltaje de los tableros a las cargas

$$\theta = \cos^{-1} 0,85 = 31,78^\circ$$

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

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * (1,20 * 11,75 * 0,85 + 0,05 * 11,75 * 0,526) * 45,92}{1000 * 1}$$

$$= 0,98 V$$

Tabla 24: Código de la NEC resistencia y reactancia para cables de 600V Trifásicos.

Calibre AWG / Kamil	XL (Reactancia) para todos los alambres		Resistencia de ca para alambres de cobre sin recubrimiento			Resistencia de ca para alambres de aluminio			Z efectiva a FP de 0.85 para alambres de cobre sin recubrimiento			2 efectiva a FP de 0.85 para alambres de aluminio			Calibre AWG' Kcmil
	Conduits FVC, Al	Conduits acero	Conduits PVC	Conduits Al	Conduits acero	Conduits. PVC	Conduits Al	Conduits acero	Conduits PVC	Conduits Al	Conduits Acero	Conduits PVC	Conduits Al	Conduits acero	
14	0,058	0,073	3,1	3,1	3,1				2,7	2,7	2,7				14
12	0,054	0,068	2	2	2	3,2	3,2	3,2	1,7	1,7	1,7	2,8	2,8	2,8	12
10	0,050	0,063	1,2	1,2	1,2	2,0	2,0	2,0	1,1	1,1	1,1	1,8	1,8	1,8	10
8	0,052	0,065	0,78	0,78	0,78	1,3	1,3	1,3	0,69	0,69	0,70	1,1	1,1	1,1	8
6	0,051	0,064	0,49	0,49	0,49	0,81	0,81	0,81	0,44	0,45	0,45	0,71	0,72	0,72	6
4	0,048	0,6	0,31	0,31	0,31	0,51	0,51	0,51	0,29	0,29	0,3	0,46	0,46	0,46	4
3	0,047	0,059	0,25	0,25	0,25	0,4	0,41	0,4	0,23	0,24	0,24	0,37	0,37	0,37	3
2	0,045	0,057	0,19	0,20	0,20	0,32	0,32	0,32	0,19	0,19	0,2	0,3	0,3	0,3	2
1	0,046	0,057	0,15	0,16	0,16	0,25	0,26	0,25	0,16	0,16	0,16	0,24	0,24	0,25	1
1/0	0,044	0,055	0,12	0,13	0,12	0,20	0,21	0,20	0,13	0,13	0,13	0,19	0,2	0,20	1/0
2/0	0,043	0,054	0,10	0,10	0,10	0,16	0,16	0,16	0,11	0,11	0,11	0,16	0,16	0,16	2/0
3/0	0,042	0,052	0,077	0,082	0,079	0,13	0,13	0,13	0,088	0,092	0,094	0,13	0,13	0,14	3/0
4/0	0,041	0,051	0,062	0,067	0,063	0,10	0,11	0,10	0,074	0,078	0,080	0,11	0,11	0,11	4/0
250	0,041	0,052	0,052	0,057	0,054	0,085	0,09	0,086	0,066	0,07	0,073	0,094	0,068	0,1	250
350	0,041	0,051	0,044	0,049	0,045	0,071	0,076	0,072	0,05	0,063	0,065	0,082	0,086	0,088	350
400	0,040	0,05	0,038	0,043	0,039	0,061	0,066	0,063	0,053	0,058	0,06	0,073	0,077	0,08	400
500	0,040	0,049	0,033	0,038	0,035	0,054	0,059	0,055	0,049	0,053	0,056	0,066	0,071	0,073	500
600	0,039	0,048	0,027	0,032	0,029	0,043	0,048	0,045	0,043	0,048	0,05	0,057	0,061	0,064	600
800	0,039	0,048	0,023	0,028	0,025	0,036	0,041	0,038	0,04	0,044	0,047	0,051	0,055	0,058	800
750	0,038	0,048	0,019	0,024	0,021	0,029	0,034	0,031	0,036	0,04	0,043	0,045	0,049	0,052	750
1000	0,037	0,048	0,015	0,019	0,018	0,023	0,027	0,025	0,032	0,036	0,04	0,039	0,042	0,046	1000

Fuente: Capacidad basada en N.E.C.

Cálculo del porcentaje de caídas de voltaje

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{KV * 1000}$$

$$\Delta V\% = \frac{0,98}{0,22 * 1000}$$

$$= 0,44\%$$

Cálculo de la corriente de cortocircuito

$$I_{cc} = \frac{\# \text{ conductores por fase} * Kv * 1000 * 1000}{\sqrt{3} * \sqrt{R^2 + X^2} * l}$$

$$I_{cc} = \frac{1 * 0,22 * 1000 * 1000}{\sqrt{3} * \sqrt{1,20^2 + 0,05^2} * 45,92}$$

$$= 2303,04 \text{ A}$$

Cálculo de las Pérdidas de Potencia

$$\text{Pérdidas de Potencia} = \frac{L * P}{K * S * V^2 * \text{Cos}^2\phi}$$

$$\text{Pérdidas de Potencia} = \frac{14m * 3,73Kw}{56 * 5,30 * 220^2 * 0,85^2}$$

$$\text{Pérdidas de Potencia} = 0.005Kw$$

Cálculo de las Pérdidas de Energía Mensual

Las pérdidas de energía mensual se calculan en base a los días laborables para el mes de septiembre del 2017 mes en él se efectuó las mediciones durante las 24 horas debido a las cargas de iluminación de galpones y la red de 220 voltios.

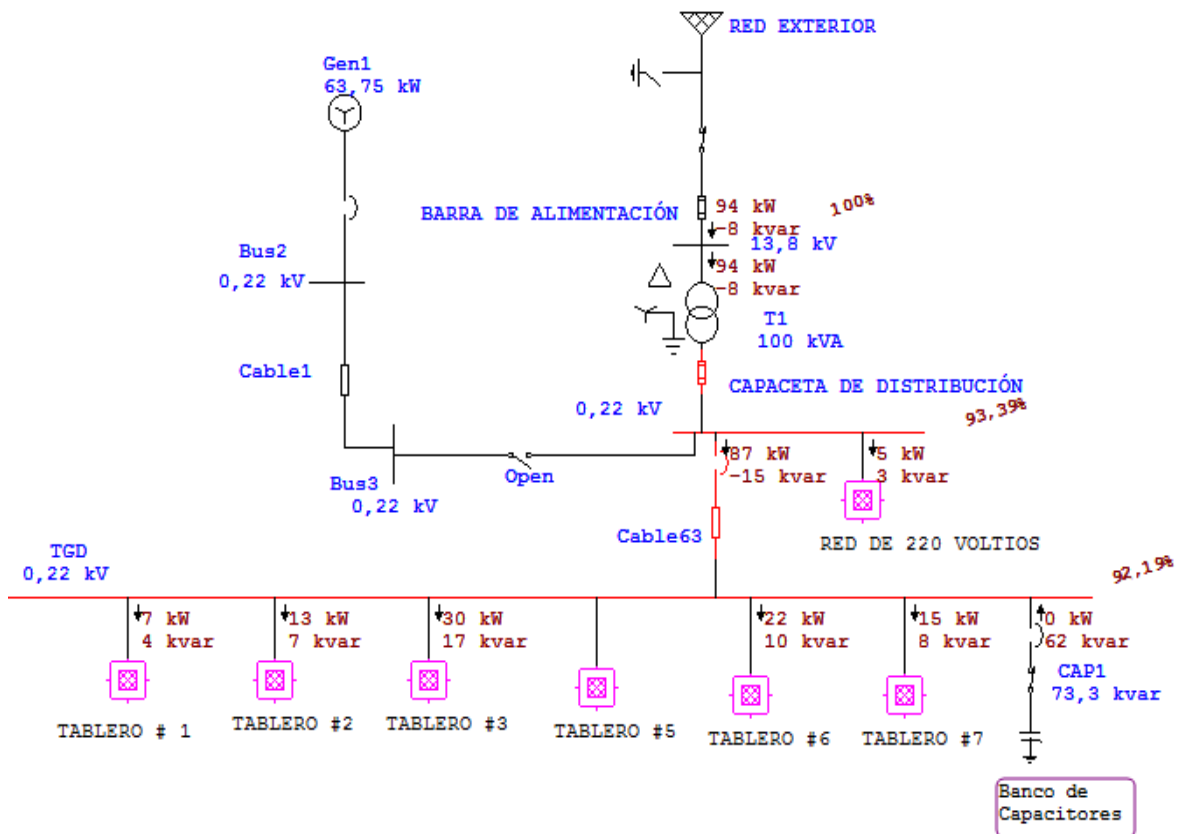
$$P_{\text{energía}} = P_{\text{potencia}} \times \text{días} * \text{horas}$$

$$P_{\text{energía}} = 0.005Kw \times 21 * 24 = 2.54 \text{ Kwh Mensual}$$

Simulación del sistema actual de la avícola y agropecuaria Maricela Cía. Ltda. en el software ETAP 12.6.0

Se muestra en la figura 16 la simulación del sistema eléctrico se utiliza el diagrama unifilar que se muestra en el anexo 1, el cual nos sirve de modelo y adquisición de datos para cargar a los elementos del sistema dentro del software ETAP 12.6.0, para posteriormente efectuar un análisis de flujo de potencia en el cual se determina los conductores sobrecargados, caídas de voltaje y más magnitudes eléctricas del sistema.

