



**UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

***“ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA GRANJA IRQUIS DE LA  
UNIVERSIDAD DE CUENCA”***

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

**AUTORES:**

PABLO JAVIER IDROVO ACEVEDO

C.I.0302203401

MILTON RAMIRO ROMERO PACHECO

C.I.1400944359

**DIRECTOR:**

ING. JUAN SANANGO FERNÁNDEZ

C.I.0301522892

**CUENCA-ECUADOR**

**2017**

## RESUMEN

En la actualidad las auditorías energéticas vinculadas a los sistemas de energía eléctrica, permiten mejorar la competitividad de la producción de bienes y servicios, en industrias, empresas, comercios, instituciones públicas, etc. Al mejorar los procesos se disminuyen costos permitiendo que un sistema sea eficiente en su consumo de energía eléctrica.

El objetivo principal del análisis es evaluar de forma técnica y económica el consumo de energía eléctrica y determinar las condiciones actuales del sistema eléctrico, con el fin sugerir propuestas de mejora para garantizar un suministro eléctrico fiable que cumpla normas y Regulaciones que estén establecidas en el CONELEC004/01 para la calidad de energía y otras normas o estándares nacionales e internacionales.

El trabajo realizado busca diagnosticar el sistema eléctrico para crear una base de datos con información que contenga planos eléctricos, registros de carga, demanda, voltajes, corrientes, armónicos, flickers y factor de potencia de las instalaciones en los diferentes bloques que conforman la Granja Irquis de la Universidad de Cuenca, de manera que se pueda obtener información para la realización de futuras mejoras en miras de aprovechar los recursos energéticos existentes mediante un mecanismo que reduce costos y se reflejen en la factura de consumo eléctrico.

Los resultados de la eficiencia energética permitirán proponer cambios e implementaciones que se deben realizar al sistema eléctrico y la integración de energía eólica a fin de reducir el consumo de energía de la red pública y mejorar los índices de calidad eléctrica.

### **Palabras Clave:**

Granja Irquis, eficiencia energética, calidad de energía, Sistema eléctrico y energía eólica.

## **ABSTRACT**

At present, energy audits linked to the electric power systems, allow to improve the competitiveness of the production of goods and services, in industries, companies, commerce, public institutions, etc. Improving processes reduces costs by allowing a system to be efficient in its consumption of electrical energy.

The main objective of the analysis is to evaluate in a technical and economic way the consumption of electrical energy and to determine the current conditions of the electrical system, with the purpose of suggesting proposals for improvement to guarantee a reliable electrical supply that complies with norms and Regulations that are established in the CONELEC004 / 01 for energy quality and other national and international standards or standards.

The work performed seeks to diagnose the electrical system to create a database with information that contains electrical plans, load records, demand, voltages, currents, harmonics, flickers and power factor of the installations in the different blocks that make up the Irquis Farm Of the University of Cuenca, so that information can be obtained to make future improvements in order to take advantage of existing energy resources through a mechanism that reduces costs and is reflected in the electric bill.

The results of the energy efficiency will allow to propose changes and implementations that must be made to the electrical system and the integration of wind energy in order to reduce the consumption of energy of the public network and to improve the indices of electrical quality.

### **KEYWORDS:**

Farm Irquis, energy efficiency, quality of energy, electrical system and wind energy.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1) CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES JUSTIFICACIÓN .....	20
1.1) INTRODUCCIÓN .....	20
1.2) ANTECEDENTES .....	20
1.3) JUSTIFICACIÓN .....	21
1.4) ALCANCE .....	22
1.5) METODOLOGÍA .....	22
1.6) OBJETIVO GENERAL .....	23
1.7) OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
2) CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....	25
2.1) INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA.....	25
2.2) TIPOS DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS.....	25
2.2.1) Auditoría preliminar.....	25
2.2.2) Auditoría general .....	26
2.3) REQUISITOS DE CUMPLIMIENTO DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA .....	26
2.4) BENEFICIOS DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA .....	27
2.5) EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	27
2.5.1) Organización .....	28
2.5.2) Análisis y planificación.....	28
2.5.3) Monitoreo.....	28
2.5.4) Informe .....	29
2.5.5) Implementación .....	29
2.6) PROTOCOLOS PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	29
2.6.1) Descripción física del lugar a realizar el análisis de eficiencia energética .....	29
2.6.2) Recolección de datos, planos y documentación referente a la energía eléctrica consumida en el lugar .....	29
2.6.3) Descripción del estado de la estructura eléctrica existente .....	30
2.6.4) Identificación y evaluación de maquinarias y elementos eléctricos conectados .....	30
2.6.5) Descripción de la situación energética .....	30
2.6.6) Identificación de factores importantes que aportan al consumo energético .....	30
2.6.7) Recopilación de información de futuras ampliaciones o implementaciones en el lugar .....	30

2.6.8) Análisis y evaluación de las mejores oportunidades en donde se pueda lograr el ahorro de la energía durante su operación .....	31
2.6.9) Informe de observaciones y recomendaciones .....	31
2.7) GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA .....	31
2.7.1) Importancia y procedimiento de la gestión de la energía eléctrica ..	31
2.8) ENERGÍA ELÉCTRICA.....	32
2.9) INTRODUCCIÓN A LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA .....	33
2.9.1) Calidad de la energía eléctrica .....	33
2.9.2) Conceptos de calidad de la energía eléctrica .....	34
2.10) TIPOS DE CARGA .....	35
2.10.1) Cargas lineales.....	36
2.10.2) Cargas no lineales .....	36
2.11) TRANSITORIOS .....	38
2.11.1) Transitorios de voltaje.....	38
2.11.2) Transitorios de tipo impulsivo .....	38
2.11.3) Transitorios de tipo oscilatorios .....	39
2.12) VARIACIONES EN LA TENSIÓN DE CORTA DURACIÓN.....	40
2.12.1) Depresiones .....	40
2.12.2) Sag´s de voltaje .....	41
2.12.3) Swell´s de voltaje.....	41
2.12.4) Interrupciones .....	42
2.13) VARIACIONES DE VOLTAJE DE LARGA DURACIÓN .....	42
2.13.1) Sobrevoltajes .....	42
2.13.2) Subvoltajes .....	43
2.13.3) Interrupciones sostenidas.....	43
2.14) RUIDO ELÉCTRICO.....	43
2.15) VARIACIONES DE FRECUENCIA .....	44
2.16) HUECOS Y SOBREVOLTAJES .....	44
2.17) DISTORSIÓN ARMÓNICA .....	44
2.17.1) Índices armónicos.....	46
2.18) DESEQUILIBRIOS.....	47
2.19) FLICKERS .....	47
2.20) DEFINICIÓN DE POTENCIA .....	47
2.21) FACTOR DE POTENCIA.....	50
3) CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA GRANJA IRQUIS.....	51
3.1) PRESENTACIÓN.....	51
3.2) RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE LA GRANJA IRQUIS .....	52

3.2.1) Planos y diagramas tanto estructurales como eléctricos .....	52
3.2.2) Facturas de consumo eléctrico e información básica para realización de mediciones.....	52
3.2.3) Visita a las instalaciones de la granja Irquis .....	52
3.2.4) Toma de datos y mediciones .....	53
3.3) EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS.....	54
3.3.1) Gps .....	54
3.3.2) Distanciómetro de largo alcance.....	55
3.3.3) Multímetro.....	55
3.3.4) Distanciómetro (Fluke) para corta alcance .....	56
3.3.5) Analizador de red Fluke (435) .....	56
3.3.6) Cámara termográfica .....	59
3.4) DIAGNÓSTICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA .....	61
3.4.1) Red de medio voltaje .....	61
3.4.2) Estación de transformación .....	61
3.4.3) Red de bajo voltaje .....	62
3.4.4) Sistema de alumbrado público .....	63
3.4.5) Instalaciones interiores en los bloques de la granja Irquis.....	64
3.4.6) Circuitos de iluminación .....	65
3.4.7) Circuitos de fuerza.....	66
3.4.8) Circuitos de cargas especiales .....	66
3.4.9) Tableros de distribución.....	67
4) CAPÍTULO 4: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	68
4.1) INTRODUCCIÓN.....	68
4.2) ANÁLISIS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO .....	68
4.2.1) Levantamiento de carga instalada.....	68
4.3) ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE ENERGÍA .....	71
4.3.1) Regulación No. CONELEC 004/01 .....	71
4.3.2) Análisis de armónicos de corriente .....	74
4.4) EVALUACIÓN DE CALIDAD DE ENERGÍA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO .....	75
4.4.1) Resultados del registro en el transformador .....	75
4.4.2) Resultados del registro en el tablero de distribución del tanque frio y ordeño.....	78
4.4.3) Resultados del registro en el tablero de distribución del laboratorio de embriones y oficinas .....	82
5) CAPÍTULO 5: PROPUESTAS DE MEJORA .....	87

5.1) Presentación .....	87
5.2) Transformador de Distribución .....	87
5.3) Red de Distribución Eléctrica .....	88
5.4) Puesta a Tierra .....	89
5.5) Factor de Potencia .....	90
5.6) Instalaciones Interiores .....	91
5.7) Equilibrio de Fases .....	93
5.8) Flickers .....	93
5.9) Armónicos .....	94
5.10) Energía Eólica.....	94
6) CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ENERGÉTICO-ECONÓMICO DE LA INCORPORACIÓN DE AEROGENERADORES.....	96
6.1) INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA EÓLICA .....	96
6.1.1) Energía verde .....	96
6.1.2) Sostenible .....	96
6.1.3) Asequible .....	96
6.1.4) Desarrollo económico .....	97
6.2) INCORPORACIÓN DE AEROGENERADORES .....	97
6.2.1) Aerogenerador ENAIR.....	97
6.2.2) Incorporación de los aerogeneradores a la red de la granja “Irquis”	98
6.2.3) Interpolación del viento .....	99
6.3) CÁLCULO DE POTENCIAS DE GENERACIÓN .....	101
6.3.1) Mini eólica horizontal ENAIR 70-5kW .....	101
6.3.2) Mini eólica vertical ENAIR-Toyoda-5kW .....	103
6.4) Energía diaria producida por el parque eólico.....	105
6.4.1) Energía anual producida por el parque eólico. ....	105
6.4.2) Energía generada en los 20 años.....	106
6.5) Costos de generación .....	106
6.6) Ahorro anual en la planilla eléctrica .....	107
6.7) Impacto de los Aerogeneradores en la estructura eléctrica .....	108
6.8) Estudio del impacto de generación diario. ....	108
6.9) Análisis de la planilla eléctrica .....	110
7) CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	113
7.1) CONCLUSIONES GENERALES .....	113
7.2) RECOMENDACIONES.....	114
8) ANEXO 1 PLANOS ELÉCTRICOS DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE .....	116
9) ANEXO 2 IDENTIFICACIÓN DE CARGAS ELÉCTRICAS ESPECIALES .	117

10) ANEXO 3 PLANOS ELÉCTRICOS DE INTERIORES DE LA GRANJA IRQUIS.....	118
11) ANEXO 4 FOTOGRAFÍAS DEL ESTADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO .	119
12) ANEXO 5 CUADRO DE CARGAS .....	125
13) ANEXO 6 DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA .....	132
14) ANEXO 7 CAÍDAS DE VOLTAJE EN LOS TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN .....	139
15) ANEXO 8 CURVAS DE PARÁMETROS DE CALIDAD ELÉCTRICA .....	141
16) ANEXO 9 RESULTADOS DE MEDICIONES EFECTUADAS MEDIANTE LA CAMARA TERMOGRÁFICA .....	166
17) ANEXO 10 DISEÑO DE BANCO DE BATERÍAS.....	169
18) ANEXO 11 ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE LOS AEROGENERADORES .....	172
19) ANEXO 12 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA DENSIDAD DEL AIRE .....	174
20) ANEXO 13 PRECIOS DE LA ENERGÍA PRODUCIDA CON RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES NO CONVENCIONALES .....	175
21) BIBLIOGRAFÍA .....	176

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1:</b> Nomenclaturas y términos. ....	24
<b>Tabla 3.1:</b> Descripción de las partes de Analizador de Red Fluke (435). ....	58
<b>Tabla 3.2:</b> Descripción de Emisividad de Materiales. ....	60
<b>Tabla 4.1:</b> Tabla de Factores de Demanda. ....	69
<b>Tabla 4.2:</b> Tabla de resumen de Cargas y Demandas. ....	69
<b>Tabla 4.3:</b> Tabla de caídas de voltaje en la red de distribución eléctrica. ....	70
<b>Tabla 4.4:</b> Tabla de Variaciones de Voltaje respecto al Voltaje nominal. ....	72
<b>Tabla 4.5:</b> Tabla de Tolerancia de Armónicos de Voltaje (THDv). ....	73
<b>Tabla 4.6:</b> Tabla de Resumen de Parámetros de Calidad (Regulación 004/01). .....	74
<b>Tabla 4.7:</b> Tabla de Límites de Distorsión de Corriente. ....	74
<b>Tabla 4.8:</b> Tabla de Parámetros de Calidad registrados en el Transformador Trifásico. ....	76
<b>Tabla 4.9:</b> Tabla de registro de Potencias y Energías totales en el Transformador Trifásico. ....	77
<b>Tabla 4.10:</b> Tabla de Parámetros de Calidad registrados en el Tanque de Frio y Ordeño. ....	78
<b>Tabla 4.11:</b> Tabla de Armónicos de Corriente registrados en el Tanque Frio y Ordeño. ....	80
<b>Tabla 4.12:</b> Tabla de registros de Potencias y Energías totales en el Tanque Frío y Ordeño. ....	81
<b>Tabla 4.13:</b> Tabla de Parámetros de Calidad registrados en el Laboratorio de Embriones. ....	82
<b>Tabla 4.14:</b> Tabla de Armónicos de Corriente registrado en el Laboratorio de Embriones. ....	84
<b>Tabla 4.15:</b> Tabla de registros de Potencias y Energías totales en el Tanque Frio y Ordeño. ....	85
<b>Tabla 6.1:</b> Descripción del terreno. ....	100
<b>Tabla 6.2:</b> Características Técnicas del Fabricante ENAIR 70. ....	102
<b>Tabla 6.3:</b> Características Técnicas del Fabricante ENAIR-Toyoda-5kW. ....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b> Comportamiento de la Carga Lineal.....	36
<b>Figura 2.2:</b> Comportamiento No Lineal de la Carga. ....	37
<b>Figura 2.3:</b> Transitorio de Tipo Impulsivo por descarga eléctrica atmosférica. 39	
<b>Figura 2.4:</b> Transitorios de Tipo Oscilatorio.....	40
<b>Figura 2.5:</b> Transitorios de Baja Frecuencia.....	40
<b>Figura 2.6:</b> SAG´S de Voltaje. ....	41
<b>Figura 2.7:</b> SWELL´S de Voltaje.....	41
<b>Figura 2.8:</b> Ejemplo de una Interrupción en un Sistema Eléctrico. ....	42
<b>Figura 2.9:</b> Ejemplo de Distorsión de una Onda a causa de los Armónicos. ...	45
<b>Figura 2.10:</b> Triangulo de Potencias.....	49
<b>Figura 3.1:</b> Gps Trimble Geoexplorer 3 Pathfinder.....	54
<b>Figura 3.2:</b> Distanciòmetro PCE-LRF 600. ....	55
<b>Figura 3.3:</b> Multímetro (Elemento de Medición).....	55
<b>Figura 3.4:</b> Distanciómetro (Fluke 414D).....	56
<b>Figura 3.5:</b> Analizador de Red Fluke (435).....	56
<b>Figura 3.6:</b> Partes principales del Analizador de Red 435.....	58
<b>Esquema 3.7:</b> Esquema de conexión del Analizador de Red Fluke (435).....	59
<b>Figura 3.8:</b> Cámara Termografía. ....	59
<b>Figura 3.9:</b> Transformar Trifásico de la Granja Irquis. ....	62
<b>Figura 3.10:</b> Acometida Empalmada de manera Inadecuada.....	64
<b>Figura 3.11:</b> Luminaria en Mal Estado.....	65
<b>Figura 3.12:</b> Tablero de Distribución en Mal Estado.....	67
<b>Esquema 4.1:</b> Configuración de la Red de Distribución Eléctrica.....	71
<b>Figura 4.2:</b> Armónicos de corriente Fase A y B en el Tanque Frio. ....	80
<b>Figura 4.3:</b> Armónicos de corriente Fase A y B en el Laboratorio de Embriones. .....	84
<b>Figura 6.1:</b> Promedio mensual año 2015 de la velocidad del viento en la granja “Irquis”. ....	99
<b>Figura 6.2:</b> Aerogenerador ENAIR 70. ....	102
<b>Figura 6.3:</b> Aerogenerador ENAIR-Toyoda-5Kw. ....	104
<b>Figura 6.4:</b> Demanda máxima de consumo.....	109
<b>Figura 6.5:</b> Curvas de generación y consumo. ....	109
<b>Figura 6.6:</b> Diferencia entre las curvas de generación y consumo. ....	110
<b>Figura 6.7:</b> Datos de la factura. ....	111
<b>Figura 6.8:</b> Detalles de la factura.....	112



Universidad de Cuenca

---

Certifico que el trabajo de titulación "ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA GRANJA IRQUIS DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA" ha sido desarrollado por los señores estudiantes: Pablo Javier Idrovo Acevedo con C.I. 0302203401 y Milton Ramiro Romero Pacheco con C.I. 1400944359.