Figura 16: Flujo de potencia corrido en software ETAP 12.6.0 del sistema actual.



Realizado por: Los actores.

Como de observa en la tabla 25 una vez corrido el flujo de potencia y generados los reportes obtenemos que el cable 63 esta sobrecargado mismo que corresponde al tramo entre en transformador trifásico y el tablero general de distribución, donde la caída de voltaje está a un 2,19% mostrando un estado crítico que conlleva a tener pérdidas de potencia de 0,023 kW y perdidas de energía de 11,46 kWh.

Tabla 25: Tramo desde el transformador de 100 kVA – tablero general de distribución.

DESDE	HASTA	Voltaje [kV]	Potencia	Unidad	P.F. [%]	LONGITUD [ft]	Rac [Ω /kft]	XL [Ω /kft]	ΔV [V]	ΔV [%]	CALIBRE	Icc max [A]	NÚMERO DE CONDUCTOR	DESCRIPCIÓN	P. de potencia (KW)	P. de Energía (KWh) mensual	SECCIÓN
TABLERO GENERAL	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO(100KVA)	0,22	100,00	kVA	85%	98,40	0,10	0,043	4,815	2,19%	2/0	11858,40	4	4-1/C # 2/0 THHN + GND	0,023	11,46	67,4

Realizado por: Los actores.

Tabla 26: Tramo desde Tablero general de distribución – tableros.

DESDE	HASTA	Voltaje [kV]	Potencia	Unidad	P.F. [%]	DISTANCIA [ft]	I nom. [A]	Rac [Ω /kft]	XL [Ω /kft]	ΔV [V]	ΔV [%]	CALIBRE	Icc max [A]	DESCRIPCIÓN	P de potencia (Kw)	P de Energía (KWh) mensual	SECCIÓN
TGD	TABLERO # 1	0,22	32,47	kW	85%	6,56	102,29	0,310	0,048	0,34	0,15%	4	61723,68	3-1/C # 4 THHN	0,002	0,79	21,1
	TABLERO # 2	0,22	13,16	kW	85%	16,40	41,46	0,490	0,051	0,52	0,24%	6	15721,08	3-1/C # 6 THHN	0,003	1,27	13,3
	TABLERO # 3	0,22	33,96	kW	85%	9,84	106,98	0,100	0,043	0,20	0,09%	2/0	118584,00	3-1/C # 2/0 THHN+GND	0,001	0,39	67,4
	TABLERO # 5	0,22	32,84	kW	85%	9,84	103,47	0,100	0,043	0,19	0,09%	2/0	118584,00	3-1/C # 2/0 THHN+GND	0,001	0,38	67,4
	TABLERO # 6	0,22	29,84	kW	85%	16,40	94,01	0,310	0,048	0,77	0,35%	4	24689,47	3-1/C # 4 THHN	0,004	1,82	21,1
TGD	ESTABLO	0,22	13,74	kW	85%	656,00	43,27	0,100	0,043	5,29	2,41%	2/0	1778,76	3-1/C # 2/0 THHN	0,021	10,49	67,4
	TABLERO # 8	0,22	7,28	kW	85%	393,60	22,94	0,310	0,048	4,52	2,05%	4	1028,73	3-1/C # 4 THHN + GND	0,021	10,66	21,1
	TABLERO # 7	0,22	26,50	kW	85%	984,00	83,49	0,100	0,043	15,32	6,96%	2/0	1185,84	3-1/C # 2/0 THHN + GND	0,060	30,36	67,4
CAPACETA DE ALIMENTACIÓN	TABLERO DE ALIMENTACIÓN	0,22	33,30	kW	85%	1033,20	104,92	0,100	0,043	20,21	9,19%	2/0	1129,37	3-1/C # 2/0 THHN + GND	0,079	40,06	67,4
	TABLERO RED DE 220 V	0,22	54,76	kW	85%	1033,20	172,51	0,100	0,043	33,23	15,11%	2/0	1129,37	4-1/C # 2/0 THHN + GND	0,131	65,86	67,4

Realizado por: Los actores.

En la tabla 26 se observa el resumen de reportes obtenidos de la simulación que nos resulta similar y con una variación mínima de los valores calculados teóricamente, donde se obtiene que el tramo desde tablero general de distribución hasta el tablero perteneciente al establo existe una caída de voltaje de 2,41% constituido con una longitud de 656,00 pies (200 metros). Además el tramo desde tablero general de distribución hasta el tablero #8 se obtiene un 2,05% de caída de voltaje mismo que se encuentran fuera del rango permitido como máximo el 2%.

Además como se observa en la tabla 26 se tienen caídas de voltaje críticas en tres tramos que son: el primero es el tramo desde el tablero general de distribución hasta el tablero # 7 con 6,96% de caída de voltaje a una longitud de 984,00 pies (300 m), el segundo es el tramo desde la capaceta de alimentación del transformador hasta el tablero de alimentación de la red de 220 voltios con 9,19% de caída de voltaje a una longitud de 1033,20 pies (315 m) y el tercero es el tramo desde la capaceta de alimentación del transformador hasta el tablero el tablero de red de 220 voltios con 15,11% de caída de voltaje a una longitud de 1033,20 pies (315 m). Al respecto debido.

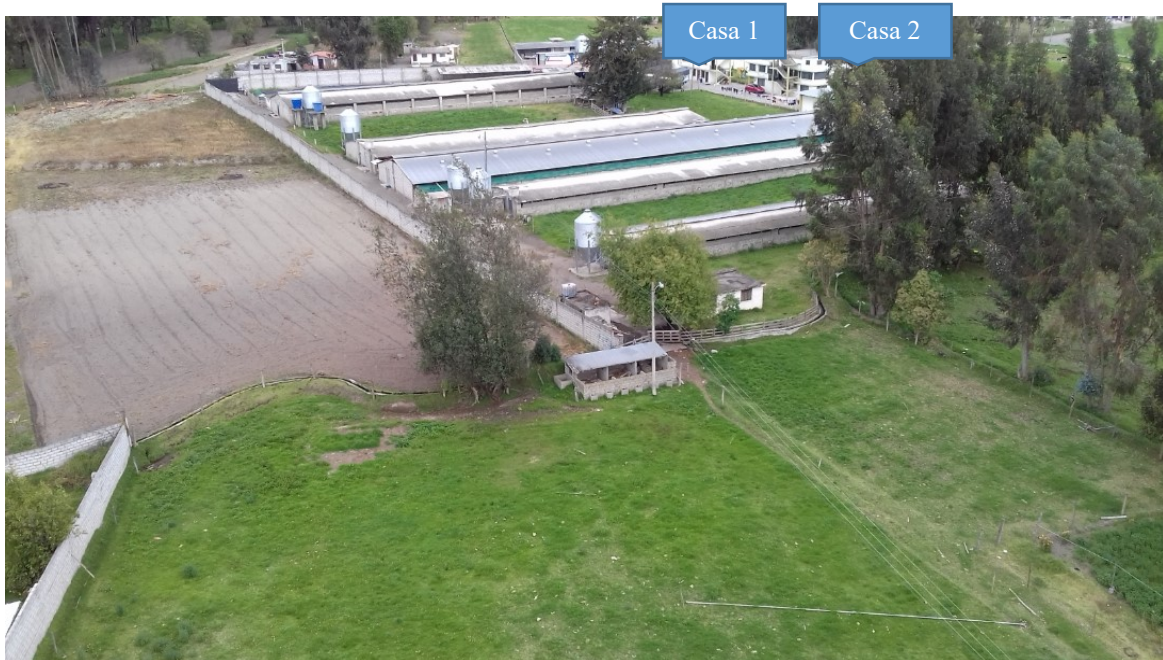
En las figura 17 se detalla la topología de la red de 220 voltios que inicia desde la capaceta del transformador trifásico hasta llegar al tablero de alimentación con una longitud de 315 metros.

Figura 17: Disposición topografía de la extensión de red de 220 voltios.



Realizado por: Los actores.

Figura 18: Disposición topografía de la extensión de red de 220 voltios. (Continuación).



Realizado por: Los actores.

En la figura 18 se muestra la continuación de la topología de red hasta llegar a alimentar a las casas 1 y 2 respectivamente.

En la tabla 27 se obtiene en detalle la caída de voltaje en estado crítico que se manifiesta desde el tablero #1 hasta el elevador 1 con 3,05% , con un calibre de conductor de 10 THHN a una longitud de 209,92 pies (64 metros). A lo expuesto se concluye que las demás cargas pertenecientes al tablero # 1 se encuentran dentro del límite máximo de caída de voltaje del 3%.

En la tabla 28 se muestra que el tablero #2 está constituido por 3 motores de iguales características por tal motivo se decide poner el mismo nombre a los tres, donde su principal diferencia es la distancia a la cual se encuentran instalados, al respecto las caídas de voltaje de los mismos se encuentran por debajo del límite admitido.

En la tabla 29 se detalla al tablero # 3 el cual está constituido por 6 cargas, donde no se obtienen caídas de voltaje por encima del 3% como máximo.

En la tabla 30 se obtiene en detalle la caída de voltaje en estado crítico que se manifiesta desde el tablero #5 hasta el elevador 3 con 4,04% , con un calibre de conductor de 6 THHN a una longitud de 328,00 pies (100 metros).

Tabla 27: Tramo desde en tablero #1 - cargas.

DESDE	HASTA	Voltaje [kV]	Potencia	Unidad	HP	P.F. [%]	EFF. [%]	DISTANCIA [ft]	I nom. [A]	Rac [Ω /kft]	XL [Ω /kft]	ΔV [V]	ΔV [%]	CALIBRE	Icc max [A]	DESCRIPCIÓN	P de potencia (KW)	P de Energía (KWh) Mensual	SECCIÓN
TABLERO #1	VENTILADOR 1	0,22	3,73	kW	5,00	85%	98%	45,92	11,75	1,20	0,05	0,98	0,44%	10	2303,04	3-1/C # 10 THHN	0,005	2,54	5,30
	BARREDORA 1	0,22	3,73	kW	5,00	85%	98%	45,92	11,75	1,20	0,05	0,98	0,44%	10	2303,04	3-1/C # 10 THHN	0,005	2,54	5,30
	SIN FIN 1	0,22	3,73	kW	5,00	85%	98%	45,92	11,75	1,20	0,05	0,98	0,44%	10	2303,04	3-1/C # 10 THHN	0,005	2,54	5,30
	VENTILADOR 2	0,22	3,73	kW	5,00	85%	98%	164,00	11,75	1,20	0,05	3,49	1,59%	10	644,85	3-1/C # 10 THHN	0,018	9,06	5,30
	BARREDORA 2	0,22	3,73	kW	5,00	85%	98%	78,72	11,75	1,20	0,05	1,68	0,76%	10	1343,44	3-1/C # 10 THHN	0,009	4,35	5,30
	SIN FIN 2	0,22	5,60	kW	7,51	85%	98%	42,64	17,64	1,20	0,05	1,36	0,62%	10	2480,20	3-1/C # 10 THHN	0,007	3,54	5,30
	SIN FIN 3	0,22	5,60	kW	7,51	85%	98%	167,28	17,64	1,20	0,05	5,35	2,43%	10	632,21	3-1/C # 10 THHN	0,028	13,87	5,30
	ELEVADOR 1	0,22	5,60	kW	7,51	85%	98%	209,92	17,64	1,20	0,05	6,71	3,05%	10	503,79	3-1/C # 10 THHN	0,035	17,40	5,30
	BOMBA DE POZO	0,22	2,24	kW	3,00	85%	98%	98,40	7,06	2,00	0,05	2,08	0,94%	12	645,18	3-1/C # 12 THHN	0,010	5,24	3,3
BOMBA CALDERO	0,22	0,56	kW	0,75	85%	98%	22,96	1,76	2,00	0,05	0,12	0,06%	12	2765,04	3-1/C # 12 THHN	0,001	0,31	3,3	

Realizado por: Los actores.

Tabla 28: Tramo desde en tablero #2 - cargas.

DESDE	HASTA	Voltaje [kV]	Potencia	Unidad	HP	P.F. [%]	EFF. [%]	LONGITUD [ft]	I nom. [A]	Rac [Ω /kft]	XL [Ω /kft]	ΔV [V]	ΔV [%]	CALIBRE	Icc max [A]	DESCRIPCIÓN	P de potencia (Kw)	P de Energía (KWh) mensual	SECCIÓN
TABLERO #2	SIN FIN 5	0,22	5,60	kW	7,51	85%	98%	157,44	17,64	1,20	0,05	5,03	2,29%	10	671,72	3-1/C # 10 THHN	0,026	13,05	5,3
	SIN FIN 5	0,22	5,60	kW	7,51	85%	98%	65,60	17,64	1,20	0,05	2,10	0,95%	10	1612,13	3-1/C # 10 THHN	0,011	5,44	5,3
	SIN FIN 5	0,22	5,60	kW	7,51	85%	98%	49,20	17,64	1,20	0,05	1,57	0,72%	10	2149,51	3-1/C # 10 THHN	0,008	4,08	5,3

Realizado por: Los actores.

Tabla 29: Tramo desde en tablero #3 - cargas.

DESDE	HASTA	Voltaje [kV]	Potencia	Unidad	HP	P.F. [%]	EFF. [%]	DISTANCIA [ft]	I nom. [A]	Rac [Ω /kft]	XL [Ω /kft]	ΔV [V]	ΔV [%]	CALIBRE	Icc max [A]	DESCRIPCIÓN	P de potencia (Kw)	P de Energia (KWh) mensual	SECCIÓN
TABLERO # 3	SIN FIN 7	0,22	5,60	kW	7,51	85%	98%	59,04	17,64	1,20	0,05	1,89	0,86%	10	1791,26	3-1/C # 10 THHN	0,010	4,89	5,3
	SIN FIN 8	0,22	5,60	kW	7,51	85%	98%	59,04	17,64	1,20	0,05	1,89	0,86%	10	1791,26	3-1/C # 10 THHN	0,010	4,89	5,3
	MEZCLADORA	0,22	14,92	kW	20,00	85%	98%	49,20	47,00	0,78	0,05	2,77	1,26%	8	3302,47	3-1/C # 8 THHN	0,014	6,86	8,4
	SIN FIN 9	0,22	3,73	kW	5,00	85%	98%	65,60	11,75	0,78	0,05	0,92	0,42%	8	2476,86	3-1/C # 8 THHN	0,005	2,29	8,4
	ELEVADOR 2	0,22	5,60	kW	7,51	85%	98%	229,60	17,64	0,78	0,05	4,84	2,20%	8	707,67	3-1/C # 8 THHN	0,024	12,01	8,4
	SIN FIN 10	0,22	5,60	kW	7,51	85%	98%	209,92	17,64	0,78	0,05	4,43	2,01%	8	774,02	3-1/C # 8 THHN	0,022	10,98	8,4

Realizado por: Los actores.

Tabla 30: Tramo desde en tablero #5 - cargas.

DESDE	HASTA	Voltaje [kV]	Potencia	Unidad	HP	P.F. [%]	DISTANCIA [ft]	I nom. [A]	Rac [Ω /kft]	XL [Ω /kft]	ΔV [V]	ΔV [%]	CALIBRE	Icc max [A]	DESCRIPCIÓN	P de potencia (Kw)	P de Energia (KWh) mensual	SECCIÓN
TABLERO # 5	ELEVADOR 3	0,22	11,19	kW	15,00	85%	328,00	35,25	0,49	0,05	8,88	4,04%	6	786,05	3-1/C # 6 THHN	0,043	21,65	13,3
	VENTILADOR 3	0,22	11,19	kW	15,00	85%	203,36	35,25	0,49	0,05	5,51	2,50%	6	1267,83	3-1/C # 6 THHN	0,027	13,43	13,3
	VENTILADOR 4	0,22	1,49	kW	2,00	85%	328,00	4,69	1,20	0,05	2,79	1,27%	10	322,43	3-1/C # 10 THHN	0,014	7,24	5,3
	VENTILADOR 5	0,22	1,49	kW	2,00	85%	344,40	4,69	1,20	0,05	2,93	1,33%	10	307,07	3-1/C # 10 THHN	0,015	7,60	5,3
	BARREDORA 3	0,22	3,73	kW	5,00	85%	196,80	11,75	0,78	0,05	2,77	1,26%	8	825,62	3-1/C # 8 THHN	0,014	6,86	8,4
	SIN FIN 11	0,22	3,73	kW	5,00	85%	203,36	11,75	0,78	0,05	2,86	1,30%	8	798,99	3-1/C # 8 THHN	0,014	7,09	8,4
	SIN FIN 12	0,22	5,6	kW	7,51	85%	196,80	17,64	0,49	0,05	2,67	1,21%	6	1310,09	3-1/C # 6 THHN	0,013	6,50	13,3

Realizado por: Los actores.