Cuenca, 10 de abril de 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Juan B. Sanango", written over a horizontal line.

Ing. Juan Bautista Sanango Fernández  
DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



Universidad de Cuenca  
Clausula de derechos de autor

---

Yo, Pablo Javier Idrovo Acevedo, autor del Trabajo de Titulación “ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA GRANJA IRQUIS DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Eléctrico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor

Cuenca, 10 de abril de 2017

Pablo Javier Idrovo Acevedo

C.I: 0302203401



Universidad de Cuenca  
Clausula de derechos de autor

---

Yo, Milton Ramiro Romero Pacheco, autor del Trabajo de Titulación "ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA GRANJA IRQUIS DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Eléctrico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor

Cuenca, 10 de abril de 2017

---

Milton Ramiro Romero Pacheco

C.I: 1400944359



Universidad de Cuenca  
Clausula de propiedad intelectual

---

Yo, Pablo Javier Idrovo Acevedo, autor del Trabajo de Titulación “ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA GRANJA IRQUIS DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 10 de abril de 2017

Pablo Javier Idrovo Acevedo

C.I: 0302203401



Yo, Milton Ramiro Romero Pacheco, autor del Trabajo de Titulación "ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA GRANJA IRQUIS DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 10 de abril de 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Milton Ramiro Romero Pacheco".

---

Milton Ramiro Romero Pacheco

C.I: 1400944359

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo expresar mi gratitud a la Universidad de Cuenca por brindarme apertura a las instalaciones de la Granja Irquis y por qué en sus aulas, mis catedráticos forjaron mi formación intelectual y personal de una manera especial al ingeniero Juan Bautista Sanango Fernández director y al ingeniero Juan Leonardo Espinoza por la orientación brindada al desarrollo de este trabajo de titulación.

Pablo Idrovo Acevedo

## **DEDICATORIA**

Con cariño a mis hijos Marcelo Javier y Pablo Martín por ser mi fuente de motivación e inspiración para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ellos.

Pablo Idrovo Acevedo

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios quien me dio fuerzas y fe para culminar con mis estudios.

A mis padres que desde el primer día de mis estudios me apoyaron, por su ayuda inculcándome buenos valores e impulsarme a terminar y cumplir una meta más.

Agradezco a mis hermanos y hermanas, por estar siempre a mi lado, les agradezco no solo por estar presentes aportando buenas ideas a mi vida, sino por ayudarme y motivarme a concluir mí proyecto de tesis.

A mi querida esposa que gracias a su motivación y apoyo me dio fuerzas para culminar esta etapa más en mi vida.

Ramiro Romero Pacheco

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios, quien me ha guiado en todo mi transcurso de estudio y por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, a mi familia, sobre todo a mis Padres: Jorge y Maria, quienes fueron mi pilar fundamental para la construcción de mi vida profesional quienes con sus consejos han sabido guiarme, a mis profesores, gracias por su tiempo, su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Ramiro Romero Pacheco

## **CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES JUSTIFICACIÓN**

### **1.1) INTRODUCCIÓN**

El estudio de Auditorías sobre Eficiencia Energética, es una parte fundamental de cualquier programa de administración de la energía, se puede realizar en el sistema eléctrico de una industria, empresa, residencia, local comercial, etc., en todo lugar en donde se desee controlar sus costos de energía, se basa principalmente en un reconocimiento del sitio en el que se va a trabajar, levantamiento de carga de los equipos, y dispositivos instalados, un análisis o estudio de los flujos de energía de forma precisa sobre la situación energética de una industria u organización en general, con ello se puede identificar de manera clara sus consumos mensuales, trimestrales, anuales, lo cual permite establecer de manera clara en donde se puede tener un mayor ahorro. Se puede desarrollar mediante una serie de normas de Análisis de Auditorías que facilitan esta tarea, en donde establecen requisitos relativos a calidad, metodología y elementos clave del proceso de Auditoría dependiendo de cada una de ellas, permitiendo realizar de mejor manera un Análisis de Eficiencia Energética.

### **1.2) ANTECEDENTES**

La Granja “IRQUIS” se encuentra localizada en la provincia del Azuay, en la parte sur del Cantón Cuenca, parroquia Victoria del Portete, en la vía Cuenca-Girón a la altura del Km 23, en las riveras del Río Tarqui, a una altura de 2663 metros sobre el nivel del mar.

En el año 2009, la administración de la Granja fue transferida por parte de la SENPLADES a la Universidad de Cuenca, debido a que estas instalaciones anteriormente pertenecían al antiguo CREA (Centro de Reconversión Económica del Azuay, Cañar y Morona Santiago). Desde entonces la granja Irquis pasó a formar parte de la Universidad de Cuenca, la misma que contó con el apoyo del MAGAP (Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca) y de la Subsecretaría de Fomento Ganadero. Actualmente, en este campus se está formando a profesionales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias además de desarrollarse ahí Proyectos de Investigación.

La granja Irquis tiene una extensión aproximada de 507,8 hectáreas, posee un clima templado frío con una temperatura promedio de 8° C. La Granja es de uso

exclusivo para actividades de docencia, prácticas académicas, investigación, producción de leche, cría de animales y de formación académica en el campo pecuario, dotado de un laboratorio de biotecnología, laboratorio de computación, aulas de clases, residencia para los estudiantes, galpón de pollos, galpón de cuyes, establos para ganado vacuno, área de ordeño, bar, centro veterinario, bodegas para herramientas, tanque de frío, entre otros.

### **1.3) JUSTIFICACIÓN**

La Universidad de Cuenca por medio de la granja Irquis, viene cumpliendo un papel importante en el mejoramiento pecuario de la región a través de sus instalaciones. Por ende, es indispensable que este centro de formación académico cuente con todas las instalaciones eléctricas adecuadas y en perfecto estado, cumpliendo con todos los estándares de calidad y seguridad. Como es de fundamental importancia, este establecimiento de formación académica cuenta con laboratorios, oficinas, maquinaria y centros de investigación, las mismas que se han ido adaptando a lo largo de los años, sin embargo, actualmente requieren niveles de energía eléctrica óptimos para su adecuada utilización.

Hoy en día, en el campo de la Ingeniería Eléctrica se han desarrollado herramientas de análisis que permiten determinar las deficiencias existentes en las instalaciones eléctricas, con la finalidad de mejorar su eficiencia. Una de estas herramientas es la Auditoria Energética, misma que se ejecuta para indagar posibles mejoras, por ejemplo, reduciendo la cantidad de energía de entrada sin afectar negativamente la salida o el confort que brinda el sistema. Por lo expuesto, es justificable la realización de un ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA, con enfoque en el sub-sistema eléctrico, en la granja Irquis, ya que se ha evidenciado falencias y pérdidas en la estructura eléctrica a nivel de baja tensión.

Con el desarrollo del análisis de eficiencia energética, se pretende encontrar oportunidades para un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica en cada uno de los centros de carga y además de ello obtener conocimientos adecuados del perfil de consumo existente en los diferentes puntos de consumo de la granja. De esta manera se busca determinar el consumo ineficiente del campus y cuantificar las posibles formas de ahorrar energía, con la elaboración de un

informe actualizado que permita proponer las soluciones respectivas y su implementación de forma rentable.

Parte de la Eficiencia Energética, es analizar la influencia que se tendrá con la incorporación de los aerogeneradores obtenidos del Proyecto de Canje de Deuda entre Ecuador y España, para satisfacer la demanda de la granja.

El 17 de julio del 2014, se suscribió el Programa de Canje de Deuda entre Ecuador-España, el Ministerio de Finanzas, el Ministerio de Relaciones Exteriores, Movilidad Humana y la Universidad de Cuenca en un “Acuerdo de Colaboración” con la finalidad de establecer los términos de colaboración entre el Programa de Canje de Deuda y la Universidad de Cuenca como entidad ejecutora, para la ejecución del Proyecto “Centro Científico y Tecnológico”; equipamiento para el centro de energía.

#### **1.4) ALCANCE**

Mediante el desarrollo del presente Trabajo de Titulación, se pretende realizar el Análisis de Eficiencia Energética al subsistema eléctrico de la granja Irquis de la Universidad de Cuenca, mediante la misma se realizará un análisis técnico de todos los puntos de carga dentro de las instalaciones y sus posibilidades de mejora. De cada proceso de operación existente en la granja, se verificará si este se encuentra en óptimas condiciones de operación o, si, por el contrario, están consumiendo más energía de lo previsto. Por tal motivo se pretende identificar cuáles serían las mejores posibilidades para tener un uso eficiente de energía en los diferentes centros de consumo del campus de forma permanente, adicionalmente a ello se busca determinar el impacto que tendría la incorporación de una nueva fuente de energía, como es la generación Eólica, a través de tres aerogeneradores (5 kW c/u) que se instalaron a finales de octubre de 2016, como parte del Proyecto de Canje de Deuda con España.

#### **1.5) METODOLOGÍA**

La metodología a utilizar en este trabajo de Eficiencia Energética, es primero empezar levantando información del sitio, verificar la disponibilidad de planos de sus instalaciones eléctricas. Así mismo, se deberá revisar los pagos por consumo de energía eléctrica en las correspondientes planillas. Posteriormente se hará un análisis de los consumos energéticos de las cargas que se tengan

instaladas, para lo cual se utilizarán equipos que dispone la Facultad de Ingeniería como el registrador trifásico de energía “Fluke”, multímetro, cámara termográfica, etc. En base a esta información se deberá presentar las posibles soluciones a fin de reducir los consumos y mitigar los elevados costos de la energía. Es necesario y fundamental analizar los procesos productivos, la utilización de maquinaria en dicho lugar, de tal manera que se obtengan datos técnicos de la energía requerida y determinar las ineficiencias que se estén generando.

Esta Auditoria pretende establecer recopilar datos del sistema energético-eléctrico del campus Irquis, relacionados con la cantidad, costos, calidad de energía, estado de la estructura eléctrica, flujo eléctrico, eficiencia energética, etc., con la finalidad de definir oportunidades de mejora, además se considerará en el análisis, el efecto que tendría en el sistema eléctrico de la granja con la incorporación de energía eólica con que dispondrá el sitio (15 kW nominal).

### **1.6) OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un Análisis de Eficiencia Energética (al subsistema eléctrico) en la Granja Irquis de la Universidad de Cuenca.

### **1.7) OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir las instalaciones eléctricas de la granja Irquis, a nivel de baja tensión.
- Determinar el funcionamiento y consumo de la maquinaria, equipos y otros elementos eléctricos instalados en la Granja.
- Realizar un diagnóstico del consumo energético a través de la recopilación de datos, análisis de la calidad de energía y levantamiento de información primaria de la granja.
- Identificar los consumos más importantes y establecer aquellos donde hay mayores posibilidades de ahorro y eficiencia energética.
- Realizar un análisis técnico, de la incorporación de los aerogeneradores para satisfacer parte de la demanda de la granja.
- Plantear soluciones a los problemas identificados en la Granja para un consumo energético eficiente.

En la siguiente Tabla 1.1, se presentan las nomenclaturas y términos empleados en el presente trabajo.

**Tabla 1.1:** Nomenclaturas y términos.

**Fuente:** Pablo Idrovo, Ramiro Romero

<b>Nomenclatura</b>	<b>Descripción</b>
V	Voltios
I	Corriente
W	Vatios
VA	Volta-Amperios
VAR	Volta-Amperios reactivos
Hz	Unidad de Frecuencia
Fp	Factor de Potencia
AC	Voltaje de Corriente Alterna
TDS	Tablero de Distribución Secundaria
ARCONEL	Agencia de Regulación y Control del Sector Eléctrico
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad
ENAIR	Aerogenerador
FLUKE	Analizador de la Calidad de Energía en la Red
CARTOPEL	Soluciones Integrales en empaques de Cartón Corrugado
ERCO-TIRES	Continental Corporation ERCO-TIRES
EERCS	Empresa Eléctrica Regional CentroSur
Qshift	Potencia reactiva de Cambio
Qdist	Distorsión de potencia reactiva
CREA	Centro de Reconversión Económica del Azuay, Cañar y Morona Santiago
MAGAP	Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca
SAG´S	Desplome de voltaje
SWELLS	Subidas de voltaje
SEP	Sistema Eléctrico de Potencia
THD	Distorsión Armónica Total
THDv	Distorsión Armónica de Voltaje
THD A	Distorsión Armónica de Corriente
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
AWG	Medidor de Alambre Americano
ACSR	Conductores de Aluminio Reforzados con Acero
Cu	Cobre
TW	Cable con Aislamiento Termoplástico para ambientes no húmedos.
Pst	Flicker de Corta Duración
LED	Diodo Emisor de Luz
UV	Radiación Ultravioleta

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

### **2.1) INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA**

El impacto ambiental que se ha generado a lo largo de los años por parte del sector productivo en el mundo, ha despertado la preocupación de los gobiernos a nivel mundial teniendo la necesidad de direccionar sus leyes en función del desarrollo sostenible, para ello se debe buscar mecanismos que mantengan un equilibrio sostenible entre las nuevas tecnologías que están entrando al mercado eléctrico y el adecuado uso de las tecnologías convencionales ya implementadas y es en este punto en donde surge como una gran alternativa el estudio de la Auditoría Energética, que permita implementar procesos de mitigación y reducción para buscar el equilibrio de la contaminación ambiental existente. Proporcionando una mejora en cuanto a la competitividad, productividad en las distintas empresas en el mundo, con el único objetivo de disminuir el consumo de la energía eléctrica proporcionando de esta manera a la empresa múltiples beneficios en la operación y mantenimiento en su estructura eléctrica y por ende conllevando a un crecimiento saludable en las empresas al tener instalaciones más eficientes.

### **2.2) TIPOS DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS**

Existen varios tipos de Auditorías Energéticas dependiendo del grado de complejidad del cual se pretenda desarrollar, por ejemplo permiten identificar dónde y cómo una casa, empresa, industria, institución pública o privada etc. está perdiendo energía, determinar que sistemas están funcionando ineficientemente. Para optar por una de estas auditorías se debe tomar en cuenta los objetivos fijados a alcanzar o conseguir, los medios de los que se disponga, sea tanto económica como de tiempo y espacio.

Partiendo con un diagnóstico de manera básica hasta una Auditoria con un máximo nivel de profundidad.

#### **2.2.1) Auditoría preliminar**

Una Auditoria Preliminar es básicamente un diagnostico general del sistema, es la más rápida y simple de los tipos de Auditoria existentes, debido a que su grado de complejidad es mínima, puesto que en estos procesos no se requiere de un

análisis de profundidad sino de una manera más concisa, por ejemplo con una rápida caminata por las instalaciones se puede identificar zonas en donde se encuentren desperdiciándose la energía o cualesquier ineficiencia en el sistema, con un número mínimo de entrevistas al personal de la institución, una breve y corta crítica de las instalaciones, de las facturas de consumo y varios datos de explotación. En la mayoría de las veces se identifican los problemas en las áreas que se generen mayores inconvenientes. Las decisiones que se toman para las correctivas son descritas brevemente sin mucho detalle, con una rápida estimación de costos y estimación de la amortización.

### **2.2.2) Auditoría general**

Esta se basa específicamente en realizar un trabajo con recolección de información muy bien detallada sobre las instalaciones y operaciones de la institución, con un mayor material de investigación, por ejemplo analizar las facturas de consumo desde los 12 a 36 meses para tener de manera más clara el consumo realizado, permitiendo así evaluar la demanda y sus instalaciones.

Se realizan entrevistas con una mayor profundidad que la Auditoría Preliminar, como encuestas al personal que operan las máquinas y equipos instalados para entender los patrones de consumo ya sea a corto o largo plazo. Con esta Auditoría se podrá detallar todas las medidas de conservación y consumo adecuadas con un detallado análisis financiero.

Siempre es necesario adaptarse a las circunstancias y necesidades de los usuarios, puesto que en cada caso dependerá del alcance que se desee obtener con la Auditoría Energética.

### **2.3) REQUISITOS DE CUMPLIMIENTO DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA**

Aunque las Auditorías Energéticas tienen varios grados de complejidad y pueden variar ampliamente de una organización a otra, cada auditoría sigue los siguientes pasos generales para su desarrollo.

- Recolección y revisión de datos fiables, considerar que puedan ser verificables especialmente los picos de consumo.
- Levantamientos de datos y mediciones del sistema.
- Observación y revisión de prácticas operativas de la industria o empresa.
- Análisis de los datos.

Una Auditoría energética es clave para desarrollar un programa de gestión de la energía. En resumen, la Auditoría está diseñada para determinar dónde, cuándo, por qué y cómo se está utilizando la energía, esta información puede utilizarse para identificar oportunidades de mejorar la eficiencia, disminuir los costos de consumo y en caso de existir contaminación, reducir las emisiones que contribuyen al cambio climático.