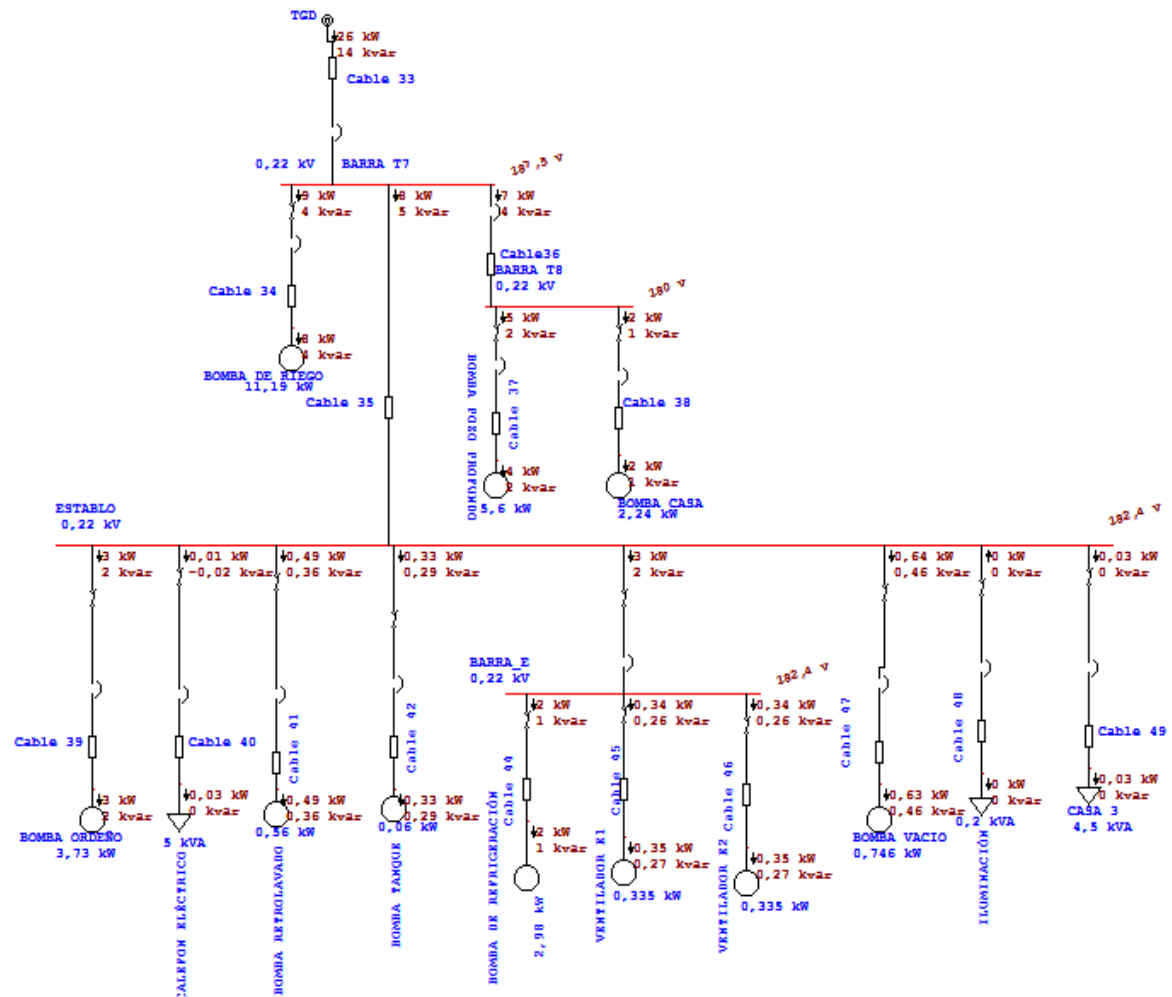
Tabla 31: Tramo desde en tablero #6 - cargas.

DESDE	HASTA	Voltaje [kV]	Potencia	Unidad	HP	P.F. [%]	DISTANCIA [ft]	I nom. [A]	Rac [Ω /kft]	XL [Ω /kft]	ΔV [V]	ΔV [%]	CALIBRE	Icc max [A]	DESCRIPCIÓN	P de potencia (Kw)	P de Energia (KWh) mensual	SECCIÓN
TABLERO # 6	MOLINO	0,22	29,84	kW	40,00	85%	16,40	94,01	0,49	0,05	1,18	0,54%	6	15721,08	3-1/C # 6 THHN	0,006	2,89	13,3

Realizado por: Los actores

En la tabla 31 se muestra que el tablero #6 está constituido por 1 solo motor denominado molino, al respecto la caída de voltaje se encuentran por debajo del límite admitido de 0,54%.

Figura 19: Simulación del tableros # 7, # 8 y establo.



Realizado por: Los actores.

En la figura 19 se detalla los tableros establo, tablero #7 y tablero #8 donde sus barras presentan bajos niveles de voltaje de 187,5, 180 y 182,4 voltios respectivamente.

En la tabla 32 se muestra el tramo de tableros tales como: establo y tablero #7 hacia las diferentes cargas donde sus caídas de voltaje están por debajo del límite máximo del 3%.

Dentro de la misma tabla 32 tenemos la extensión de red que alimenta desde el tablero de distribución hasta la iluminación incandescente y duchas que presentan caídas de voltaje de 4,21% y 3,08% respectivamente encontrándose en estado crítico.

Tabla 32: Tramo desde tableros - cargas.

DESDE	HASTA	Voltaje [kV]	Potencia	Unidad	HP	P.F. [%]	DISTANCIA [ft]	I nom. [A]	Rac [Ω /kft]	XL [Ω /kft]	ΔV [V]	ΔV [%]	CALIBRE	Icc max [A]	DESCRIPCIÓN	P de potencia (Kw)	P de Energía (KWh) mensual	SECCIÓN
ESTABLO	BOMBA ORDEÑO	0,22	3,73	kW	5,00	85%	16,40	11,75	1,200	0,050	0,35	0,16%	10	6448,52	3-1/C # 10 THHN	0,002	0,91	5,3
	CALEFON ELÉCTRICO	0,22	5,00	kW	6,70	85%	49,20	15,75	0,780	0,052	0,93	0,42%	8	3302,47	2-1/C # 8 THHN + GND	0,005	2,30	8,4
	BOMBA RETROLAVADO	0,22	0,56	kW	0,75	85%	49,20	1,76	3,100	0,058	0,40	0,18%	14	832,64	2-1/C # 14 THHN + GND	0,002	1,04	2,08
	BOMBA TANQUE	0,22	0,06	kW	0,08	85%	49,20	0,19	3,100	0,058	0,04	0,02%	14	832,64	2-1/C # 14 THHN + GND	0,000	0,11	2,08
	BOMBA REFRIGERACIÓN	0,22	2,98	kW	4,00	85%	32,80	9,40	1,200	0,050	0,56	0,25%	10	3224,26	2-1/C # 10 THHN + GND	0,003	1,45	5,3
	VENTILADOR 1	0,22	0,34	kW	0,45	85%	32,80	1,06	3,100	0,058	0,16	0,07%	14	1248,97	2-1/C # 14 THHN + GND	0,001	0,41	2,08
	VENTILADOR 2	0,22	0,34	kW	0,45	85%	32,80	1,06	3,100	0,058	0,16	0,07%	14	1248,97	2-1/C # 14 THHN + GND	0,001	0,41	2,08
	BOMBA VACIO	0,22	0,75	kW	1,00	85%	82,00	2,35	3,100	0,058	0,89	0,40%	14	499,59	2-1/C # 14 THHN + GND	0,005	2,31	2,08
	ILUMINACIÓN	0,22	0,20	kW	0,27	85%	32,80	0,63	2,000	0,054	0,06	0,03%	12	1935,53	2-1/C # 12 THHN + GND	0,000	0,16	3,3
	CASA 3	0,22	4,48	kW	6,00	85%	262,40	14,10	0,490	0,051	2,84	1,29%	6	982,57	2-1/C # 6 THHN + GND	0,014	6,93	13,3
TABLERO #8	BOMBA POZO PROFUNDO	0,22	5,60	kW	7,51	85%	426,40	17,64	1,200	0,050	13,63	6,20%	10	248,02	3-1/C # 10 THHN + GND	0,070	35,35	5,3
	BOMBA CASA	0,22	2,24	kW	3,00	85%	16,40	7,06	2,000	0,054	0,35	0,16%	12	3871,06	3-1/C # 12 THHN + GND	0,002	0,87	3,3
TABLERO#7	BOMBA DE RIEGO	0,22	11,19	kW	15,00	85%	32,80	35,25	1,200	0,050	2,10	0,95%	10	3224,26	3-1/C # 10 THHN + GND	0,011	5,43	5,3
TABLERO DE ALIMENTACIÓN	BOMBA DOSIFICADORA	0,22	0,05	kW	0,06	85%	49,20	0,14	2,000	0,054	0,02	0,01%	12	1290,35	2-1/C # 12 THHN + GND	0,000	0,05	3,3
	BOMBA POZO PROFUNDO	0,22	2,24	kW	3,00	85%	49,20	7,06	2,000	0,054	1,04	0,47%	12	1290,35	2-1/C # 12 THHN + GND	0,005	2,62	3,3
	GALPON 1	0,22	0,56	kW	0,75	85%	49,20	1,76	2,000	0,054	0,26	0,12%	12	1290,35	2-1/C # 12 THHN + GND	0,001	0,66	3,3
	GALPON 2	0,22	0,56	kW	0,75	85%	49,20	1,76	2,000	0,054	0,26	0,12%	12	1290,35	2-1/C # 12 THHN + GND	0,001	0,66	3,3
	GALPON 3	0,22	0,56	kW	0,75	85%	49,20	1,76	2,000	0,054	0,26	0,12%	12	1290,35	2-1/C # 12 THHN + GND	0,001	0,66	3,3
	GALPON 4	0,22	0,56	kW	0,75	85%	49,20	1,76	2,000	0,054	0,26	0,12%	12	1290,35	2-1/C # 12 THHN + GND	0,001	0,66	3,3
	GALPON 5	0,22	0,56	kW	0,56	85%	49,20	1,32	2,000	0,054	0,19	0,09%	12	1290,35	2-1/C # 12 THHN + GND	0,001	0,66	3,3
	ILUMINACIÓN INCANDESCENTE	0,22	15,00	kW	20,11	85%	164,00	47,26	0,780	0,052	9,27	4,21%	8	990,74	2-1/C # 8 THHN + GND	0,046	22,98	8,4
	DUCHAS	0,22	19,00	kW	25,47	85%	147,60	59,86	0,490	0,051	6,78	3,08%	6	1746,79	2-1/C # 6 THHN + GND	0,033	16,55	13,3
TGD BARRA RED 220 V	CASA 1	0,22	12,00	kW	16,09	85%	49,20	37,81	0,490	0,051	1,43	0,65%	6	5240,36	2-1/C # 6 THHN + GND	0,007	3,48	13,3
	CASA 2	0,22	19,01	kW	25,48	85%	98,40	59,88	0,490	0,051	4,52	2,06%	6	2620,18	3-1/C # 6 THHN + GND	0,022	11,03	13,3

Realizado por: Los actores.

Tabla 33: Resumen de caídas de voltaje en tramos críticos del sistema actual.

SISTEMA ACTUAL						
TRAMO ENTRE TRAFORMADOR – TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN						
SISTEMA ACTUAL CAÍDAS DE VOLTAJE						
	V	$\Delta V\%$	Icc A	Calibre	P. potencia kW	P. energía kWh mes
Transformador - TGD	4,815	2,19%	11858,40	2/0	0,023	11,46
TRAMO ENTRE EL TGD – TABLEROS						
	V	$\Delta V\%$	Icc A	Calibre	P. potencia kW	P. energía kWh mes
TGD – T8	4,52	2,05%	1028,73	4	0,021	10,66
TGD – T7	15,32	6,96%	1185,84	2/0	0,060	30,36
CAPACETA DE ALIMENTACIÓN - TABLERO DE ALIMENTACIÓN	20,21	9,19%	1129,37	2/0	0,079	40,06
CAPACETA DE ALIMENTACIÓN - TABLERO RED DE 220 V	33,23	15,11%	1129,37	2/0	0,131	65,86
TRAMO ENTRE LOS TABLEROS - LAS CARGAS						
	V	$\Delta V\%$	Icc A	Calibre	P. potencia kW	P. energía kWh mes
T1 – ELEVADOR 1	6,71	3,05%	503,79	10	0,035	17,40
T5 - ELEVADOR 3	8,88	4,04%	786,05	6	0,043	21,65
T5 – VENTILADOR 3	5,51	2,50%	1267,83	6	0,027	13,43
T8 – BOMBA DE POZO PROFUNDO	13,63	6,20%	248,02	10	0,070	35,35
TABLERO DE ALIMENTACIÓN – ILUMINACIÓN INCANDESCENTE	9,27	4,21%	990,74	8	0,046	22,98
TABLERO DE ALIMENTACIÓN – DUCHAS	6,78	3,08%	1746,79	6	0,033	16,55

Realizado por: Los actores.

En la tabla 33 se presenta el resumen de caídas de voltaje obteniendo desde el transformador hasta el tablero general de distribución un porcentaje de 2,19% con un calibre 2/0, entre el tramo del tablero general de distribución y establo tenemos 2,41%, entre el tramo del tablero general de distribución y el tablero #8 tenemos 2,05%. Como se observa lo resaltado de color rojo son los tramos más críticos del sistema debido a que se encuentran alejados de 200 hasta 315 metros desde el centro de transformación, el tramo de mayor porcentaje de caída de voltaje con 15,11% está comprendido entre la capaceta de alimentación y tablero de distribución de 220 voltios que provoca pérdidas de potencia de 0,131 kW y pérdidas de energía de 65,86 kW.

Propuesta 1: Cambio de la sección de los conductores sobrecargados

Con el objeto de garantizar el funcionamiento de las cargas de la industria se aumenta la sección de los conductores de la tabla 34 misma que especifica en detalle los tramos críticos del sistema eléctrico para de esta manera reducir la caída de voltaje, al respecto se aumenta la sección del tramo comprendido entre el transformador y tablero general de distribución obteniendo una caída de voltaje de 1,78% con un calibre de conductor 3/0.

En relación a los tramos comprendidos entre los tableros hacia las cargas el límite está establecido hasta un 3% de caída de voltaje, mostrándose en la tabla 34 en detalle el aumento de calibres de conductores para de esta manera reducir la caída de voltaje y también las pérdidas de potencia y energía.

Tabla 34: Detalle del sistema eléctrico incluida la propuesta de mejora 1.

SISTEMA ACTUAL						
TRAMO ENTRE TRAFORMADOR – TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN						
SISTEMA ACTUAL CAÍDAS DE VOLTAJE						
Designación	V	$\Delta V\%$	Icc A	Calibre	P. potencia kW	P. energía kWh mes
Transformador - TGD	3,32	1,41	17366,04	4/0	0,014	7,20
TRAMO ENTRE EL TGD – TABLEROS						
Designación	V	$\Delta V\%$	Icc A	Calibre	P. potencia kW	P. energía kWh mes
TGD – T8	2,90	1,32	1652,63	2	0,013	6,69
TGD – T7	6,53	2,97	2083,92	4/0	0,023	11,79
CAPACETA DE ALIMENTACIÓN - TABLERO DE ALIMENTACIÓN	1,53	0,70	1129,37	2/0	0,006	3,03
CAPACETA DE ALIMENTACIÓN - TABLERO RED DE 220 V	1,53	0,70	1129,37	2/0	0,006	3,03
TRAMO ENTRE LOS TABLEROS - LAS CARGAS						

Designación	V	$\Delta V\%$	Icc A	Calibre	P. potencia kW	P. energía kWh mes
T1 – ELEVADOR 1	4,43	2,01%	774,02	8	0,022	10,98
T5 - ELEVADOR 3	3,71	1,79%	1983,28	2	0,017	8,57
T5 – VENTILADOR 3	2,30	1,05%	3198,83	2	0,011	5,31
Designación	V	$\Delta V\%$	Icc A	Calibre	P. potencia kW	P. energía kWh mes
T8 – BOMBA DE POZO PROFUNDO	3,76	1,71%	949,60	4	0,018	8,88
TABLERO DE ALIMENTACIÓN ILUMINACIÓN INCANDESCENTE	3,88	1,76%	2468,95	8	0,018	9,15
TABLERO DE ALIMENTACIÓN – DUCHAS	4,42	2,01%	2743,27	6	0,021	10,43

Realizado por: Los actores.

Propuesta de mejora 2: Balance de cargas

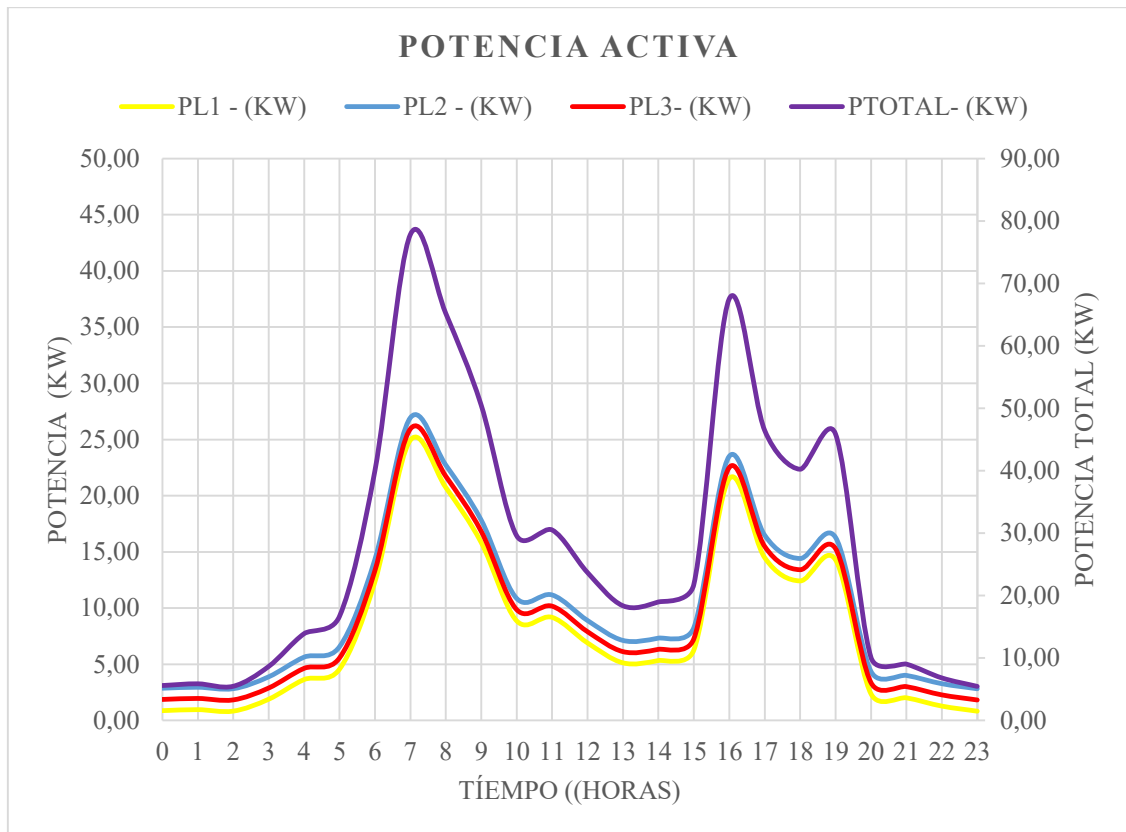
Desbalance del sistema eléctrico en condición actual: La condición actual del sistema eléctrico de la avícola y agropecuaria Maricela Cía. Ltda. muestra un índice de desbalance considerable de sus tres fases para lo cual se efectuó un balance de cargas obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 35: Potencia por fase del sistema balanceado.