#### **2.4) BENEFICIOS DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA**

Una Auditoría Energética se encuentra directamente vinculada a la eficiencia energética, puesto que las dos no solo consisten en reducir el consumo energético sino en utilizar la energía de manera más coherente. La Eficiencia Energética es el uso eficiente de la energía y está relacionada al funcionamiento de un sistema eléctrico, considerando el funcionamiento, mediante disposiciones orientadas al aumento de la eficiencia que nos permiten la satisfacción de los requerimientos de la institución a un menor costo económico de manera más amplia, al proceso de desarrollo del sistema sin reducir el consumo, beneficiando de manera directa e indirecta las fuentes de energía primarias, puesto que se obtendrá un mejor consumo de la energía, permitiendo retardar el agotamiento de los recursos energéticos según su condición de escasez y al carácter no renovable de muchas de sus fuentes de generación.

En términos generales, el uso eficiente de la energía representa importantes beneficios para un país, ya que no solo permite mejorar la competitividad de las empresas productoras de bienes y servicios, al aumentar la eficiencia de sus procesos y disminuir sus costos de producción, sino que además contribuye a que las personas puedan asignar de modo más eficiente sus recursos en materias de consumo, especialmente de las personas de bajos ingresos económicos, las que destinan una mayor proporción de los mismos a la compra de bienes y servicios energéticos.

#### **2.5) EFICIENCIA ENERGÉTICA**

El análisis de la eficiencia energética, es el conjunto de actividades que permiten disminuir el consumo energético de un determinado proceso manteniendo el mismo nivel de producción o el mismo nivel del servicio; la eficiencia energética puede ser aumentado ya sea por el Cambio Tecnológico, es decir aplicando

equipos y procesos de nueva tecnología lo que se conoce como Tecnologías Eficientes y el segundo camino es la Gestión Energética que consiste en administrar la energía que se consume en los procesos ya sea industriales o comerciales. Con la eficiencia energética se pretende conseguir una base de datos de la energía de un lugar ya sea residencial, comercial, industrial o empresarial de manera que esté disponible para su uso en un Sistema de Gestión de la Energía, ya que este será la principal herramienta de optimización de la cual disponga la empresa, industria, etc., teniendo como objetivo principal el desarrollo del análisis energético de un lugar determinado, en este análisis se abordara los principales puntos a ser estudiados y entre los cuales tenemos la Organización, Análisis y Planificación, Monitoreo, Informe e Implementación.

### **2.5.1) Organización**

Determinar modelos organizativos que van enfocados a todos los asuntos energéticos, disponer de protocolos que vayan encaminados a la organización y financiamiento. También implica cálculos detallados de costos y ahorros del proyecto con un alto nivel de confianza suficiente para tomar decisiones importantes de inversión de capital.

### **2.5.2) Análisis y planificación**

Recopilar toda la información tanto física como técnica de la parte eléctrica de la edificación a ser analizada, a ello adjuntado la documentación de planos, diagramas, planillas, facturas de consumo eléctrico.

Diagnostico actualizado de la estructura eléctrica en el que se encuentre la edificación, toma de datos, mediciones, pruebas de maquinarias y elementos eléctricos, también verificación del estado de las instalaciones eléctricas.

Planificación de las correcciones y estrategias en donde se pueda realizar el ahorro de energía eléctrica.

### **2.5.3) Monitoreo**

El monitoreo implica la recopilación de datos de campo detallados, como un análisis riguroso de ingeniería, monitoreo de los contadores y elementos consumidores de energía.

#### **2.5.4) Informe**

Se redactará un informe en el que se haga constar los objetivos perseguidos, descripción general de la situación energética, las mediciones realizadas con los equipos de medida, resultados obtenidos, propuestas de mejoras y observaciones generales, en definitiva se pretende aportar unas pautas que permitan optimizar su eficiencia energética, corrigiendo si es necesario sus hábitos de consumo.

#### **2.5.5) Implementación**

Con la identificación de los problemas causantes de ineficiencia energética y la realización de un buen informe donde se encuentre detallado todas las debilidades del sistema eléctrico y las implementaciones de mejoras se puede contribuir a un ahorro de la energía eléctrica.

### **2.6) PROTOCOLOS PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Es muy importante determinar los principales puntos para el análisis en la eficiencia de la gestión de la energía eléctrica, ya que de la misma dependerá el aumento de la productividad y competitividad de las grandes y medianas empresas, en este apartado se abarcará puntos específicos que son reconocidos en los temas siguientes:

#### **2.6.1) Descripción física del lugar a realizar el análisis de eficiencia energética**

Consiste en ubicar geográficamente la posición del campus o edificación de la empresa o industria, comprendiéndose en ella altitud, clima, temperatura, etc., además identificar los servicios y las principales características que están prestando dicha empresa o industria.

#### **2.6.2) Recolección de datos, planos y documentación referente a la energía eléctrica consumida en el lugar**

Recolectar toda la información de la estructura eléctrica adjuntándose a ello documentación de planos, planillas, diagramas eléctricos, también levantar

información sobre consumo eléctrico, detalles de elementos eléctricos, maquinaria eléctrica instalada con su funcionamiento y operación.

### **2.6.3) Descripción del estado de la estructura eléctrica existente**

Conocer la disponibilidad y de la calidad de energía en el lugar, elementos o dispositivos de bajo consumo, diagnosticar el uso y consumo de la energía eléctrica, realización de monitoreo y análisis de la energía con elementos medidores de red, análisis del flujo eléctrico en la red y factor de potencia.

### **2.6.4) Identificación y evaluación de maquinarias y elementos eléctricos conectados**

Observar y evaluar el estado físico real de todos los elementos eléctricos comprendiéndose en ello a las máquinas, bombas, luminarias, motores, conductores, puntos de carga, caja de breakers, infraestructura eléctrica, etc. Permitiendo tener un conocimiento del estado del sistema eléctrico.

### **2.6.5) Descripción de la situación energética**

Conocer el funcionamiento y operación de los sistemas de control, instalaciones eléctricas, mantenimiento eléctrico, sistemas de iluminación, automatización programada y circuitería en general que operan en tiempo real.

### **2.6.6) Identificación de factores importantes que aportan al consumo energético**

Analizar los principales elementos consumidores de energía eléctrica en horas picos y en horas no relevantes.

### **2.6.7) Recopilación de información de futuras ampliaciones o implementaciones en el lugar**

Recopilar toda la información posible, sobre futuras ampliaciones en el área eléctrica con el objetivo de adjuntar a la información ya obtenida con el fin de elaborar cronogramas de trabajo, repotenciación en el área de baja o media tensión para robustecer el sistema eléctrico, para a futuro no tener que enfrentar colapsos eléctricos.

### **2.6.8) Análisis y evaluación de las mejores oportunidades en donde se pueda lograr el ahorro de la energía durante su operación**

En este análisis se abarca todas las posibles soluciones para establecer un uso eficiente de la energía implementando nuevas tecnologías innovadoras que faciliten la operación de la maquinaria pero que a la misma vez tenga un óptimo rendimiento.

### **2.6.9) Informe de observaciones y recomendaciones**

Es la elaboración de un informe general detallado del estado actual eléctrico de la estructura eléctrica del lugar y las soluciones y recomendaciones posibles para garantizar la confiabilidad y brindar una competitividad exclusiva con un ahorro de la energía eléctrica.

## **2.7) GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

Para la Gestión de la Energía en el mundo moderno, la competitividad es la palabra clave en el mercado mundial para sobrevivir y estar a la vanguardia, las empresas o entidades tanto públicas como privadas deben gestionar su operación de manera que pueda obtener los mejores resultados optimizando los recursos disponibles y uno de estos recursos es la energía, que en sus diferentes formas alimentan y da impulso a la productividad de cualquier empresa y a la innovación en la cultura organizacional de la industria, con la idea de crear un sistema para gestionar integralmente la energía que se utiliza en los procesos productivos con enfoque en la eficiencia energética.

La gestión de la energía eléctrica tiene como propósito establecer métodos y procesos que ayudan al rendimiento, además de ello incluye a la eficiencia, el uso, manejo y consumo energético con la finalidad de brindar un servicio con alto grado de confort a un costo de energía relativamente bajo.

### **2.7.1) Importancia y procedimiento de la gestión de la energía eléctrica**

Dentro de la gestión de la energía, la optimización del consumo eléctrico es un problema que puede reportar grandes ahorros y que con ello trae grandes beneficios y a más de esto se consigue mejorar la competitividad, pasar de costos fijos a costos variables que nos pueden ir creando hábitos de consumo

que a largo plazo nos va a permitir tener costos bajos del consumo de la energía, para alcanzar estos objetivos se debe realizar un sistema de gestión del consumo energético, que nos permitirá además marcar un plan de actuación en donde obtenemos un balance energético inicial de manera que nos permita identificar y priorizar los puntos sensibles en donde se produzca un mayor consumo energético.

Al momento de que se tenga la información completa del balance energético, se tiene que detectar todas las oportunidades de ahorro de la energía y de esta manera inventariar los principales puntos de consumo; una vez que se realice lo mencionado se tiene que establecer protocolos y procedimientos de control y a más de ello dar seguimiento de los procesos de control, ya que con esto se conseguirá la mejora de la eficiencia energética. Todos estos procedimientos se reflejarán en ahorros de costos en la factura eléctrica, mejora la competitividad y disminución del consumo de la energía.

## **2.8) ENERGÍA ELÉCTRICA**

La energía eléctrica es la energía creada por el movimiento de electrones a través de un conductor eléctrico. Toda materia contiene átomos y estos contienen electrones que se encuentran en constante movimiento. Cuando los electrones son forzados a moverse por un conductor, como un alambre, el movimiento produce electricidad o energía eléctrica.

En el mundo moderno hay un aumento continuo de demanda de energía eléctrica, pero debido a los efectos de impacto ambiental que se genera producir esto se va deteniendo, lo que va haciendo que se obstaculice la expansión de sistemas tradicionales de energía, como por ejemplo la energía nuclear, a base del carbón, energía producida a base de derivados del petróleo, etc. Debido a este hecho, se está obligando a los sistemas existentes a que sean utilizados de manera más eficiente.

Todas estas fuentes que se tienen suministran energía a los consumidores a través de la transmisión y la distribución mediante redes eléctricas, por lo que es necesario realizar estudios de calidad de energía para mejorar la eficiencia de estos sistemas a los niveles de consumo.

## **2.9) INTRODUCCIÓN A LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

En el mundo las empresas eléctricas y los consumidores de electricidad, están preocupados por los cortes de energía que en algunas ocasiones se producen sin aviso anticipado e incluso en algunos casos han producido perjuicios en sus artefactos eléctricos que se reflejan en su economía.

La introducción de ciertos dispositivos electrónicos de potencia en las redes eléctricas, se vuelve preocupante ya que tienen el potencial de causar daños en los sistemas eléctricos, como por ejemplo generan flickers, distorsión armónica, desbalance en las fases, bajo factor de potencia, etc. Aunque muchos consideran el sistema eléctrico confiable, es necesario realizar una evaluación de calidad de la energía a nivel de los consumidores.

En la red trifásica de suministro la calidad de la energía debe ser confiable y es precisamente ese el objetivo de este tema, el proporcionar la pureza de la calidad en la oferta, lo que implica que no se tenga variaciones de voltaje y/o distorsión en la forma de onda. Hoy en día la demanda eléctrica que se tiene por parte de los consumidores, dan lugar a que se produzca variaciones y perturbaciones en el sistema eléctrico de potencia, haciendo que se de cualquier tipo de cambio en la entrega de potencia, voltaje o corriente en la red, lo que se resume en perturbaciones presentes en la red propiamente dicha. Todos estos tipos de acontecimientos que se señalan, generan problemas que desembocan en un mal servicio de voltaje, corriente o simplemente en una falla que posterior provoca el mal funcionamiento de los equipos eléctricos.

### **2.9.1) Calidad de la energía eléctrica**

Las empresas e industrias en el mundo necesitan de un suministro eléctrico fiable y de buena calidad ya que todas las operaciones comerciales y procesos industriales se controlan con equipos electrónicos e informáticos, es entonces que las cargas importantes están expuestas a variaciones presentes en la red que afectan a la calidad del sistema eléctrico. La productividad y competitividad de las empresas dependen en gran medida de un buen suministro de la calidad de energía, pero, no obstante, es notorio que en el sistema se presenta interrupciones de las que en su mayoría se origina en las mismas instalaciones y estos se reflejan con anomalías en la iluminación, mal funcionamiento en los sistemas computacionales, protecciones que saltan intempestivamente, sobre

calentamientos en los equipos que se esté utilizando, etc. Estas anomalías son efectos típicos y visibles de una falta de calidad en la energía eléctrica. Si esta clase de eventualidades se deja que suceda de forma irrelevante se pueden producir paradas indeseables de la producción, fallos en los equipos de producción e incluso situaciones de riesgo para los operadores de la empresa que se encuentran laborando obligando a excesivo consumo de energía eléctrica. Para garantizar una adecuada productividad y un recorte muy notable en los gastos de consumo energético dentro de una institución es necesario realizar un adecuado y rutinario mantenimiento de las maquinarias e instalaciones, verificando su buen funcionamiento.

### **2.9.2) Conceptos de calidad de la energía eléctrica**

La calidad de la energía eléctrica indica el grado con el que una instalación eléctrica soporta la operación eficiente y fiable de todas sus cargas, pero no obstante en las mismas instalaciones de la empresa o industria se degrada a causa de las perturbaciones que se generan en las mismas instalaciones interiores, pero también suele generarse por perturbaciones externas a la misma. Cuando existe una mala calidad de energía generalmente suele generarse dentro de las propias instalaciones de las empresas o industrias y esto se debe principalmente a las siguientes causas:

- Un excesivo uso de equipos electrónicos informáticos.
- Mayor uso de variadores de velocidad en motores eléctricos.
- Balastos electrónicos en los sistemas de iluminación.
- Utilización de cables bastante largos de longitud y reducida sección.

Con estos antecedentes las perturbaciones que se presentan pueden afectar al sistema eléctrico de varias formas y entre ellas tenemos:

- Ordenadores y sistemas computacionales que se cuelgan o colapsan.
- Los sistemas de iluminación y monitores empiezan a parpadear.
- Se produce un sobre calentamiento de los motores eléctricos.
- Se accionan los sistemas de protección de manera intempestiva.
- Los consumos de energía eléctrica se tornan cada vez más elevadas haciendo que se genere costos relativamente excesivos.

Con estos acontecimientos, el sistema eléctrico puede llegar a dañar los equipos de una industria o empresa cayendo los procesos de producción, haciendo que se pierda la utilidad, disminuyendo los beneficios económicos.

Para evitar que el suministro de energía sea deficiente, es necesario llevar un estricto mantenimiento y supervisión del sistema eléctrico con elementos que están específicamente diseñados a realizar la labor de registrar los parámetros de la calidad de energía, estos harán que permitan identificar el origen de las perturbaciones y diagnosticar el problema correctamente. Las perturbaciones se definen en términos de magnitud y duración, por lo tanto para que cualquier elemento pueda cumplir con su vida útil es necesario que se encuentre dentro de los mejores espacios para cumplir con su funcionamiento.

Para lograr un entendimiento de cómo se debe llevar una correcta Gestión de la Energía Eléctrica, debemos conocer y tener claro algunos conceptos de parámetros que intervienen en la Calidad Eléctrica los cuales se describirán a continuación.

## **2.10) TIPOS DE CARGA**

El uso racional de la energía eléctrica es obtener el máximo rendimiento de la energía consumida y de las instalaciones, garantizando un funcionamiento sin interferencias a los demás usuarios conectados a la red de distribución.

Para juzgar la calidad de la energía de un sistema eléctrico se debe definir un modelo ideal de red. Consiste en tomar en cuenta un sistema trifásico con sus fuentes de tensión alterna senoidales perfectas, que estén perfectamente iguales y desfasadas  $120^\circ$ . Por lo tanto las principales desviaciones de este modelo pueden clasificarse en tres grandes grupos, según afecten: a la frecuencia, la amplitud o a la simetría del sistema trifásico.

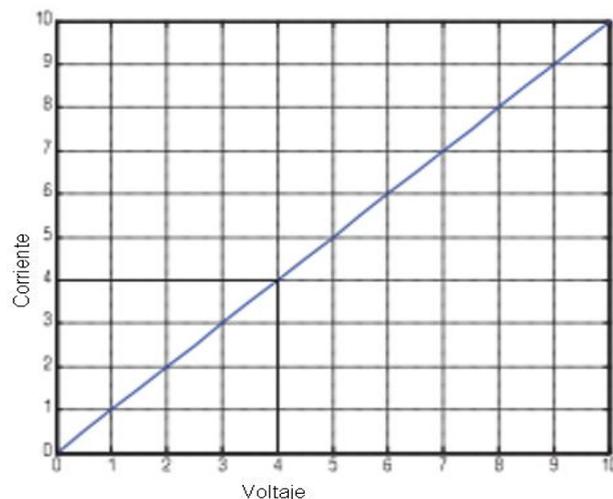
Durante el estudio de las cargas eléctricas, se debe tener claro los tipos de cargas existentes, con el fin de conocer las diferencias entre cada una de ellas. Para explicar cada tipo de carga eléctrica con más detalle se analiza por separado.

### 2.10.1) Cargas lineales

Una carga lineal es aquella, en la que su impedancia no cambia durante el ciclo de voltaje, es decir esto sucede cuando la carga está compuesta por elementos como resistencias, inductancias y capacitancias de valores fijos, lo que hace que con estas características su corriente y voltaje coinciden en fase y frecuencia y tengan una forma de onda sinusoidal.

En condiciones normales la forma de onda de voltaje, es una onda sinusoidal a la frecuencia fundamental, entonces cuando se conecta a una carga lineal a una tensión sinusoidal la corriente siempre genera una onda sinusoidal a la misma frecuencia, en otras palabras una carga lineal no produce corriente distorsionada cuando se conecta a un voltaje sinusoidal, cuando la carga contiene elementos no lineales el circuito puede absorber la corriente en impulsos bruscos en lugar de hacerlo con suavidad, dichos impulsos crean una forma de onda de corriente distorsionada que contiene armónicos.

En la figura 2.1 se tiene tanto voltaje como corriente, en el cual se representa un valor de resistencia fija.



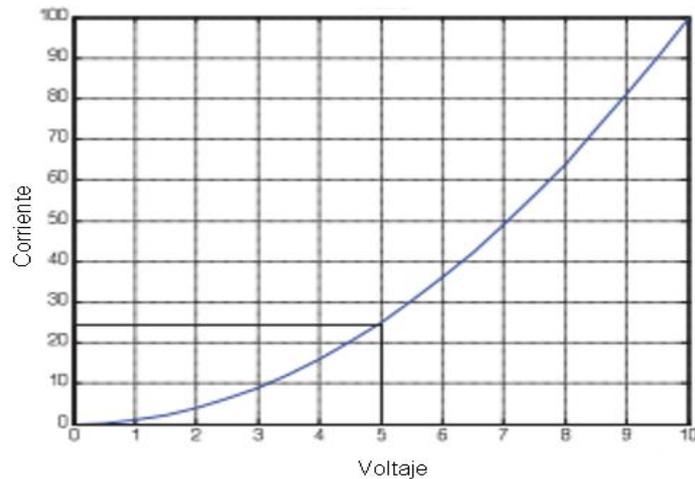
**Figura 2.1:** Comportamiento de la Carga Lineal.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

### 2.10.2) Cargas no lineales

La carga no lineal, es aquella en la que su impedancia varía durante el ciclo de voltaje, es decir la relación entre el voltaje que se aplica y la corriente que demanda una carga no es lineal, es todo lo contrario ya que la forma de onda de corriente no es sinusoidal, por que al momento que pasa por la impedancia del sistema hace que provoque una caída de voltaje y esto implica que no sea una

carga lineal, con este tipo de ondas que se da al no ser sinusoidal y aplicando la ley de ohm para cualquier tipo de cálculos de resistencia para diversos puntos basándose en las formas de onda de voltaje y corriente, se va anotar claramente que el valor de resistencia varia con respecto al voltaje del circuito, es por esta razón que se habla de una carga no lineal.



**Figura 2.2:** Comportamiento No Lineal de la Carga.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

Entre las principales cargas no lineales se tiene; los convertidores estáticos, dispositivos magnéticos, hornos de arco, balastos magnéticos de lámparas de tipo fluorescentes, etc.

En la actualidad se ha ido incrementado e intensificado el consumo de este tipo de cargas no lineales provocando una alta distorsión de corriente, lo que implica efectos negativos al sistema. A continuación se presentan los más comunes.

1. Un excesivo calentamiento de los conductores eléctricos.
2. Presencia de la distorsión en el voltaje.
3. Disminución del rendimiento y la capacidad de funcionamiento de los equipos de distribución eléctrica.
4. Penalizaciones o sanciones económicas que se da por un bajo factor de potencia a utilizar.
5. Presencia de elevados niveles de tensión entre neutro a tierra.
6. Parada intempestiva de los procesos industriales en la producción.
7. Elevados costos de operación y mantenimiento de maquinaria utilizada en la industria.
8. Sobrecalentamiento de los transformadores del sistema eléctrico.

## **2.11) TRANSITORIOS**

Los transitorios son bruscos aumentos de la tensión con duración de milésimas de segundos, pueden destruir los componentes electrónicos de los equipos, bloquear los ordenadores, generar errores en la transmisión de datos digitales o dañar el aislamiento de motores y otros equipos.

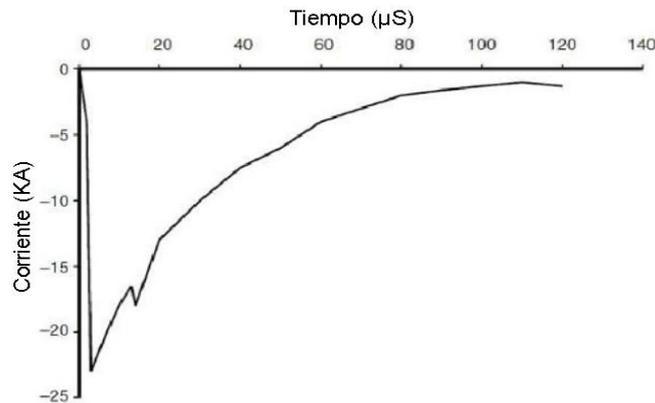
Los transitorios se producen en la conexión y desconexión de grandes equipos o incluso ocasionados por los rayos.

### **2.11.1) Transitorios de voltaje**

A los transitorios de voltaje se los define, como los eventos y sucesos que se dan en instantes de tiempo muy pequeños, que suelen generarse durante la ejecución de maniobras de interruptores, sobre voltajes o fallas que se dan durante una descarga eléctrica atmosférica. Cuando ocurre los transitorios de voltaje, se presenta una particularidad que no mantiene su frecuencia fundamental si no que presenta características de señales de alta frecuencia que son típicas de sobre voltajes, en el estudio de análisis de transitorios de voltaje se los clasifica en dos categorías que son tipo impulsivo y tipo oscilatorio.

### **2.11.2) Transitorios de tipo impulsivo**

El transitorio de tipo impulsivo, se da a causa de los impulsos de las descargas eléctricas atmosféricas, es decir, es de origen netamente atmosférico; el transitorio impulsivo se lo define como el cambio súbito a diferente frecuencia de la fundamental en estado estacionario de voltaje o corriente y a más de ello es unidireccional en la polaridad lo que podría básicamente ser positivo o negativo. Estos tipos de transitorio presentan características que se diferencian del resto, por su elevada magnitud en instantes muy pequeños de duración y a ellos se le suman que se dan tiempos de ascenso y descenso en microsegundos.



**Figura 2.3:** Transitorio de Tipo Impulsivo por descarga eléctrica atmosférica.

Fuente: Tomado de la norma IEEE estándar 1159 de 1995.

### 2.11.3) Transitorios de tipo oscilatorios

Son transitorios que se presentan con características de cambios bastantes bruscos de la tensión, la corriente o en ciertas ocasiones de ambos, incluido en ellos valores de polaridad positiva y negativa, de frecuencia diferente a la de operación. Los transitorios de tipo oscilatorios presenta características típicas, en cuanto a su estructura espectral, duración y magnitud; este tipo de transitorio se clasifica en alta, media y baja frecuencia.

#### ❖ Alta Frecuencia

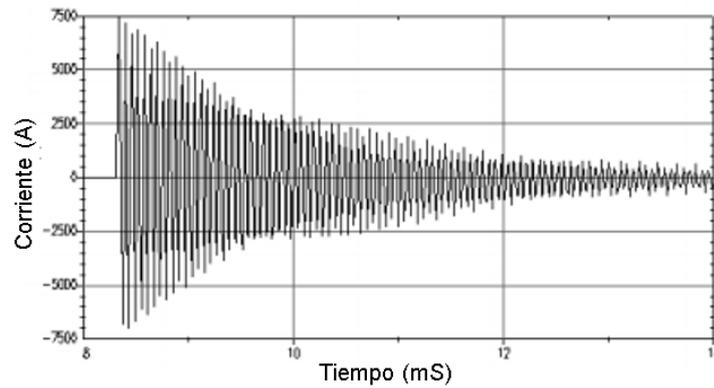
Los transitorios de alta frecuencia, se encuentran en un rango de valores mayores a 500 kHz.

#### ❖ Media Frecuencia

Transitorios de media frecuencia, se caracteriza por tener valores que se encuentran oscilando entre 5 y 500 kHz.

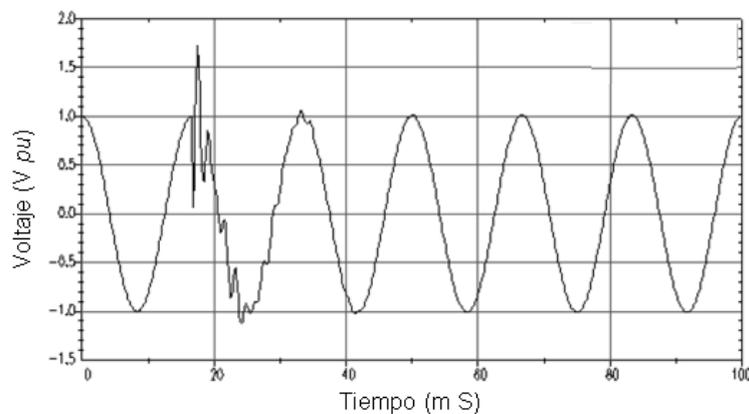
#### ❖ Baja Frecuencia

Finalmente, se tiene transitorios de baja frecuencia, que se encuentran en valores que están por muy inferior a los 5 kHz, con una duración de 0,3 ms a 50 ms, los cuales son considerados como transitorios de baja frecuencia.



**Figura 2.4:** Transitorios de Tipo Oscilatorio.

Fuente: Tomado de la norma IEEE estándar 1159 de 1995.



**Figura 2.5:** Transitorios de Baja Frecuencia.

Fuente: Tomado de la norma IEEE estándar 1159 de 1995.

## 2.12) VARIACIONES EN LA TENSIÓN DE CORTA DURACIÓN

### 2.12.1) Depresiones

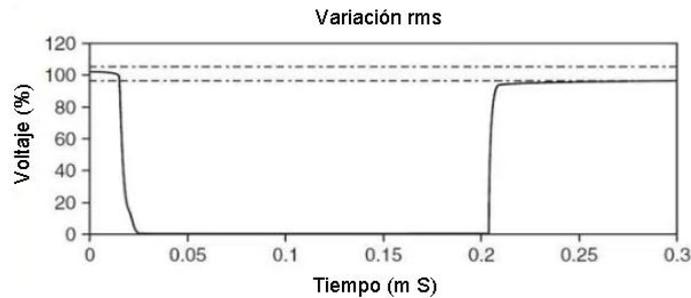
Son conocidas también como huecos de tensión, están estrechamente ligados a fallas que se dan en el sistema, como por ejemplo arranque de grandes motores, energización de cargas relativamente grandes que requieren elevadas corrientes de arranque, energización de grandes transformadores de potencia.

Cuando ocurre la falla, depende del lugar y de las condiciones en las que se presenta la falla, ya que esta puede provocar importantes efectos entre ellas depresiones de voltaje conocidas también como SAG'S, elevaciones de voltaje o SWELLS y la pérdida completa del voltaje conocido como INTERRUPCIONES.



#### 2.12.4) Interrupciones

Las interrupciones es el efecto que se generan a causa de las fallas que se presentan en los sistemas eléctricos de potencia, con fallas en los equipos e irregular funcionamiento en los controles del SEP, haciendo que se detenga la operación de los sistemas eléctricos. Las interrupciones cusan molestias a los usuarios debido a las fallas que provocan por su duración, debido a que la magnitud del voltaje es menor del 10% de la nominal.



**Figura 2.8:** Ejemplo de una Interrupción en un Sistema Eléctrico.

*Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.*

#### 2.13) VARIACIONES DE VOLTAJE DE LARGA DURACIÓN

Las variaciones de voltaje de larga duración pueden ser sobrevoltajes o sub-voltajes, generalmente no son el resultado de fallas del sistema, sino que son causadas por variaciones de carga en el sistema y las operaciones de conmutación del mismo. Tales variaciones se muestran típicamente como diagramas del voltaje rms contra el tiempo, en periodos que exceden por más de 1 minuto.

##### 2.13.1) Sobrevoltajes

Los sobrevoltajes, son eventos en el cual se tienen valores de voltajes que sobrepasan el valor nominal, no están dentro del rango de tolerancia permitidos, generalmente son el resultado de maniobras o conmutación de carga, es decir es el resultado que se da durante la manipulación de los interruptores de potencia para dejar fuera de operación a una carga bastante grande, generalmente, se lo realiza en maniobras de generación del sistema o en variaciones cuando se da la compensación o instalación de banco de capacitores. Los sobrevoltajes resultan porque el sistema es demasiado débil para la regulación de voltaje deseada o los controles de voltaje son inadecuados.

### **2.13.2) Subvoltajes**

Los bajos voltajes son todo lo contrario de los sobre voltajes, son el resultado de conmutar eventos que son opuestos a los que causan sobrevoltajes, por ejemplo, un encendido de carga o una desconexión del banco de condensadores, variaciones en la carga, maniobras de conexión y desconexión que se lo realiza en el sistema eléctrico, puede causar la disminución de voltaje, hasta que el equipo de regulación de voltaje en el sistema pueda volver al voltaje dentro de las tolerancias.

### **2.13.3) Interrupciones sostenidas**

Son las interrupciones causadas por fallas que se dan en el sistema eléctrico de potencia, son cuantificadas por su duración y magnitud en el voltaje, se manifiestan con una interrupción que exceda a 1 minuto, la variación de voltaje de larga duración también se le considera como interrupción sostenida, comúnmente como estas fallas se da a causa de una crisis en la generación, funcionamiento inadecuado de los elementos de control y supervisión en los sistemas eléctricos, etc.

## **2.14) RUIDO ELÉCTRICO**

El ruido o interferencia eléctrica puede definirse como señales eléctricas indeseables que distorsionan o interfieren con una señal original se manifiesta como distorsiones no deseadas en un escenario espectral de banda amplia menor a 200 kHz. El ruido puede ser transitorio (temporal) o constante, causados por sistemas y circuitos de control, hornos de arco, maquinaria que genera arco como por ejemplo soldadoras, punteadoras etc. Al presentarse el ruido eléctrico, trae consigo efectos que inciden directamente en elementos que están conformados por dispositivos de electrónica de potencia, como por ejemplo computadoras, elementos de control programables, laptop, etc.

Una manera de mitigar estos efectos negativos es mediante la implementación de filtros, transformadores de aislamiento y acondicionadores de línea.

### **2.15) VARIACIONES DE FRECUENCIA**

Las variaciones de frecuencia, es fundamentalmente la desviación de la frecuencia fundamental, en el cual los sistemas eléctricos de potencia se encuentran trabajando a su valor nominal, específicamente se suele trabajar a frecuencias ya sea de 50 Hz o de 60Hz dependiendo del sistema en que se encuentre trabajando. Los valores de la frecuencia están asociados a la velocidad de rotación con la que suele trabajar los generadores que aportan al sistema, normalmente existe variaciones en la frecuencia y esto se debe al balance de fluctuación que existe entre las centrales de generación y de la demanda de potencia que existe en el sistema.

### **2.16) HUECOS Y SOBREVOLTAJES**

Un hueco es una reducción brusca de la tensión por debajo del 90% de su valor nominal y puede durar de 10 milisegundos a 1 minuto, los huecos son las perturbaciones más frecuentes y se presentan como fluctuaciones en la iluminación, paradas intempestivas de los variadores de velocidad de los motores, reiniciación de los ordenadores.

Una sobretensión es un incremento súbito de la tensión por encima del 10% de su valor nominal y es por estas sobrevoltajes es que provoca el disparo de las protecciones automáticas dañando a los motores y reduciendo la vida útil de las lámparas de iluminación, generalmente las sobrevoltajes suelen originarse por un descenso de la carga aguas arriba.

### **2.17) DISTORSIÓN ARMÓNICA**

La distorsión armónica es la alteración de la forma de la onda sinodal, tienen frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental que usualmente suele ser 60 Hz. Las formas de onda periódicamente distorsionadas se pueden descomponer en la suma de la frecuencia fundamental y de las formas de onda armónicas si la distorsión armónica se genera o se originan a partir de las características no lineales de los dispositivos y cargas en un sistema de potencia.

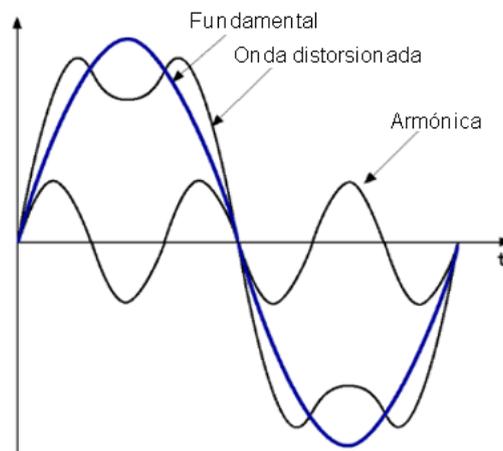
En la actualidad existe una enorme preocupación por los niveles de distorsión armónica que se generan debido al aumento e incorporación de cargas que contienen electrónica de potencia. También hay que señalar que el hierro

saturado, transformadores y maquinas eléctrica, causan corrientes armónicas de tercer orden, entonces, para bloquear el flujo de este tipo de corrientes los transformadores se conectan en delta.