Hora	PL1 - (KW)	PL2 - (KW)	PL3- (KW)	PTOTAL- (KW)
0	0,87	2,87	1,87	5,60
1	0,96	2,96	1,96	5,88
2	0,83	2,83	1,83	5,48
3	1,88	3,88	2,88	8,65
4	3,63	5,63	4,63	13,90
5	4,56	6,56	5,56	16,67
6	12,33	14,33	13,33	39,98
7	24,94	26,94	25,94	77,82
8	20,74	22,74	21,74	65,21
9	15,84	17,84	16,84	50,52
10	8,87	10,87	9,87	29,61
11	9,17	11,17	10,17	30,52
12	6,90	8,90	7,90	23,71
13	5,13	7,13	6,13	18,38
14	5,33	7,33	6,33	18,99
15	6,25	8,25	7,25	21,76
16	21,51	23,51	22,51	67,54
17	14,49	16,49	15,49	46,48
18	12,42	14,42	13,42	40,25
19	14,30	16,30	15,30	45,89
20	2,37	4,37	3,37	10,12
21	2,01	4,01	3,01	9,04
22	1,27	3,27	2,27	6,82
23	0,82	2,82	1,82	5,47
MAX	24,94	26,94	25,94	77,82
MIN	0,82	2,82	1,82	5,47
PROMEDIO	8,23	10,23	9,23	27,68

Realizado por: Los actores.

Figura 20: Potencia por fase del sistema balanceado.



Realizado por: Los actores.

El balanceo de carga efectuado en el sistema eléctrico muestra que las cargas están uniformemente distribuidas, de esta manera se obtienen mediciones realizadas en los bornes del secundario del transformador para realizar la posterior descarga y determinación de los datos que más se repitieron a través de la metodología de histogramas de frecuencia.

A lo expuesto en la tabla 35 se obtiene el máximo valor de demanda máxima que ocurre en la hora 7:00 con 77,82 kW, un mínimo de 5,47 kW y un promedio de todo el día dentro de las 24 horas es de 27,68 kW.

El sistema balanceado de cargas se encuentra en condiciones óptimas para cumplir con los procesos de producción de balanceado, donde en efecto también se ven reflejados en los parámetros de corrientes y voltajes que se encuentran dentro de los límites permitidos, además con un factor de potencia de 0,94 que es el valor promedio de un día típico de trabajo de la industria y bajo la incidencia de la red de 220 voltios y el estable.

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

Impacto técnico

El análisis del sistema eléctrico de la avícola y agropecuaria Maricela Cía. Ltda. desarrollado en el presente proyecto de investigación se determina las caídas de voltaje en los diferentes tramos, porcentaje de desbalance de voltaje y corriente, cargabilidad del transformador y pérdidas de potencia y energía, para de esta manera obtener el comportamiento actual de su demanda eléctrica dentro de un día típico de 24 horas.

Con la determinación de la eficiencia del suministro eléctrico hacia cada una de las cargas se tienen conductores sobrecargados, en tal virtud se plantea la propuesta 1 de la tabla 34 que describe los tramos críticos y su cambio de la sección del conductor para disminuir las caídas de voltaje y mantenerlos dentro de los límites permitidos. Además como propuesta 2 se realiza el balanceo de cargas para distribuir las uniformemente dentro del sistema eléctrico.

Impacto económico

Al determinar el comportamiento actual del sistema eléctrico refleja puntos calientes por efecto joule en determinados tramos así como caídas de voltaje fuera de los rangos permitidos, al respecto se plantea cambiar la sección del conductor tal y como se especifica en la tabla 34 para mejorar la eficiencia del suministro eléctrico hacia las cargas y disminuir de forma significativa la tarifa eléctrica.

El impacto económico y la inversión inicial se verán reflejados en cuanto a tener un sistema eléctrico con parámetros dentro de sus límites permitidos, y además se balancea las cargas para optimizar las instalaciones eléctricas y así lograr una eficiencia energética dentro del sistema eléctrico.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

El sistema eléctrico presenta tramos que trabajan en condiciones sobrecarga, por tal motivo se cambia la sección del conductor en función de la corriente que circule por el mismo, para mejorar los índices de caída de voltaje y su efecto térmico en operación normal sea hasta un 75% el detalle del cambio de la sección del conductor se especifica en la tabla 36.

Tabla 36: Cambio de la sección del conductor.

SISTEMA ACTUAL						
TRAMO ENTRE TRAFORMADOR – TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN						
SISTEMA ACTUAL CAÍDAS DE VOLTAJE						
Designación	Longitud (m)	$\Delta V\%$	Precio (USD)	Calibre	P. potencia kW	P. energía kWh mes
Transformador - TGD	30	1,41	480	4/0	0,014	7,20
TRAMO ENTRE EL TGD – TABLEROS						
Designación	Longitud (m)	$\Delta V\%$	Precio (USD)	Calibre	P. potencia kW	P. energía kWh mes
TGD – T8	120	1,32	360	2	0,013	6,69
TGD – T7	250	2,97	4000	4/0	0,023	11,79
CAPACETA DE ALIMENTACIÓN - TABLERO DE ALIMENTACIÓN	315	0,70	2520	2/0	0,006	3,03
CAPACETA DE ALIMENTACIÓN - TABLERO RED DE 220 V	15	0,70	120	2/0	0,006	3,03
TRAMO ENTRE LOS TABLEROS - LAS CARGAS						
Designación	Longitud (m)	$\Delta V\%$	Precio (USD)	Calibre	P. potencia kW	P. energía kWh mes
T1 – ELEVADOR 1	64	2,01	64	8	0,022	10,98
T5 - ELEVADOR 3	100	1,79	300	2	0,017	8,57
T5 – VENTILADOR 3	62	1,05	186	2	0,011	5,31
T8 – BOMBA DE POZO PROFUNDO	130	1,71	260	4	0,018	8,88
TABLERO DE ALIMENTACIÓN – ILUMINACIÓN INCANDESCENTE	50	1,76	50	8	0,018	9,15
TABLERO DE ALIMENTACIÓN – DUCHAS	45	2,01	45	6	0,021	10,43
		Total	8385			

Realizado por: Los actores.

Tabla 37: Valoración de kWh - mes de pérdidas de energía del TGD – Transformador.

DESCRIPCIÓN		PÉRDIDAS DE ENERGÍA			PRECIO (USD)
DESDE	HASTA	ACTUAL (kWh)	PROPUESTA (kWh)	DIFERENCIA (kWh)	
TABLERO GENERAL	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO(100kVA)	11,46	7,2	4,26	0,5112
SUBTOTAL 1 DE AHORRO(USD)					0,5112

Realizado por: Los actores.

En la tabla 37 se observa que cambiando el calibre del conductor de un 2/0 a un 4/0 se tendrá un ahorro por perdidas por efecto joule de 0,51 centavos por mes el tramo comprendido desde el tablero general de distribución y transformador cumpliendo con una caída de voltaje dentro del límite de 1,41%. Donde el precio por kWh es de 0,12 centavos.

Tabla 38: Valoración de kWh - mes de pérdidas de energía del TGD – Transformador.

DESCRIPCIÓN		PÉRDIDAS DE ENERGÍA			PRECIO (USD)
DESDE	HASTA	ACTUAL (kWh)	PROPUESTA (kWh)	DIFERENCIA (kWh)	
TGD	TABLERO # 1	0,79	0,79	0	0,00
	TABLERO # 2	1,27	1,27	0	0,00
	TABLERO # 3	0,39	0,39	0	0,00
	TABLERO # 5	0,38	0,38	0	0,00
	TABLERO # 6	1,82	1,82	0	0,00
TGD	ESTABLO	10,49	7	3,89	0,47
	TABLERO # 8	10,66	7	3,97	0,48
	TABLERO # 7	30,36	11,79	18,57	2,23
CAPACETA DE ALIMENTACIÓN	TABLERO DE ALIMENTACIÓN	40,06	3,03	37,03	4,44
	TABLERO RED DE 220 V	65,86	3,03	62,83	7,54
SUBTOTAL 2 DE AHORRO(USD)					15,15

Realizado por: Los actores.

A lo expuesto en la tabla 38 refleja los valores por energía por tablero en estado actual donde se observa que la red de 220 voltios que comprende entre la capaceta de alimentación y el tablero de red de 220 voltios presenta más pérdidas por energía de 65,86 kWh, con el cambio de la sección del conductor y el aumento de una fase se logra reducir a 7,54 USD y un valor total de parte desde los tableros hacia las cargas de 15,15 USD.

Tabla 39: Valoración de kWh - mes de pérdidas de energía del Tablero– Cargas.

DESCRIPCIÓN		PÉRDIDAS DE ENERGÍA			PRECIO (USD)
DESDE	HASTA	ACTUAL (kWh)	PROPUESTA (kWh)	DIFERENCIA (kWh)	
TABLERO 1	CARGAS	61	55	6	0,72
TABLERO 2		23	23	0	0,00
TABLERO 3		42	42	0	0,00
TABLERO 5		70	49	21	2,52
TABLERO 6		3	3	0	0,00
ESTABLO		16	16	0	0,00
TABLERO 8		36	10	26	3,12
TABLERO 7		5	5	0	0,00
TABLERO DE ALIMENTACIÓN		45	26	20	2,40
TGD BARRA RED 220 V		15	15	0	0,00
SUBTOTAL 3 DE AHORRO(USD)					8,76

Realizado por: Los actores.