Dispositivos no lineales como ASDs, SMPS, es decir televisores y ordenadores personales causan distorsión armónica en un sistema de potencia. La corriente armónica que pasa a través de la impedancia de un sistema provoca una caída de voltaje para cada armónico, lo que resulta en armónicos de voltaje que aparecen en el punto de acoplamiento, esta cantidad de distorsión depende de la impedancia y la corriente, mientras que los armónicos de corriente de carga causan distorsiones de voltaje, la carga no tiene control sobre esta distorsión, bajo condiciones periódicas de estado estacionario, el voltaje distorsionado y las forma de onda de corriente pueden analizarse examinando los componentes armónicos de las formas de onda.

La distorsión armónica tiene su origen en las cargas que consumen corriente a frecuencias distintas de la frecuencia fundamental (60 Hertz), estos armónicos provocan sobre calentamientos en cables, motores y transformadores, así como también disparos súbitos de interruptores, relés y fusibles, etc.

Para tener una idea clara de cómo afectan los armónicos a la forma de onda fundamental se presenta la figura 2.9.



**Figura 2.9:** Ejemplo de Distorsión de una Onda a causa de los Armónicos.

*Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.*

### 2.17.1) Índices armónicos

La distorsión armónica total (THD), es una medida de valor efectivo de los componentes armónicos de una forma de onda distorsionada. Puede calcularse para distorsión de voltaje o corriente con la ecuación 2.1.

$$\%THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{\max}} F_h^2}}{F_1} \times 100\% \quad (2.1)$$

Donde los parámetros considerados para efectos de regulación, el CONELEC considera desde el armónico 2 hasta el armónico 40.

- *THD*: Factor de distorsión total por armónicos expresados en porcentaje.
- *F<sub>h</sub>*: Valor eficaz (rms) del voltaje armónico “i” (para i = 2, 3, 4....40)
- *F<sub>1</sub>*: voltaje nominal del punto de medición.

El nivel de distorsión causado por componentes armónicos individuales ya sea magnitudes de voltaje o intensidad se expresa como un porcentaje de la magnitud del componente fundamental y se utiliza como medida para observar que armónico contribuye más a la distorsión total. La ecuación 2.2 para su cálculo es la siguiente:

$$\%HD = \frac{F_h}{F_1} \times 100\% \quad (2.2)$$

Por lo tanto, las expresiones en términos de voltaje y corriente quedarían de la siguiente manera.

$$\%V_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2} V_h^2}}{V_1} \times 100\% \quad (2.3)$$

$$\%I_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2} I_h^2}}{I_1} \times 100\% \quad (2.4)$$

$$\%V_{HD} = \frac{V_h}{V_1} \times 100\% \quad (2.5)$$

$$\%I_{HD} = \frac{I_h}{I_1} \times 100\% \quad (2.6)$$

Los armónicos que se encuentran en el sistema eléctrico de potencia suelen ser débiles, debido a que las formas de onda hacen que se cancelen.

### **2.18) DESEQUILIBRIOS**

Al hablar de desequilibrios, se hace referencia a la diferencia entre las tres fases de voltaje de un sistema trifásico. Para que se produzca un equilibrio en tensión es necesario hacer un reparto simétrico de las cargas en las tres fases, ya que un desequilibrio de voltaje de más del 2% puede provocar el fallo prematuro de los motores y otras cargas trifásicas.

### **2.19) FLICKERS**

Los flickers son el parpadeo apreciable en la iluminación incandescente o fluorescente por efecto de la fluctuación periódica de la tensión a frecuencia de hasta 30 Hertz, generalmente los flickers se originan en las cargas que funcionan en un régimen cíclico de arranque y parada.

### **2.20) DEFINICIÓN DE POTENCIA**

La potencia eléctrica es la velocidad a la que la energía eléctrica se convierte en otra forma, como el movimiento, el calor o un campo electromagnético. Se simboliza mediante la letra mayúscula P y la unidad de medida es el vatio (W). Es igual al consumo de energía "E" dividido por el tiempo de consumo t.

$$P = E/t \quad (2.7)$$

- P es la potencia eléctrica en vatios (W).
- E es el consumo de energía en joule (J)
- t es el tiempo en segundos (s).

La potencia eléctrica se divide en potencia instantánea, activa, reactiva y aparente.

#### **✚ Potencia Instantánea**

La potencia instantánea p (t) se define como el producto de la tensión instantánea v (t) y de la corriente instantánea i (t).

$$p (t) = v (t) * i (t) \quad (2.8)$$

### **Potencia Activa**

Es la potencia que se transfiere a la carga y que no regresa durante un tiempo definido, es decir que la potencia activa es el promedio de la oscilación de potencia, está representada mediante la ecuación 2.8.

$$P = \frac{1}{T} \int_{t=0}^T (u(t) * i(t)) dt \quad (2.9)$$

La potencia activa puede ser positiva y negativa dependiendo del signo de P, puede ser “+” o “-”, depende de la dirección del flujo de potencia, la energía activa solo puede ser generada por los mismos componentes frecuentes de voltaje y corriente.

### **Potencia Reactiva**

En la transmisión y distribución de energía eléctrica, el voltampere reactive (VAR) es una unidad por la cual la potencia reactiva se expresa en un sistema de energía eléctrica de CA. La potencia reactiva existe cuando la corriente y el voltaje no están en fase.

Se la define como el producto del voltaje, la corriente y el seno del ángulo de fase entre ellos expresada por la ecuación 2.10.

$$Q = V.I. \text{ sen}\Theta \quad (2.10)$$

La ecuación 2.10 con su letra asignada “Q” representa el valor medio de la potencia que se encuentra alternada entre la carga y la fuente, sin realizar ninguna transferencia de energía neta. La potencia reactiva se ha reconocido como uno de los factores más significativos en el diseño y operación de sistemas de alimentación de corriente alterna, dado que sus impedancias de los componentes de la red son predominantemente reactivas.

La transmisión de potencia reactiva requiere la diferencia en la magnitud de voltaje, entonces la energía reactiva es consumida por la mayoría de elementos y cargas de la red, además de que puede ser suministrada, entonces el control de potencia reactiva es de vital importancia para la estabilidad de un sistema de

energía eléctrica, para una potencia de distribución dada. Minimizar el flujo total de potencia reactiva puede reducir las pérdidas en el sistema lo que puede dar lugar a que se tenga un aumento en la eficiencia del sistema eléctrico.

La potencia reactiva puede tener dos causas:

- Una de ellas puede tener un cambio de fases entre los componentes del voltaje y corriente con la misma frecuencia, haciendo que se provoque que la potencia reactiva de un cambio de fase llamada Qshift, se calcula con la fórmula 2.11.

$$Q_{shift} = \sum_{i=1}^n U_i \cdot I_i \cdot \sin \theta_i \quad dt \quad (2.11)$$

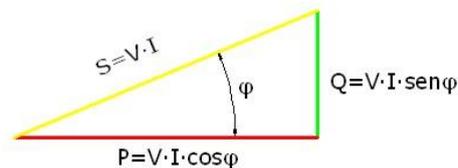
La potencia reactiva de cambio de fase, solo puede ser generada por los mismos componentes frecuentes de voltaje y corriente.

- La combinación de componentes de voltaje y corriente con diferentes frecuencias causa la “distorsión de potencia reactiva”, denominada Qdist.

Para un sistema de corriente alterna, cuando el voltaje y la corriente están en fase, solo se transmite potencia activa, esto significa que la potencia reactiva no se produce ni se consume.

### ✚ Triangulo de Potencias

La figura 2.10 representa el triángulo de potencias, activa (P), Reactiva (Q) y aparente (S).



**Figura 2.10:** Triangulo de Potencias.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

$$Q = \sqrt{|S|^2 - P^2} \quad dt \quad (2.12)$$

## ✚ Potencia Aparente

Se la define como el valor de potencia obtenido en un circuito de corriente alterna, multiplicando el valor eficaz de voltaje y corriente y son precisamente el voltaje y la corriente efectivos entregados a la carga, por lo que la potencia aparente para una fase viene dada por la ecuación 2.13.

$$|S| = |V_{rms}| |I_{rms}| \quad (2.13)$$

Entonces a este producto de V.I se le denomina Potencia Aparente, su símbolo está representada por S y su unidad de medida es el Volt-Ampere (VA).

### 2.21) FACTOR DE POTENCIA

Se denomina factor de potencia a la cociente entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura.

$$\lambda = \frac{|P|}{S} \quad (2.14)$$

Contar con un factor de potencia cercano a la unidad en una instalación eléctrica es de mucha ayuda debido a que mientras se de esta consideración existirá un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica.

En base a lo establecido en la regulación 004/01, el factor de potencia mínimo debe ser de 0.92.

## **CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA GRANJA IRQUIS**

### **3.1) PRESENTACIÓN**

La descripción del sistema eléctrico es fundamental para evidenciar el estado real en que se encuentra la red de medio y bajo voltaje, además de que permite diagnosticar factores de vital importancia que están presentes en la afección del sistema eléctrico y que influye de manera directa en su consumo.

Se evaluará el estado actual de las instalaciones de cada bloque de la granja Irquis de la Universidad de Cuenca, realizando las respectivas mediciones para detectar diversos problemas presentes en la red de distribución de energía eléctrica que permitan identificar problemas que pueden perjudicar el desempeño e incluso dañar de forma parcial o total los equipos conectados a la red de alimentación eléctrica.

Una vez realizadas las mediciones de parámetros de calidad de la energía se diagnosticará el estado actual de la estructura eléctrica para determinar con certeza la condición del sistema a fin de evitar que se produzca desperdicios de energía, averías de equipos eléctricos, así como fallas que pudieran perjudicar la producción y economía.

Con este análisis se definirá las falencias que exista en la red de bajo voltaje y centros de carga instalados en diferentes lugares proporcionando gran información sobre todas las posibilidades de ahorro energético y viabilidad tanto técnica cuanto económica que posea la granja Irquis.

Se dará relevancia a la información recopilada del análisis mencionado con el fin de conocer y detallar cada uno de los cuadros de carga que se tenga, para consecuentemente determinar la demanda máxima diversificada que se tiene en cada tablero de distribución ya que estos permitirán calcular las caídas de voltaje en los diferentes circuitos del mismo y en la red del sistema eléctrico de la edificación. Esta información permitirá obtener datos reales de la carga instalada y demanda máxima.

### **3.2) RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE LA GRANJA IRQUIS**

En la ejecución de la Auditoría de Eficiencia Energética de las instalaciones, se solicitó información referente a los bloques habitacionales e instalaciones eléctricas tomando en consideración los siguientes puntos:

#### **3.2.1) Planos y diagramas tanto estructurales como eléctricos**

Los planos de las instalaciones de la granja Irquis permiten tener una visión clara y general de la distribución del espacio físico, para facilitar la organización con elementos y equipamiento para el análisis.

Los diagramas eléctricos que pueda poseer la granja servirá para la identificación de los tableros y sistemas de distribución en bajo voltaje, con el objetivo de cuantificar la carga eléctrica instalada, a más de ello son un referente en el estudio que permite tener una clasificación de las mismas en función de su utilización que se podría considerar como cargas especiales o no.

#### **3.2.2) Facturas de consumo eléctrico e información básica para realización de mediciones**

La comparación de la factura de energía eléctrica de al menos tres meses proporcionará información acerca de las variaciones que se producen en el consumo, también observar entre otros detalles el tipo de energía utilizada.

Para sustentar las variaciones de consumo que reflejan las facturas, es necesario obtener información acerca de los horarios de funcionamiento de los diferentes equipos instalados, características constructivas de la edificación, principales elementos consumidores de energía, cargas especiales que se encuentren instaladas en el lugar, días en los que se dé el mayor consumo eléctrico y principales problemas que se presenten en la estructura eléctrica.

#### **3.2.3) Visita a las instalaciones de la granja Irquis**

Se coordinó con las autoridades responsables para la inspección a cada uno de los bloques con sus respectivas instalaciones. En estos casos debe existir una persona que esté al frente del sistema eléctrico, pero en esta ocasión fue la excepción ya que el lugar no cuenta con un departamento o persona al frente del mantenimiento eléctrico, la cual proporcione información y datos tanto técnicos como eléctricos.

Al no existir una persona encargada de la parte eléctrica, se coordinó para que se asigne un trabajador que guíe la visita a las instalaciones ya que se tiene que acceder a todos los sectores de la edificación. La idea principal de la visita, es contar con una persona que proporcione la información de cada uno de los bloques de la granja para llevar a cabo una inspección visual de las instalaciones que se encuentren, contrastar la información recopilada de las instalaciones del lugar despejando y aclarando dudas que se suelen generar al momento de realizar la evaluación visual.

También es importante en esta inspección, solicitar permisos respectivos para la toma de fotografías necesarias en el análisis de cada elemento instalado, para de esta manera detectar los posibles problemas y deficiencias que se han ido generando a lo largo del tiempo.

#### **3.2.4) Toma de datos y mediciones**

Al realizar las inspecciones a los diferentes bloques como estaba estructurado, se toma la información relevante, por ejemplo: el horario de clases, tipo de maquinaria que se utiliza, ampliaciones eléctricas que se haya realizado, mantenimiento preventivo o correctivo que se realiza, edad de las instalaciones eléctricas, disponibilidad de elementos de calefacción, etc.

En cada uno de los lugares diagnosticados, se hace referencia a la evaluación de los siguientes procedimientos:

1. Establecer las condiciones del sistema de distribución instalado.
2. Evaluación de los diferentes circuitos de los tableros de distribución con los que cuentan los bloques de la edificación.
3. Contabilización de cada uno de los elementos conectados a la red de bajo voltaje tomando nota de datos principales tales como: marca, modelo, voltaje, corriente, potencia, horario de funcionamiento.
4. Toma de mediciones de tensión y corriente al momento en el que se encontraban conectados los elementos eléctricos.
5. Valoración de los sistemas de protección en los diferentes tableros y puntos de distribución respaldado de fotografías.
6. Identificación de las diferentes cargas especiales con las que cuenta los bloques habitacionales del campus.

7. Registro de maquinarias que se encuentran conectados a la red de bajo voltaje.

### 3.3) EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS

#### 3.3.1) Gps



**Figura 3.1:** Gps Trimble Geoexplorer 3 Pathfinder.

Fuente: [www.trimble.com/mappinggis/pathfinderoffice.aspx](http://www.trimble.com/mappinggis/pathfinderoffice.aspx).

Es un registrador que posee un sistema de recolección y almacenamiento de datos Geo Explorer 3, como se puede apreciar en la figura 3.1, presenta las características de un receptor GPS integrado y un recolector de datos para cartografiar, reubicar y actualizar, se puede utilizar con una fuente en tiempo real de correcciones diferenciales.

Este dispositivo funciona con el software GPS (Pathfinder Office) para la planificación de misiones, transferencia de datos, creación de diccionarios de datos, importación / exportación de datos y post procesamiento. Puede utilizar el sistema de recolección de datos Geoexplorer 3 como receptor móvil o como estación base. También puede recopilar datos de alta precisión utilizando mediciones de fase de portadora GPS.

Utilizando la interfaz de usuario intuitiva, puede navegar, recopilar datos, ver el estado del sistema, la disponibilidad de satélites y controlar el receptor GPS.

El registrador de datos está diseñado para el uso manual en el campo, tiene una antena interna y una fuente de energía, además de un receptor GPS de 12 canales de alto rendimiento y accesorios opcionales como antenas externas o kits de alimentación.

### 3.3.2) Distanciómetro de largo alcance



**Figura 3.2:** Distanciómetro PCE-LRF 600.

*Fuente: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.*

La figura 3.2, muestra un instrumento de medición electrónico que calcula la distancia desde el dispositivo que se está manipulando hasta el elemento del siguiente punto al que se direcciona.

Este equipo es de gran ayuda porque permite determinar grandes distancias a través de su medición por láser visible, tiene la ventaja de visualizar el láser hasta el punto final de medición, pero sobre todo puede llegar a realizar mediciones con un alcance de hasta 800 metros lo que permite facilitar el trabajo optimizando el tiempo.

### 3.3.3) Multímetro



**Figura 3.3:** Multímetro (Elemento de Medición).

*Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.*

El multímetro es un elemento de medición portátil fácil de utilizar de gran ayuda en diferentes ámbitos de la electricidad y la electrónica. Este dispositivo que se observa en la figura 3.3, reagrupa las funciones de un amperímetro (medidor de corriente), de un voltímetro (medidor de voltaje), de un óhmetro (medidor de valor de resistencia), en general permite medir magnitudes eléctricas que ayudan en la evaluación del sistema eléctrico.

### 3.3.4) Distanciómetro (Fluke) para corta alcance



**Figura 3.4:** Distanciómetro (Fluke 414D).

*Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.*

Es un equipo de gran utilidad que facilita el trabajo a la hora de realizar mediciones con distancias menores a 50 metros, su tecnología se basa en un láser para establecer las medidas.

Este dispositivo se destaca por lo sencillo que resulta su manejo y fácil de llevarlo al ser pequeño como se aprecia en la figura 3.4, es muy empleado en levantamientos de medidas para la realización de diseños, utilizado en la industria, en oficios de la construcción, etc.

Este instrumento se empleó al momento de tomar nota de las dimensiones de cada uno de los bloques que conforma la granja para el diseño de los planos eléctricos que hacen falta en la misma.

### 3.3.5) Analizador de red Fluke (435)



**Figura 3.5:** Analizador de Red Fluke (435).

*Fuente: Analizador Trifásico de Energía Fluke (435).*

El Fluke (435) indicado en la figura 3.5, es un analizador de red que está diseñado para el análisis de la Calidad de la Energía Eléctrica, se caracteriza por registrar de forma detallada una serie de parámetros en cargas monofásicas y trifásicas, además de que brinda la facilidad de identificar su magnitud al instante.

Los resultados de los registros se muestran en la pantalla, las funciones de análisis integradas permiten identificar y localizar el origen de las perturbaciones antes de que deriven en problemas mayores. Por otra parte, los analizadores de red se configuran para capturar datos durante un tiempo determinado que el técnico lo considere ideal para su diagnóstico en que se encuentre realizando. Estos registradores ayudan a estudiar las cargas y determinar si el sistema eléctrico podría admitir otras nuevas que se desee integrar al sistema eléctrico que se esté analizando.

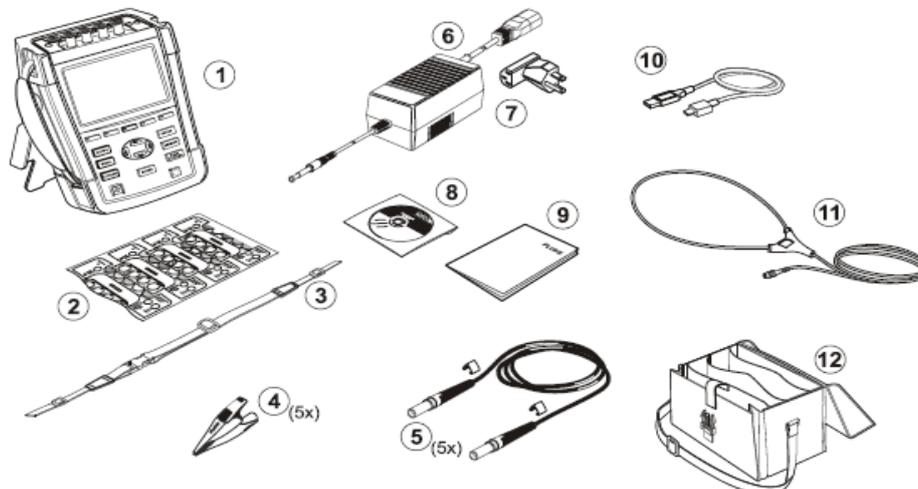
Una vez que se tenga realizado los registros en el tiempo que se haya establecido, se lo puede analizar con tranquilidad desde su hogar ya que este instrumento permite descargar los datos hasta su ordenador para su posterior análisis. El equipo cuenta con datos que se reflejan en gráficos de gran ayuda para interpretar los resultados y ayudar en la determinación del problema.

El analizador fluke (435), está en la capacidad de registrar una serie de parámetros entre los que se incluye:

1. Calidad de voltaje.
2. Captura detallada de huecos y voltajes.
3. Registro de armónicos de voltaje y corriente.
4. Captura de transitorios.
5. Desequilibrios.
6. Potencia activa, reactiva y aparente.
7. Flickers.
8. Valores nominales de voltaje y corriente.
9. Energía activa, reactiva y aparente.
10. Factor de potencia.
11. Registro de otros parámetros como el de frecuencia.

### 3.3.5.1) Principales partes y conexión del analizador de red Fluke (435)

La figura 3.6 presenta las principales partes de las que consta el equipo de medición Fluke (435).



**Figura 3.6:** Partes principales del Analizador de Red 435.

Fuente: Analizador Trifásico de Energía Fluke (435).

La tabla 3.1 describe en detalle cada una de las partes que integra el Analizador de red empleada para el análisis de calidad eléctrica.

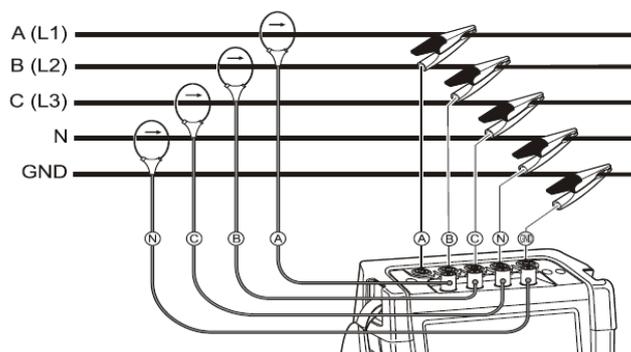
**Tabla 3.1:** Descripción de las partes de Analizador de Red Fluke (435).

Fuente: Analizador Trifásico de Energía Fluke (435).

N.º	Descripción
1	Analizador de Calidad de la Energía Fluke 435, incorporada con correa lateral, juego de baterías BP290 (28 Wh) y tarjeta de memoria SD de 8 GB instalada.
2	Juego de etiquetas para tomas de entrada.
3	Correa.
4	Pinzas de cocodrilo. Juego de 5.
5	Cables de prueba, 2,5 m incorporado con pinzas codificadas con colores. Juego de 5.
6	Adaptador de red.
7	Juego de adaptadores de enchufe de red o cable de alimentación regional.
8	Manual de instrucciones de seguridad.
9	CD-ROM con manuales en varios idiomas, software PowerLog y controladores USB.
10	Cable interfaz USB para conexión al PC (USB a miniUSB B).
11	Sonda de corriente de CA 6.000 A flexible.
12	Estuche de transporte flexible C1740.

### 3.3.5.2) Esquema de conexión del analizador de red Fluke (435)

El esquema 3.7, muestra la realización de la conexión al sistema de distribución eléctrica.



**Esquema 3.7:** Esquema de conexión del Analizador de Red Fluke (435).

*Fuente: Analizador Trifásico de Energía Fluke (435).*

### 3.3.6) Cámara termográfica



**Figura 3.8:** Cámara Termográfica.

*Fuente: [www.fluke.com](http://www.fluke.com).*

La cámara termográfica es muy importante para el análisis de la calidad eléctrica, en la figura 3.8, se aprecia este instrumento que se basa en la radiación de calor, es decir la luz infrarroja de elemento u objeto que se tenga instalado que permite identificar sobre posibles puntos en los cuales se tenga un sobre calentamiento o deterioro de conductores, además permite la detección de falsas conexiones, el sobrecalentamiento de los bornes de conexión que se tengan en los tableros de distribución, tableros de los sistemas de control, bornes de conexión de motores, etc.

La cámara termográfica cuenta con un software que permite el análisis detallado de todas las capturas que se hayan obtenido en el lugar del análisis, con el fin de realizar el estudio y valoración térmico.

Al realizar la valoración con la cámara termografía se debe tomar valores de distancia y emisividad determinados, los cuales en ciertas ocasiones no corresponde con los reales que posteriormente se pueden variar. Ahora existe objetos que al ser analizados presentan una baja emisividad, por lo que reflejarán la energía de objetos que se encuentren cercanos, entonces al suceder esto la energía reflejada de forma adicional se añade a la que por sí mismo transmite el objeto provocando lecturas inexactas, en la tabla 3.2 se observa la emisividad de los materiales más comunes.

**Tabla 3.2:** Descripción de Emisividad de Materiales.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

Material	Temperatura		$\epsilon$	Material	Temperatura		$\epsilon$
Aluminio, laminado brillante	170	°C	0,04	Gujarro	90	°C	0,95
Asbestos	20	°C	0,96	Corcho	20	°C	0,7
Asfalto	20	°C	0,93	Esmeril rojo	80	°C	0,86
Algodón	20	°C	0,77	Cámara de calor, negra anodizada	50	°C	0,98
Hormigón	25	°C	0,93	Cobre, ligeramente mate	20	°C	0,04
Plomo, gris oxidado	20	°C	0,28	Cobre, oxidado	130	°C	0,76
Plomo, muy oxidado	20	°C	0,28	Cobre, pulido	20	°C	0,03
Techo de fieltro	20	°C	0,93	Cobre, negro oxidado	20	°C	0,78
Hielo, brillante	0	°C	0,97	Plásticos (PE,PP,PVC)	20	°C	0,94
Hielo, irregular	0	°C	0,99	Hojas	20	°C	0,84
Hierro, esmerilado	20	°C	0,24	Mármol, blanco	20	°C	0,95
Hierro brillante-grabado	150	°C	0,13	Recubrimiento mínimo de pintura	100	°C	0,93
Hierro con cuero	100	°C	0,8	Latón oxidado	200	°C	0,61
Hierro con láminas de cuero	20	°C	0,77	NATO, verde	50	°C	0,85
Hierro ligeramente oxidado	20	°C	0,61	Papel	20	°C	0,97
Hierro muy oxidado	20	°C	0,85	Porcelana	20	°C	0,92
Tierra cultivada arada	20	°C	0,38	Pizarra	25	°C	0,95
Tierra, arcilla negra	20	°C	0,66	Pintura negra	80	°C	0,97
Tejas	25	°C	0,93	Seda	20	°C	0,78
Yeso	20	°C	0,9	Plata	20	°C	0,02
Vidrio	90	°C	0,94	Acero	200	°C	0,52
Oro, pulido	130	°C	0,02	Acero oxidado	200	°C	0,79
Caucho duro	23	°C	0,94	Arcilla, cocida	70	°C	0,91
Caucho gris blando	23	°C	0,86	Pintura transformadora	70	°C	0,94
Madera	70	°C	0,94	Agua	38	°C	0,67
Zinc blanco (pintura)	20	°C	0,95	Ladrillo, mortero, yeso	20	°C	0,93

### **3.4) DIAGNÓSTICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA**

#### **3.4.1) Red de medio voltaje**

La granja Irquis perteneciente a la Universidad de Cuenca, está ubicada en la parroquia Victoria del Portete, sector el Descanso de Sucre; es alimentada por una red de medio voltaje de 22 KV a través del alimentador 0521. Es decir, el servicio eléctrico llega mediante la Subestación 05 en propiedad de la Empresa Regional Centro Sur EP; a su vez se toma la primera salida del alimentador para llegar a estos predios.

La topología de la red de medio voltaje y bajo voltaje es del tipo aérea, construida por un conductor ACSR calibre #4 con una configuración de 3F4C.

Las estructuras que conforman las redes de medio voltaje están soportadas en postes circulares de hormigón armado de una longitud de once metros; los cuales ya presentan un deterioro debido a sus años de vida y servicio.

Los detalles y especificaciones técnicas de la red de medio y bajo voltaje se pueden observar en el plano eléctrico de levantamiento al presente informe (VER ANEXO 1).

El estado del conductor de la red al momento es regular, lo que lo vuelve propenso a roturas por su deterioro debido al uso y tiempo de utilización. En los sistemas actuales de medio voltaje el menor calibre y tipo de conductor utilizado es el #2 AWG, ACSR.

Las estructuras de soporte de la red son del tipo retención y de paso, las mismas que también presentan un deterioro que a futuro podrían llevar a fallas en el sistema eléctrico y por ende el no suministro de la energía eléctrica a la granja.

#### **3.4.2) Estación de transformación**

La estación de transformación trifásica que actualmente posee la edificación fue implementada en el año 2004, la estructura al momento presenta un estado regular y una falta de mantenimiento como se aprecia en la figura 3.9, por lo que no brinda buena calidad de energía eléctrica, reflejada en flickers, slags, armónicos, factor de potencia bajo e interrupciones del servicio, entre otros que se están presentando continuamente según la información dada por los administradores.



**Figura 3.9:** Transformar Trifásico de la Granja Irquis.  
Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

La estación de transformación instalada corresponde a un transformador trifásico particular en propiedad de la Universidad de Cuenca, se caracteriza por ser de tipo aérea, potencia de 60 KVA que corresponde al número # 2957 P con una relación de transformación de 22KV / 220-127V.

Se encuentra ubicado en la sección central en los interiores de la granja, hasta la misma llega la red de medio voltaje y desde el lado secundario del transformador alimenta actualmente a toda la carga instalada, pasando por un medidor trifásico ELSTER tipo A1RLQ que tiene una protección de 150 A y alimenta a la red de bajo voltaje.

Las condiciones de la estación de transformación son regulares, pero no obstante se puede garantizar la funcionalidad del transformador mencionado en todo momento y es por ello que debería ser sometida a las pruebas estándares para garantizar su uso y vida útil dentro de las edificaciones de la granja para evitar apagones o interrupciones a futuro en la producción de manera intempestiva.

### **3.4.3) Red de bajo voltaje**

La característica de la red de bajo voltaje es del tipo aérea y están constituidos por varios vanos que se encuentran distribuidos en los interiores de la granja, el conductor de la red es del tipo ACSR calibre #4 de arreglo trifásico 3F4C, el mismo se encuentra en mal estado, presenta empalmes que se han venido realizando a lo largo del tiempo debido a que las líneas de red no se encuentran

en óptimas condiciones, por lo que ha sido objeto de roturas por la tensión mecánica que soporta, en estas condiciones puede llevar a futuras fallas en el sistema, además es necesario mencionar que por donde se lleva la red de distribución de bajo voltaje se encuentra expuesta a futuros inconvenientes o cortocircuitos por la abundante vegetación que hay en el lugar y al no disponer de personal que realice el desbroce de la misma, el sistema se vuelve vulnerable a estas exposiciones.

Las estructuras que conforman la red de bajo voltaje son del tipo retención y de paso que también presentan un deterioro en los elementos de aislamiento y sujeción. Las mismas se encuentran ubicadas en postes circulares de nueve metros del tipo hormigón armado los cuales presentan falencias y fisuras producto de los años de utilización.

Las acometidas que se utilizan para alimentar a los diferentes tableros de distribución desde la red de bajo voltaje, se encuentran conectadas de manera manual y en algunos de los casos realizados de manera inadecuada, exponiéndose a que se produzca un calentamiento en el conductor utilizado, por la generación de chisporroteo que se da a causa de la mala conexión.

#### **3.4.4) Sistema de alumbrado público**

El sistema de alumbrado público en la granja está constituido por lámparas de sodio cerrado de 100 W autocontroladas, todas las luminarias en conjunto presentan un estado regular, están sujetas a postes circulares de hormigón armado de nueve metros que se encuentran ubicados a lo largo del sendero que comunica a los diferentes bloques en la edificación de la granja Irquis.

Existen luminarias que no se encuentran funcionando debido a que los focos que en su interior se alojan están dañados o quemados, de la misma manera hay luminarias que permanecen encendidas durante las 24 horas del día causando un consumo de energía eléctrica innecesario que provoca pérdidas y elevados costos en el consumo de energía eléctrica, a esto hay que sumarle puntos de luz (postes) en el que es necesario la instalación de luminarias por la obscuridad que presenta el lugar, pero sobre todo porque se encuentra ubicada en la vía principal que es muy utilizada y transitada por el personal de la misma granja. Por todo lo expuesto, se resume que existen falencias en el sistema de

alumbrado exterior, que es deficiente y no brinda los índices de luminosidad, protección y seguridad en las horas de la noche.

### 3.4.5) Instalaciones interiores en los bloques de la granja Irquis

Los ambientes funcionales de la granja Irquis están constituidos por once bloques los cuales tienen su respectivo centro de carga, los mismos son de tipo bifásico y trifásico de donde nacen los circuitos de iluminación, tomacorrientes y cargas especiales.

La alimentación hacia los tableros de distribución es a través de acometidas, que al momento algunas de ellas se encuentran empalmadas y de manera inadecuada haciendo que no se garantice en todo momento el fluido eléctrico como se puede observar en la figura 3.10. Las acometidas son de tipo dúplex 2x8(8) y triplex 3x8(8) que se distribuyen desde los postes de la red de bajo voltaje y que a su vez alimentan los circuitos internos en los cuales se utilizan conductores tipo Cu de calibre #12 y #14.



**Figura 3.10:** Acometida Empalmada de manera Inadecuada.

*Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.*

Cabe recalcar que existe circuitos que se derivan de la red de bajo voltaje para alimentar algunas cargas especiales que no se encuentran alojadas en interior de los bloques, es decir se encuentran instaladas en la parte exterior o cercanos a los mismos, estas son alimentadas de manera directa con acometidas desde la red de bajo voltaje. La identificación y descripción de las cargas especiales que se encuentran instaladas se las presenta detalladas en el ANEXO 2.