La tabla 40 se realiza el análisis técnico económico de las pérdidas de energía que se determinan en base al valor actual es decir del comportamiento actual del sistema eléctrico en condiciones de sobrecarga de conductores, para lo expuesto se simulo la propuesta de mejora sobre el cambio de la sección del conductor en tramos críticos hacia las cargas obteniendo un valor de propuesta, mismo que sirve para hacer una diferencia y obtener el valor por pérdidas de energía, para posteriormente multiplicarlo por el 0,12 centavos el costo del kWh y sumando el 0,5112 más 8,76 USD /consumidor se logra un beneficio económico por pérdidas de energía de 24,42 USD/ consumidor es decir nueve con veintisiete centavos.

Tabla 40: Costo del kWh ahorrado.

DESIGNACIÓN	USD/ DE AHORRO MENSUAL
SUBTOTAL 1	0,51
SUBTOTAL 2	15,15
SUBTOTAL 3	8,76
TOTAL	24,42

Realizado por: Los actores.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Para el presente trabajo se ha realizado un estudio de la demanda eléctrica aplicando criterios técnicos de casos similares encontradas en fuentes bibliográficas y documentación técnica en sitios web, considerando parámetros adecuados que garantiza un suministro de energía a las cargas de las instalaciones industriales de manera segura, disminuyendo las fallas en los equipos eléctricos.
- Para la elaboración del diagrama unifilar se realizó un levantamiento de todas las cargas instaladas en el transformador aguas abajo para esto se utilizó el software AutoCAD en el cual se detalla todos los parámetros de los circuitos de bajo voltaje, el dimensionamiento del conductor eléctrico, voltaje nominal para circuitos trifásicos y monofásicos y sus respectivas protecciones.
- Los datos obtenidos en las mediciones con el analizador de carga FLUKE 435 permitieron analizar los parámetros eléctricos tales como tensión, corriente, factor de potencia, frecuencia, armónicos de voltaje y de corriente, etc. Para utilizarlos en histogramas de frecuencia que nos da las hojas de cálculo Excel permitiendo cuantificar en tiempo real el comportamiento del sistema.
- Mediante la simulación con el software ETAP 12.6.0 se parte por un equivalente de red el cual nos proporciona la energía y potencia que es necesaria para funcionar los equipos eléctricos en este caso es suministrado por la empresa distribuidora ELEPCO S.A. , permitiendo analizar los flujos de potencia para obtener los voltajes y ángulo en las barras, además la potencia activa y reactiva que circulan por cada ramal, obteniendo la reducción de pérdidas de energía mediante el cambio de conductores y el balance de fases representando un ahorro mensual de 24,42 USD.

Recomendaciones

- Para el presente estudio eléctrico se recomienda seguir las normas establecida en el código eléctrico ecuatoriano que se rigen a las normas NEMA y IEC, para así garantizar el comportamiento adecuado del sistema eléctrico en caso de una futura implementación de nuevas cargas.

- Los equipos que se encuentran instalados para el funcionamiento de la industria Avícola y Agropecuaria Maricela CIA.LTDA. están en función de las instalaciones eléctricas existentes para cada área, por lo que en caso de existir variaciones e incremento según las necesidades de la planta antes deberá modificar la instalación diseñada y adaptarla a las características del incremento de equipos a conectarse.
- Al efectuar la descarga y filtración de los datos medidos se hace uso de un software adicional llamado power log 430-II que es compatible para el analizador FLUKE 435 serie II, que nos ayuda a seleccionar los datos acorde a las necesidades del análisis para esto se hace uso del software excel donde se utiliza la metodología de los histogramas de frecuencia logrando obtener los valores que más se repitieron en un intervalo de 10 minutos y así graficar la curva de carga diaria.
- Es recomendable equilibrar las cargas en los tableros principales, aumento de una nueva fase en el circuito monofásico, cambiar el sistema de iluminación de focos incandescentes a focos Led de los galpones 1, 2, 3, 4,5 y cambio de conductores en sectores sobredimensionados para mejorar el funcionamiento del sistema y evitar pérdidas por fases sobrecargadas.

15. BIBLIOGRAFÍA

ARCONEL-CONELEC-002/02. (2002). REGULACION No. CONELEC – 002/02. Ecuador.

Contrin, A. A. (2000). Instalaciones Electricas . Mexico: Mc Graw Hill.

Chapman, Stephen, (2005). Maquinas Electricas. Mexico. Tercera edicion. McGraw-Hill.

Enrique harper, G. (2002). Guía practica para el cálculo de intalaciones eléctricas . México: Limusa S.A.

ENEGINEERING, W. E. (1959). Distribution Systems . USA: East Pittsburgh .

Ferraci, P. (2006). La calidad de la energía eléctrica, cuaderno técnico n° 199: Schneider-Electric.

ETAP Powerting Success. (2 de 9 de 2015). ETAP. Recuperado el 6 de septiembre del 2017, de <http://www.etapven.com/>

JAMI, F. (2003). DESBALANCE DE VOLTAJE. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.

- IEEE Transmission and Distribution Committee. (2009). IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159-2009 (Revision of IEEE Std 1159-1995). <http://doi.org/10.1109/IEEESTD.2009.5154067>
- (INEN), I. E. (2001). CPE INEN 019: Código eléctrico nacional - CAPITULO 2. Quito.
- Juárez, Jose, (1995). Sistemas de distribución de energía eléctrica. México. Sans Serif Editores.
- Jurado, C. A. (2008). Diseño de Instalaciones Eléctricas. Sartenejas: DEX.
- (NEC), N. E. (2013). Instalaciones Electromecánicas. Quito: Cámara de la Construcción de Quito.
- IEEE Transmission and Distribution Committee. (2009). IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159-2009 (Revision of IEEE Std 1159-1995). <http://doi.org/10.1109/IEEESTD.2009.5154067>
- NEMA, N. Normas NEMA MG publicación N o 1-1998, Revisión 1 MOTORES Y GENERADORES (2000).
- NTE INEN 2115:2004. (2012). Transformadores de distribución nuevos trifásicos valores de corriente sin carga, Pérdidas y voltaje de cortocircuito. Primera edición: Quito – Ecuador.
- Quintuisaca, P. (2011). Demanda eléctrica. Cuenca: Editorial E.E.E.C.S.C. Machado, S. (2011). Departamento de estudios técnicos DIPLA. Cuenca: Editorial E.E.E.C.S.C.
- Ramírez, C. Redes de distribución de energía. Tercera edición.
- Ramírez, R. (2009). Diseño de un Modelo de Energética Global Nacional de Largo Plazo. Segunda Edición.
- Villavicencio Darwin, (2012). Determinación de la demanda en transformadores, para los servicios de comercialización en base a los usos de energía, en la empresa eléctrica regional centrosur para la ciudad de Cuenca”. Cuenca, Ecuador.

ANEXOS

ANEXO 1: CURRICULUM VITAE PhD ILIANA GONZÁLEZ PALAU

1. DATOS PERSONALES

Nombre: Iliana Antonia González Palau

Nacionalidad: Cubana

Fecha de nacimiento: 13 de Junio 1960

Estado Civil: Casada

Residencia: Edificio 25 Apto. 13 Rpto. Caribe, Moa. Holguín.

Cuba. E-mail: igonzalez@ismm.edu.cu Teléfonos: (53- 53675374) 0984340820

2. TÍTULOS OBTENIDOS

- Ingeniero Electricista, Master en Ciencias Técnicas. Graduado en 1983 en el Instituto de Minas de Moscú, Rusia.
- Ms.C. en Electromecánica Minero Metalúrgico, mención metalurgia. 1999
- Dra C. Técnicas en la universidad de minas de Sam Petersburgo, Rusia , 2011.

3. ACTIVIDAD LABORAL

- Profesor Titular de tiempo completo del departamento de Ingeniería Eléctrica del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Cuba, con 30 años experiencia en la investigación y la docencia.
- Coordinadora de la carrera de Ingeniería Eléctrica 2011-2014.
- Coordinadora de la maestría de Eficiencia Energética en el ISMM
- Profesora a tiempo completo de la Universidad Técnica de Cotopaxi 2015 hasta la fecha.

4. EXPERIENCIA DOCENTE

Ha impartido docencia de pregrado en las asignaturas:

- Electrotecnia
- Circuitos Eléctricos
- Suministro Eléctrico Industriales
- Sistemas Eléctricos
- Calidad de la energía. Economía Energética.

Ha dirigido más de 60 trabajos de tesis en pregrado y 12 tesis de maestrías en los programas de Gestión de Energías de la UTC y Gestión Energética del ISMM.

ANEXO 2: CURRICULOM VITAE
LATACUNGA - ECUADOR



NOMBRE: Marco Vinicio Pilatasig Chicaiza

CELULAR: 0984560179

Email: marcopiltasig94@yahoo.com

EDUCACION.

PRIMARIA: Seis años “ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA GENERAL QUISQUIS”

SECUNDARIA: Seis años “COLEGIO TÉCNICO INDUSTRIAL JUAN ABEL ECHEVERRIA”

SUPERIOR: Cinco años “UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI”

EXPERIENCIA PROFESIONAL.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI (CEYPSA)

Pasantías: Mantenimiento Eléctrico y Mecánico de Maquinas del cuarto de granos andinos

Mantenimiento de Motores eléctricos y control automatizado.

EXPERIENCIA PROFESIONAL.

REBOBINAJES COTOPAXI

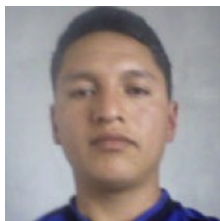
Responsabilidad de puesto: Técnico especializado en Rebobinajes y Mantenimiento de motores eléctricos.