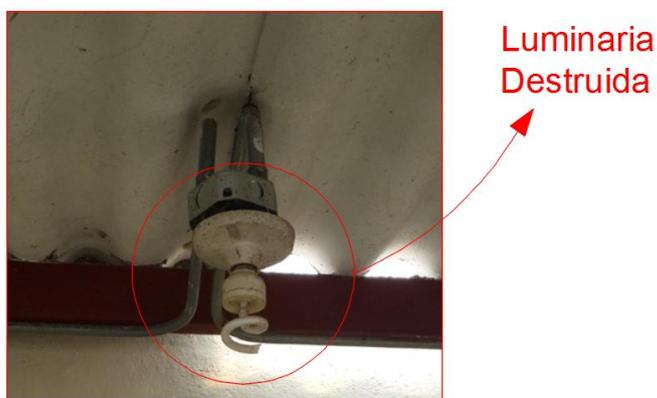
### 3.4.6) Circuitos de iluminación

Los sistemas de iluminación en la granja están constituidos por luminarias que son de tipo fluorescente de 2x17W, 3x17W, 2x32W, 3x32W, 4x32W, 2x40W, se encuentran distribuidos en las aulas de clase, auditorio, laboratorio de embriones, planta de lácteos, planta de balaceados, bar, oficinas administrativas, salas de computación, también se cuenta con la utilización de luminarias con boquilla de focos ahorradores de 13W, 20W, 23W, 27W, y 40W que son utilizados en los cuartos de bodegas, casa de obreros y trabajadores, casa de estudiantes, bloque de ordeño y establos.

En los bloques correspondientes al área de ordeño y establos, bodegas, planta de lácteos y casa de obreros y trabajadores (bloques A, C, F, J y K) que se muestran en los planos eléctricos interiores (VER ANEXO 3), las luminarias prácticamente en algunos casos no existen mientras que en otros está pendiente de los cables boquillas con luminarias rotas en algunos casos y en otros solamente se encuentran los conductores como se puede observar en las fotografías (VER ANEXO 4).

Para el caso de interruptores, algunos se encuentran instalados, otros se encuentran rotos, en desuso o no existen.

Además, se puede observar en la figura 3.11, que en ciertos bloques las luminarias existen y en otros no, es decir, se tiene instalado los puntos de luz, pero no funcionan, ya sea porque el circuito eléctrico no sirve, la luminaria se encuentra quemada, destruida, en mal estado, está fuera de servicio o simplemente no existe. Los puntos de luz son servidos a través de conductores de Cu tipo TW calibre #12 y #14 AWG.



**Figura 3.11:** Luminaria en Mal Estado.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

En resumen, el sistema de iluminación de todos los ambientes de los bloques se encuentra deteriorado, dañado en algunos casos, sin uso, sin funcionalidad y en otros las luminarias y los equipos de maniobra no existen.

#### **3.4.7) Circuitos de fuerza**

Al igual que el sistema de iluminación, el sistema de fuerza nace desde los diferentes centros de distribución con su respectivo circuito y protección. Los tomacorrientes también se encuentran en desuso y en algunos casos no existen o están destruidos e inservibles. La mayoría de tomacorrientes son monofásicos a 127V, pero en los bloques que corresponden a los laboratorios, área de ordeño, planta de lácteos se cuenta con tomacorrientes que tiene salidas trifásicas a 220V.

Los tomacorrientes son del tipo bipolar y tripolar, en el caso de las tomas bipolares que se encuentran conectados, no tienen conexión a tierra al igual que los tomacorrientes tripolares, el conductor que alimenta los puntos de fuerza es del tipo Cu TW calibre #12 AWG.

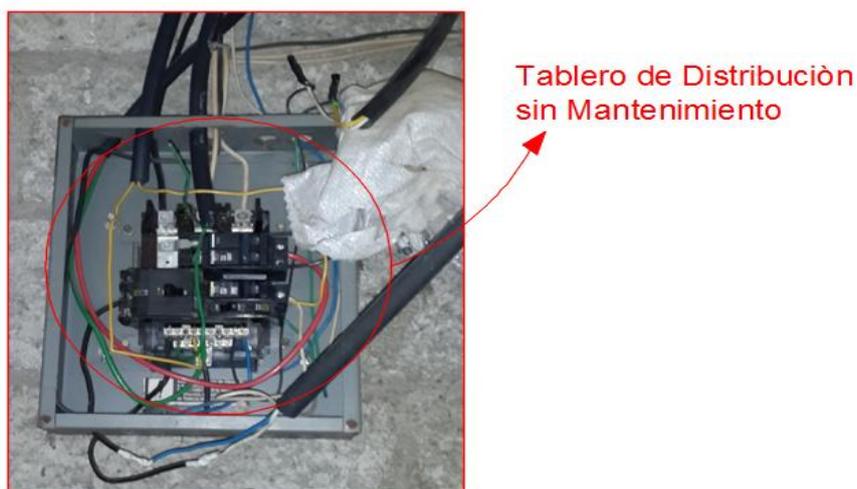
#### **3.4.8) Circuitos de cargas especiales**

Se entiende por circuitos de cargas especiales aquellos que sirven para alimentar cargas como motores, bombas, duchas eléctricas, servidores, etc. En la granja Irquis, existen sobre todo motores que se utilizan con mucha frecuencia para realizar el ordeño del ganado vacuno que alberga el lugar, también se utiliza bombas de agua para el riego, motores utilizados para picar hierba, motores para la mezcla de balanceados que dispone la granja, tanque de frio utilizado para enfriar la leche, tomas de 220V, etc.

Las cargas especiales que se han identificado se encuentran en funcionamiento y cada una tiene su respectivo centro de control, el estado actual que presentan es regular que pueden derivar en cortocircuitos por la exposición a la intemperie en ciertos casos y esto se ha logrado evidenciar en la inspección realizada ya que a los mismos les falta mantenimiento de toda índole como se lo muestra en las fotografías (VER ANEXO 4). Los calibres de los conductores que alimentan a las cargas especiales son de Cu TW calibre #8 AWG.

### 3.4.9) Tableros de distribución

En la mayoría de los casos, los tableros de distribución se encuentran en mal estado como se puede apreciar en la figura 3.12, lo cual indica claramente su falta de mantenimiento, ya que la mayoría de los tableros de distribución no presentan las protecciones adecuadas para los circuitos instalados. Existen centros de carga en el que no existe la presencia de protecciones eléctricas, haciendo que su conexión sea de forma directa, tornándose peligroso para las personas y equipos que son vulnerables en caso de recibir descargas eléctricas, sobrevoltajes, cortocircuitos, que afectan de manera directa a los artefactos eléctricos que se encuentran conectados a la red de distribución eléctrica.



**Figura 3.12:** Tablero de Distribución en Mal Estado.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

## **CAPÍTULO 4: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

### **4.1) INTRODUCCIÓN**

El análisis de eficiencia energética tiene como principal objetivo, facilitar la visualización de resultados y determinar con un grado de certeza las falencias presentes en el sistema eléctrico, con el fin de generar las soluciones respectivas para su posterior implementación y garantizar el pleno funcionamiento acorde a las normas de calidad de la energía eléctrica.

La información recabada se procesó para su exposición en dos partes:

1. La primera contiene el análisis del levantamiento de información relevante sobre la carga que se encuentra instalada. En este apartado se presenta las características eléctricas del sistema.
2. La segunda parte muestra el estudio referente a los parámetros de calidad de energía eléctrica que se realizó en los puntos más sensibles que tienen cargas eléctricas importantes en la red.

### **4.2) ANÁLISIS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO**

Es importante exponer la condición en el que se encuentra el sistema eléctrico, porque la misma permitirá observar el estado en el que se encuentra la red eléctrica.

#### **4.2.1) Levantamiento de carga instalada**

De la información recopilada de cada uno de los bloques que conforman la granja Irquis, se elaboró el cuadro de cargas con el número de circuitos con el que consta cada uno de los tableros de distribución existentes en el lugar. La información respecto a las cargas que se presenta consta de circuitos de iluminación, fuerza y cargas especiales.

En el ANEXO 5, se muestra el cuadro de cargas en el que se detalla los elementos instalados en los diferentes circuitos de iluminación, fuerza y cargas especiales. La identificación de las cargas especiales (VER ANEXO 2) que se encuentra en el cuadro de cargas, así como la localización respectiva en los diferentes bloques de la granja se puede observar en los planos eléctricos interiores (VER ANEXO 3).

La determinación de la demanda máxima diversificada obtenida de los tableros de distribución se la presenta en el ANEXO 6. Para la realización de los cálculos de la demanda se consideró los siguientes factores de diversificación que se presentan en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1:** Tabla de Factores de Demanda.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

Descripción para Factor de Demanda	Valor
Iluminación	0.70
Tomacorrientes	0.35
Circuito de Cargas Especiales	1.00

La tabla 4.2, muestra un resumen de los cuadros de carga y demanda de los tableros de distribución que se obtuvo de los cálculos realizados y de la determinación del levantamiento de carga.

Cabe mencionar que todos los tableros están conectados a la red aérea de bajo voltaje.

**Tabla 4.2:** Tabla de resumen de Cargas y Demandas.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

### Resumen de cuadro de cargas y demanda del tablero general de medición

Tablero	Ubicación	V	CTE	DMNC	DMC	I	Acom	Carga instalada por cada fase		
								L1	L2	L3
TDS1	Bloque A	120	360	126	88	3	2x8(8)	126	0	0
TDS1-1	Bloque A	120	4192	1954	1368	39	1x12(12)	1165	790	0
TDS1-2	Bloque B	120	1976	893	625	18	1x8(8)	0	490	0
TDS2	Bloque C	240	1874	787	551	9	3x8(8)	612	175	175
TDS3	Bloque D	120	4267	2737	1916	42	3x8(8)	537	1500	700
TDS4	Bloque E	240	22708	22708	15896	111	3x8(8)	22708	22708	22708
TDS5	Bloque F	120	3880	2333	1633	38	2x8(8)	833	0	1500
TDS5-1	Bloque F	120	1910	1212	848	19	1x8(8)	1212	0	0
TDS6	Bloque G	120	4730	2711	1898	46	2x8(8)	1661	0	1050
TDS7	Bloque H	120	4179	2525	1768	41	3x8(8)	1000	1700	825
TDS7-1	Bloque H	240	6943	2795	1957	32	2x8(8)	0	2065	1255
TDS7-2	Bloque H	120	5000	2400	1680	49	2x8(8)	1000	1400	0
TDS8	Bloque I	120	4294	2546	1782	42	1x12(12)+14	0	0	2546
TDS9	Bloque J	240	5500	5500	3850	27	2x8(8)	5500	0	5500
TDS9-1	Bloque J	240	11050	11050	7735	54	2x8(8)	10300	0	8750
TDS9-2	Bloque K	120	3152	1296	907	31	2x12(12)	840	456	0
Motores	Bloques J-K	240	7750	7750	5425	38	3x8(8)	7750	2250	7750
Viviendas	Poste Trafo	240	8940	6258	4381	44	3x8(8)	6258	4172	4172
<b>Total (W)</b>			<b>102705</b>	<b>77582</b>	<b>54307</b>			<b>61502</b>	<b>37706</b>	<b>56931</b>

<i>Carga total instalada</i>	102705	Vatios
<i>Demanda máxima no coincidente:</i>	77582	Vatios
<i>Factor de coincidencia:</i>	0,7	
<i>Demanda máxima coincidente:</i>	54307	Vatios
<i>Factor de potencia:</i>	0,9	
<i>Potencia:</i>	60,34	KVA
<i>Estación de transformación existente:</i>	60	KVA

Leyenda: CTE: Carga total instalada en los tableros de distribución (W).

DMNC: Demanda máxima no coincidente (W).

DMC: Demanda máxima coincidente (W).

V: Voltaje (V).

I: Corriente (A).

Acom: Acometida AWG.

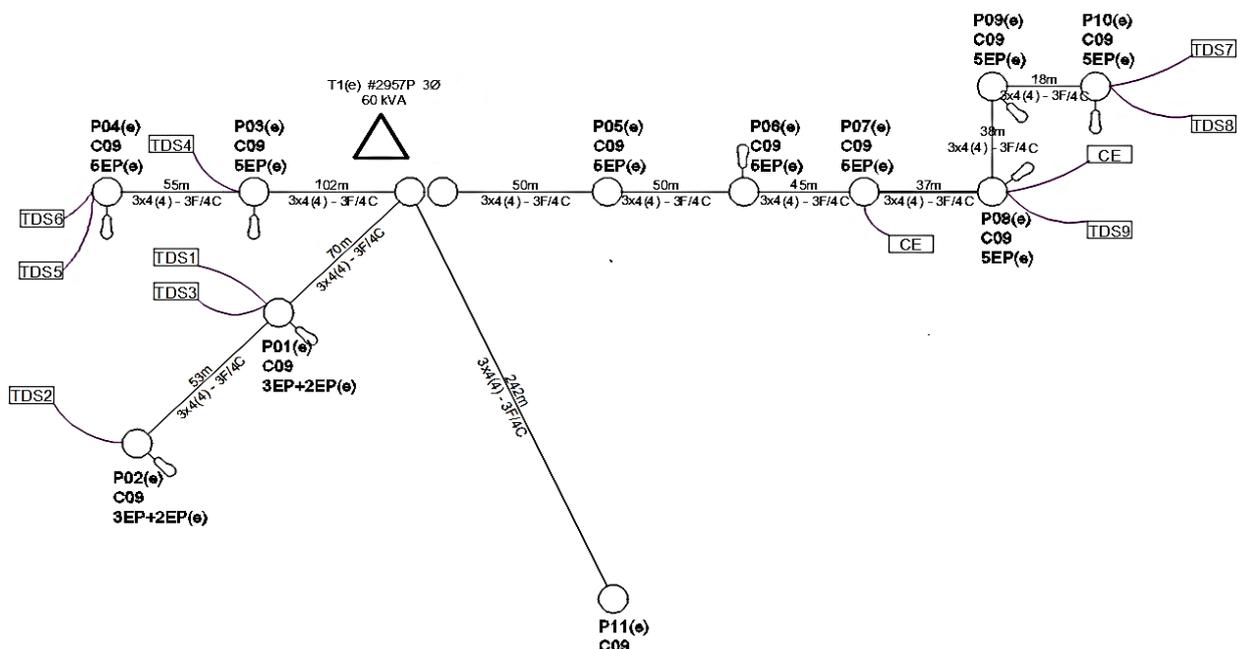
Se determinó también, las caídas de voltaje en los circuitos internos de iluminación, tomacorrientes y cargas especiales, los resultados del cálculo se especifican en el ANEXO 7. A continuación, se presenta la tabla 4.3, en la que se aprecian las caídas de tensión que se determinó en la red existente de bajo voltaje:

**Tabla 4.3:** Tabla de caídas de voltaje en la red de distribución eléctrica.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

Caídas de Voltaje en la Red aérea de Distribución Eléctrica												
Número de Transformador (EERCS)						2957 P						
Voltaje Secundario						220 / 127 V						
Potencia Nominal (KVA)						60						
Red de Bajo Voltaje						3F						
TRAMO		Longit.	No.	Al.Púb.	CARGA	CONDUCTOR				CAÍDA DE TENSIÓN		
Inicio	Fin	(m)	ABON.	(W)	(kva)	No. Fases	AWG	F.D.V	kva x m	PARCIAL	ACUM.	MÁXIMOS
P0	P1	70	3	200	4,79	3	4	297	335	1,13	1,13	
P1	P2	53	1	100	0,58	3	4	297	31	0,10	1,23	1,23
P0	P3	102	3	200	21,33	3	4	297	2176	7,33	7,33	
P3	P4	55	2	100	4,60	3	4	297	253	0,85	8,18	8,18
P0	P5	50	5	400	26,39	3	4	297	1320	4,44	4,44	
P5	P6	50	5	400	26,39	3	4	297	1320	4,44	8,88	
P6	P7	45	5	300	26,39	3	4	297	1188	4,00	12,88	
P7	P8	37	4	300	22,34	3	4	297	827	2,78	15,66	
P8	P9	38	2	200	7,55	3	4	297	287	0,97	16,63	
P9	P10	18	2	100	7,55	3	4	297	136	0,46	17,09	17,09
P0	P11	242	3	0	6,06	3	4	297	1467	4,94	4,94	4,94
<b>DV Máx.</b>												<b>17,09</b>

El esquema 4.1, indica las derivaciones de los vanos del sistema de distribución en bajo voltaje para el cálculo de caídas de tensión.



**Esquema 4.1:** Configuración de la Red de Distribución Eléctrica.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

### 4.3) ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE ENERGÍA

De las mediciones registradas de los parámetros de calidad de energía, se analiza la información con la finalidad de constatar que los mismos estén dentro de los estándares de la regulación (004/01) del CONELEC. Esta regulación específica estándares establecidos que se debe tener claro para interpretar la información registrada.

#### 4.3.1) Regulación No. CONELEC 004/01

##### 4.3.1.1) Calidad del producto

Los aspectos técnicos de la calidad del producto a ser monitoreados son; el nivel en bajo voltaje, factor de potencia, flickers, armónicos de voltaje (THDv), armónicos de corriente (THD A).

##### 4.3.1.2) Nivel de voltaje

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.

Para la selección de los puntos en donde se realice el registro de parámetros de calidad de energía se considerarán, los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema.