Tiempo de trabajo. Un año 2010 – 2011.

CONOCIMIENTOS INFORMATICOS.

Conocimientos de Microsoft Office Word, Microsoft Office Excel, Microsoft Office Power Point, AutoCAD, ETAP.

ANEXO 3: CURRICULOM VITAE
LATACUNGA - ECUADOR



NOMBRE: Byron Jeovanny Sarabia Tapia

CELULAR: 0995488856

Email: byronsarabia@hotmail.com

EDUCACION.

PRIMARIA: Seis años ESCUELA “JOSE JOAQUIN NEROÑA LUZURIAGA”

SECUNDARIA: Seis años COLEGIO “MONSEÑOR LEONIDAS PROAÑO”

SUPERIOR: Cinco años “UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI”

EXPERIENCIA PROFESIONAL.

EMPRESA TEXTILES RIO BLANCO

Responsabilidad de puesto: Técnico especializado en Mantenimiento Eléctrico y Mecánico de Maquinas Textileras.

Mantenimiento de Motores eléctricos y control automatizado.

EXPERIENCIA PROFESIONAL.

ASISTEC

Responsabilidad de puesto: Eléctrico en diseño y construcción de tableros de control industrial, construcción de redes de alto y bajo voltaje AC, instalaciones domiciliarias e industriales, reparación y mantenimiento de máquinas eléctricas.

EXPERIENCIA PROFESIONAL.

AVICOLA Y AGROPECUARIA MARICELA CIA.LTDA

Responsabilidad de puesto: Técnico en Mantenimiento eléctrico y mecánico de equipos industriales.

Diseño y construcción de instalaciones industriales en bajo y alto voltaje AC.

Diseño y construcción de tableros de control industrial.

Reparación eléctrica y mecánica de galpones de aves.


Instalación de bombas sumergibles.

ANEXO 4: Días laborables de la industria

2017	FECHA	DÍAS LABORABLES	DÍAS FESTIVOS
ENERO	01/01/2017	22	1 AÑO NUEVO
	31/01/2017		
FEBRERO	01/01/2017	18	26,27 y 28 DÍAS CARNAVAL
	28/02/2017		
MARZO	01/03/2017	23	
	31/03/2017		
ABRIL	01/04/2017	19	14 DE ABRIL VIERNES SANTO
	30/04/2017		
MAYO	01/05/2017	21	01 DE MAYO
	31/05/2017		
JUNIO	01/06/2017	22	
	30/06/2017		
JULIO	01/07/2017	21	
	31/07/2017		
AGOSTO	01/08/2017	23	10 AGOSTO
	31/08/2017		
SEPTIEMBRE	01/09/2017	21	
	30/09/2017		
OCTUBRE	01/10/2017	22	
	31/10/2017		
NOVIEMBRE	01/11/2017	20	2,3 DIFUNTOS
	30/11/2017		
DICIEMBRE	01/12/2017	20	25 NAVIDAD
	31/12/2017		

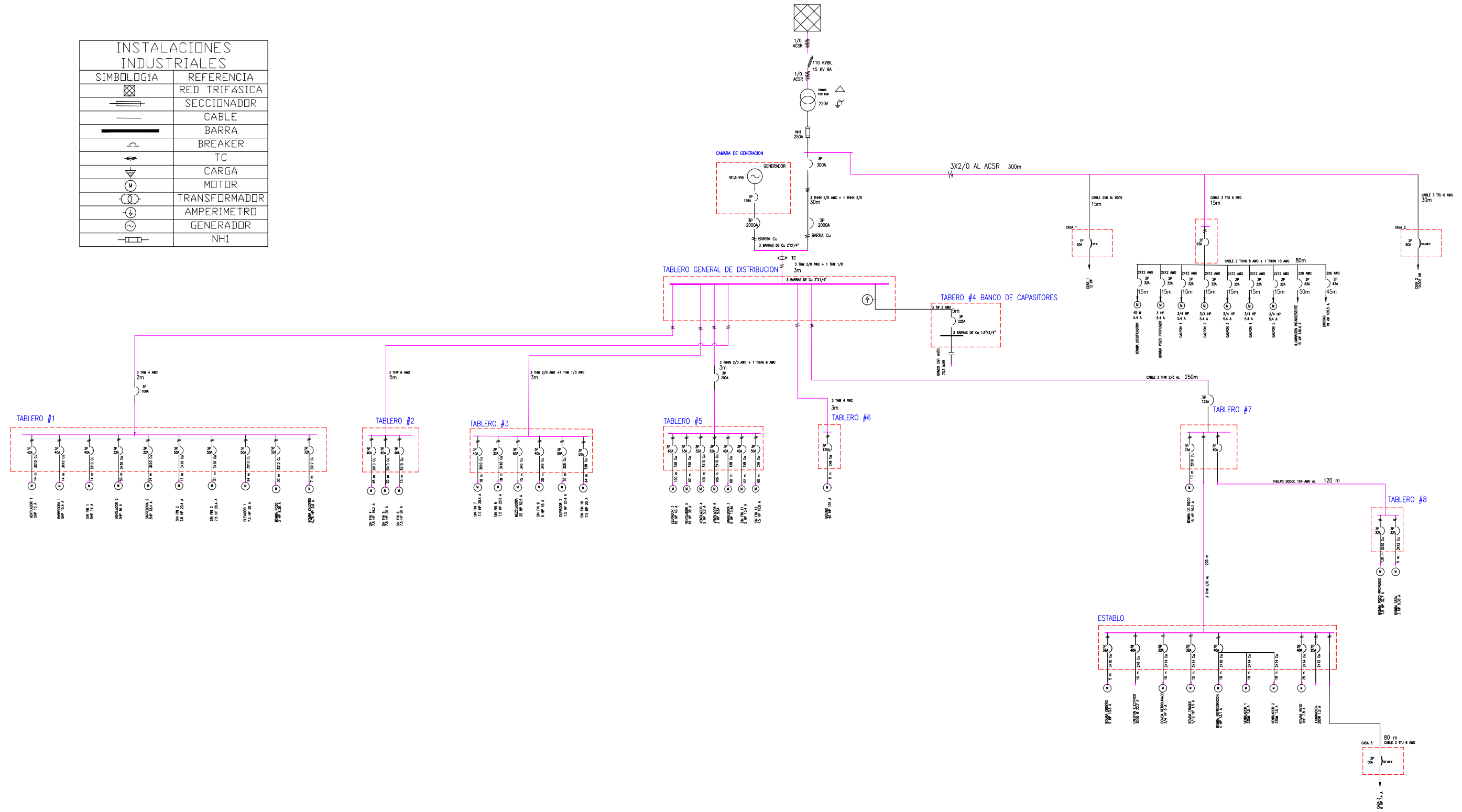
Realizado por: Los actores.

ANEXO 5: Consta la placa característica del transformador trifásico de 100 kVA.

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 100 kVA PERTECIENTE A LA INDUSTRIA AVÍCOLA Y AGROPECUARIA MARICELA CIA. LTDA.					
INATRA INDUSTRIA ANDINA DE TRANSFORMADORES Cía. Ltda.					
TRANSFORMADOR					
Pot. Nom.(KVA)	100	Año	1998	NORMA	ANSI
Num. Fases	3	Frecuencia (HZ)	60	Clase Aisl.	Ao
Volt. Prim. (KV)	13,2	Volt. Sec. (V)	220	Conexión	DY 5
Corriente Prim (A)	4,37	Corriente Sec. (A)	262	Refrigeración	ONAN
Voltaje C.C. (%)	3,26	Aceite	Mineral	Temp. Amb. (°C)	30
Peso total (Kgr.)	374	Vol. Ac. Li.	161	Altitud (msnm)	3000
ALTO VOLTAJE			BORNES		
			H1	H2	H3
VOLTIOS	POSICIÓN	AL COMUTADO	CONEXIÓN 		
13860	1	3 - 4			
13530	2	4 - 2			
13200	3	2 - 5			
12870	4	5 - 1			
12846	5	1 - 6			
BAJO VOLTAJE			BORNES		
			X0	X1	X2
VFF = 220 VFN = 127			Y		

Realizado por: Los actores.

INSTALACIONES INDUSTRIALES	
	REFERENCIA
	RED TRIFÁSICA
	SECCIONADOR
	CABLE
	BARRA
	BREAKER
	TC
	CARGA
	MOTOR
	TRANSFORMADOR
	AMPERIMETRO
	GENERADOR
	NH1



ANEXO 6: DIAGRAMA UNIFILAR			
PROYECTO: "ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN LA INDUSTRIA AVICOLA Y AGROPECUARIA MARICELA CIA. LTDA. ANTE LA INCIDENCIA DE LAS CARGAS"		UBICACION: Latacunga-San Buena Ventura PROVINCIA DE COTOPAXI	
CONTIENE: DIAGRAMA UNIFILAR DE LA PLANTA INDUSTRIAL		ESCALA:	DIBUJO
		FECHA: FEBRERO/2018	LAMINA
INGENIERIA ELÉCTRICA		1	
Byron Sarabia - Marco Pilatasig		1	
PROYECTO POR: 	REVISADO POR: 	REVISADO POR: 	
Marco Pilatasig	Byron Sarabia	Phd. ILIANA GONZALEZ	