El registro en cada punto de medición se efectúa durante un período de 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos, el incumplimiento será cuando durante un 5 % o más del período de medición se suministra infringiendo los límites del voltaje. Las variaciones de voltaje se encuentran especificadas en la tabla 4.4, son admitidos con respecto al valor del voltaje nominal.

**Tabla 4.4:** *Tabla de Variaciones de Voltaje respecto al Voltaje nominal.*

*Fuente: Regulación. CONELEC 004/01.*

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

#### **4.3.1.3) Flicker (perturbaciones)**

Para efectos de la evaluación de la calidad en cuanto al flicker se considerará el Índice de Severidad por Flicker de Corta Duración (Pst), en intervalos de medición de 10 minutos. El índice de severidad del Flicker (Pst), en el punto de medición respectivo no debe superar la unidad. Se considera el límite Pst = 1 como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia el ojo humano en una muestra específica de población. Se considerará que el suministro de electricidad no cumple con el límite admisible arriba señalado, en cada punto de medición si las perturbaciones se encuentran fuera del rango de tolerancia establecido en este numeral por un tiempo superior al 5 % del período de medición de 7 días continuos.

#### **4.3.1.4) Factor de potencia**

Dentro de los valores que hacen referencia al factor de potencia, si en el 5% o más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad que se especifica, ya que el valor mínimo admitido es de 0,92. Si se tiene un valor que este por debajo

del mencionado, este está sometido a la penalización que rigen en los estándares de calidad de energía eléctrica.

#### 4.3.1.5) Armónicos.

Los armónicos son ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz. Las mediciones que se realicen deber ser ejecutada por dispositivos analizadores de red de distorsiones armónicas de voltaje de acuerdo a los procedimientos especificados. La tabla 4.5 presenta el orden de preponderancia armónica con los límites de tolerancia especificados que se enmarcan en los estándares de calidad.

**Tabla 4.5:** Tabla de Tolerancia de Armónicos de Voltaje (THDv).

Fuente: Regulación. CONELEC 004/01.

ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA Y THD	TOLERANCIA [Vi'] o [THD'] (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40kV (otros puntos)	V <= 40 kV (trafos. de distribución)
<b>Impares no múltiplos de 3</b>		
5	2	6
7	2	5
11	1,5	3,5
13	1,5	3
17	1	2
19	1	1,5
23	0,7	1,5
25	0,7	1,5
> 25	$0,1 + 0,6 * 25/n$	$0,2 + 1,3 * 25/n$
<b>Impares múltiplos de tres</b>		
3	1,5	5
9	1	1,5
15	0,3	0,3
21	0,2	0,2
Mayores de 21	0,2	0,2
<b>Pares</b>		
2	1,5	2
4	1	1
6	0,5	0,5
8	0,2	0,5
10	0,2	0,5
12	0,2	0,2
Mayores a 12	0,2	0,5
<b>THD</b>	<b>3</b>	<b>8</b>

En base a lo establecido en la regulación 004/01 emitida por el CONELEC, se elaboró un resumen de parámetros de calidad con los límites permisibles que se presenta en la tabla 4.6.

**Tabla 4.6:** *Tabla de Resumen de Parámetros de Calidad (Regulación 004/01).*

*Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.*

<b>Parámetros analizados (Regulación CONELEC 004/01)</b>	
Niveles de Voltaje	Del registro de mediciones el 5% no debe exceder el 13 % de voltaje nominal.
Factor de Potencia	El mínimo valor de factor de potencia es 0.92, por lo tanto del registro de mediciones, el 5% no debe encontrarse por debajo de este valor.
Flickers	Se considera el límite Pst = 1, y no debe sobrepasar el 5% del periodo de medición.
Armónicos (THDv)	El 5% de los registros del índice de THDv no debe exceder el 8 %.
Armónicos de Voltaje de Preponderancia de Orden 3, 5 y 7	El límite de distorsión de voltaje no debe superar el 3 %.

### 4.3.2) Análisis de armónicos de corriente

La Norma IEEE 519 (1992), trata principalmente los armónicos introducidos por cargas no lineales, con la finalidad de prevenir los problemas de calidad de potencia. Los parámetros establecidos se especifican en la tabla 4.7.

**Tabla 4.7:** *Tabla de Límites de Distorsión de Corriente.*

*Fuente: IEEE 519 (1992)*

<b>Límites de Distorsión Actuales para los Sistemas de Distribución General (120V a 69KV)</b>						
<b>Máxima Distorsión de la Corriente Armónica en Porcentaje de la IL (Ordenación Armónica Individual (Armónico Impar))</b>						
<i>Isc/IL</i>	<i>&lt;11</i>	<i>11Sh &lt;17</i>	<i>17Sh &lt;23</i>	<i>23Sh &lt;35</i>	<i>34Sh</i>	<i>TDD</i>
<b>&lt; 20</b>	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
<b>20 &lt; 50</b>	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
<b>50 &lt; 100</b>	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
<b>100&lt;1000</b>	15.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
<b>&gt;1000</b>	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

*Isc = Corriente de Cortocircuito Máxima.*  
*IL = Corriente Máxima de Demanda*

#### **4.4) EVALUACIÓN DE CALIDAD DE ENERGÍA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO**

El registro de calidad de energía se lo realizó con el analizador de red (fluke 435), se especificaron tres puntos sensibles para el análisis que son; Transformador Trifásico, tablero de distribución del Tanque de Frio y Ordeño y finalmente el tablero de distribución del Laboratorio de Embriones y Oficinas.

En los casos mencionados, se realizó la programación del equipo de medición para que registre los siguientes parámetros:

- Voltaje
- Corriente
- Frecuencia
- Potencia Activa
- Potencia Reactiva
- Potencia Aparente
- Energía Activa
- Energía Reactiva
- Energía Aparente
- Flicker
- Armónicos

Para el caso del Transformador Trifásico se fijó el registro de parámetros por el tiempo de 7 días en intervalos de diez minutos, mientras que para la evaluación de las cargas que conforman el Tanque Frio y Laboratorio, la medición se estableció con un periodo mínimo de dos días con intervalos de tiempo de diez minutos.

##### **4.4.1) Resultados del registro en el transformador**

En la granja Irquis el transformador recibe una alimentación trifásica, por lo que la medición se efectuó en cada una de las fases. La tabla 4.8 muestra los resultados de datos obtenidos del analizador de red (fluke 435); se compara si los valores están dentro del rango permitido y cumplen con la norma establecida.

**Tabla 4.8:** Tabla de Parámetros de Calidad registrados en el Transformador Trifásico.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

VOLTAJE						
Fases	Valor Nominal (V)	Mediciones Realizadas			% Dentro de la norma	Cumple
		Total Mediciones	Dentro de la Norma	Fuera de la Norma		
A	127	1007	1007	----	100	Si
B	127	1007	1007	----	100	Si
C	127	1007	1007	----	100	Si
FLIKERS						
Fases	Mediciones Realizadas			% Dentro de la norma	Cumple	
	Total Mediciones	Dentro de la Norma	Fuera de la Norma			
A	1008	1001	7	99.31	Si	
B	1008	1004	4	99.60	Si	
C	1008	1000	8	99.21	Si	
FACTOR DE POTENCIA						
Fases	Mediciones Realizadas			% Dentro de la norma	Cumple	
	Total Mediciones	Dentro de la Norma	Fuera de la Norma			
A	1008	439	569	43.55	No	
B	1008	798	210	79.16	No	
C	1008	607	401	60.22	No	
ARMÓNICOS DE VOLTAJE (THDv)						
Fases	Mediciones Realizadas			% Dentro de la norma	Cumple	
	Total Mediciones	Dentro de la Norma	Fuera de la Norma			
A	1008	1007	1	99.90	Si	
B	1008	1007	1	99.90	Si	
C	1008	----	1007	0	No	

En el transformador los parámetros de calidad de energía (nivel de voltaje, flicker y armónicos de voltaje (THDv)), están dentro de los rangos permitidos y cumplen con estándares de acuerdo a la regulación establecida.

Sin embargo, el factor de potencia no se encuentra dentro del nivel recomendado que es de 0,92.

En el registro de parámetros de calidad de energía, adicionalmente se presenta los registros de Potencias y Energías totales registradas en el transformador trifásico.

**Tabla 4.9:** Tabla de registro de Potencias y Energías totales en el Transformador Trifásico.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

REGISTRO DE POTENCIAS TOTALES EN EL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO								
POTENCIA ACTIVA TOTAL (kW)			POTENCIA APARENTE TOTAL (kVA)			POTENCIA REACTIVA TOTAL (kVAR)		
Marca	Frecuencia de la Marca	Frecuencia Relativa de la Marca %	Marca	Frecuencia de la Marca	Frecuencia Relativa de la Marca %	Marca	Frecuencia de la Marca	Frecuencia Relativa de la Marca %
1343	331	32,84%	1985	433	42,96%	452,5	522	51,79%
2489	353	35,02%	3715	327	32,44%	1337,5	148	14,68%
3635	152	15,08%	5445	111	11,01%	2222,5	195	19,35%
4781	41	4,07%	7175	6	0,60%	3107,5	11	1,09%
5927	5	0,50%	8905	1	0,10%	3992,5	3	0,30%
7073	42	4,17%	10635	39	3,87%	4877,5	45	4,46%
8219	45	4,46%	12365	47	4,66%	5762,5	50	4,96%
9365	28	2,78%	14095	27	2,68%	6647,5	26	2,58%
10511	9	0,89%	15825	15	1,49%	7532,5	5	0,50%
11657	2	0,20%	17555	2	0,20%	8417,5	3	0,30%
REGISTRO DE ENERGÍAS TOTALES EN EL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO								
ENERGIA ACTIVA TOTAL (kWh)			ENERGIA APARENTE TOTAL (kVAh)			ENERGIA REACTIVA TOTAL (kVARh)		
Marca	Frecuencia de la Marca	Frecuencia Relativa de la Marca %	Marca	Frecuencia de la Marca	Frecuencia Relativa de la Marca %	Marca	Frecuencia de la Marca	Frecuencia Relativa de la Marca %
26431	97	9,62%	37117	106	10,52%	13937,15	111	11,01%
79119	78	7,74%	111145	71	7,04%	41727,45	72	7,14%
131807	106	10,52%	185173	107	10,62%	69517,75	109	10,81%
184495	110	10,91%	259201	112	11,11%	97308,05	110	10,91%
237183	81	8,04%	333229	80	7,94%	125098,35	85	8,43%
289871	99	9,82%	407257	101	10,02%	152888,65	94	9,33%
342559	108	10,71%	481285	107	10,62%	180678,95	115	11,41%
395247	90	8,93%	555313	98	9,72%	208469,25	131	13,00%
447935	126	12,50%	629341	113	11,21%	236259,55	69	6,85%
500623	113	11,21%	703369	113	11,21%	264049,85	112	11,11%

En la tabla 4.9 se presenta un resumen del análisis de las potencias obtenidas con elemento analizador de red (fluke 435), considerando que se obtuvo un número considerable de mediciones, se evaluó mediante un análisis de frecuencias tomando intervalos de valores medios y observando cómo se desarrolla el comportamiento, es decir el número de veces que se repetía en ese intervalo, de la misma manera obteniendo el porcentaje de cada frecuencia estadística.

#### 4.4.2) Resultados del registro en el tablero de distribución del tanque frío y ordeño

El Tanque Frío y Ordeño al ser una carga que es de uso diario es considerada sensible, por lo que para este caso se realizó las mediciones de armónicos de voltaje (THDv) de orden 3, 5 y 7. Los resultados se muestra en la tabla 4.10, en donde se observa que los parámetros evaluados de voltaje, armónicos de voltaje (THDv), armónicos de voltaje de preponderancia de orden 3, 5 y 7, se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos, no así es el caso de los parámetros de flickers y factor de potencia que se encuentra por debajo del rango estipulado.

**Tabla 4.10:** Tabla de Parámetros de Calidad registrados en el Tanque de Frío y Ordeño.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

VOLTAJE						
Fases	Valor Nominal (V)	Mediciones Realizadas			% Dentro de la norma	Cumple
		Total Mediciones	Dentro de la Norma	Fuera de la Norma		
A	120	288	288	----	100	Si
B	120	288	288	----	100	Si
FLIKERS						
Fases	Mediciones Realizadas			% Dentro de la norma	Cumple	
	Total Mediciones	Dentro de la Norma	Fuera de la Norma			
A	288	----	288	0	No	
B	288	238	50	82.64	No	
FACTOR DE POTENCIA						
Fases	Mediciones Realizadas			% Dentro de la norma	Cumple	
	Total Mediciones	Dentro de la Norma	Fuera de la Norma			
A	288	123	165	42.71	No	
B	288	8	280	2.78	No	

ARMÓNICOS DE VOLTAJE (THDv)						
Fases	Mediciones Realizadas			% Dentro de la norma	Cumple	
	Total Mediciones	Dentro de la Norma	Fuera de la Norma			
A	288	288	----	100	Si	
B	288	288	----	100	Si	
ARMÓNICOS DE VOLTAJE (THDv DE ORDEN 3, 5 Y 7)						
Fases	Mediciones Realizadas				% Dentro de la norma	Cumple
	Orden de Armónico	Total Mediciones	Dentro de la Norma	Fuera de la Norma		
A	3	288	288	----	100	SI
	5	288	288	----	100	SI
	7	288	288	----	100	SI
B	3	288	288	----	100	SI
	5	288	288	----	100	SI
	7	288	288	----	100	SI

#### 4.4.2.1) Cálculo de la corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) y análisis de armónicos en el tanque frio.

Para el análisis de la corriente de cortocircuito se consideró los datos de la tabla 4.2 de cargas y demandas del tablero general de medición para el conductor que sirve de alimentación al tablero de distribución TDS9-1 del bloque J (VER ANEXO 3), la instalación cuenta con un calibre de conductor número 8, con resistencia de  $0.00214 \Omega/m$ . En el análisis se consideró una longitud de 25 metros, por lo tanto al multiplicar la resistencia del conductor por la distancia de la falla se obtiene un valor de resistencia de  $0.0543 \Omega$ .

$$I_{sc} = \frac{\text{Voltaje}}{\text{Resistencia}} \quad (4.1)$$

$$I_{sc} = \frac{120 V}{0.0543 \Omega} \quad (4.2)$$

$$I_{sc} = 2209.9 A \quad (4.3)$$

De la misma manera se tomó el valor de la carga del TDS 9 que se presenta en la tabla 4,2, de donde se obtiene una corriente de carga de 27 Amperios. Por lo tanto, la relación de las corrientes se presenta de la siguiente manera:

$$\frac{I_{sc}}{IL} = \frac{2209.9 A}{27 A} \quad (4.4)$$

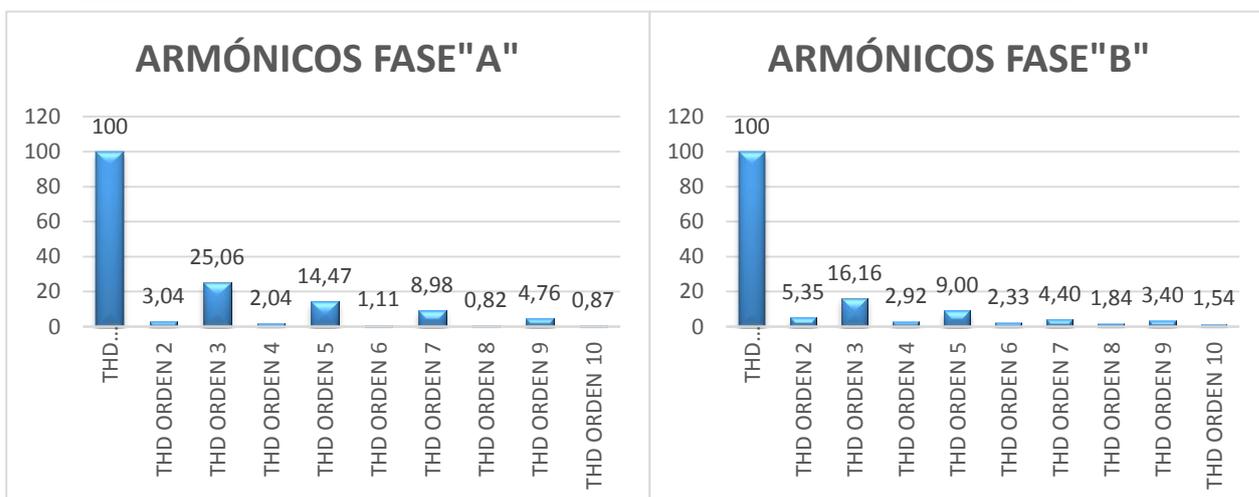
$$\frac{I_{sc}}{IL} = 81.84 \quad (4.5)$$

Observando la tabla 4,7 de los límites de distorsión de corriente, el valor obtenido se encuentra entre 50 y 100, debido a que el número de armónicos medidos son no más de el de onceavo orden tenemos que el porcentaje de los armónicos no debe superar el 10%. En la tabla 4.11 se indica la evolución de los armónicos de corriente que se registran y presentan desde la preponderancia de armónicos de orden 2 hasta la preponderancia de armónicos de orden 10. También se puede observar en la figura 4.2 la tendencia que alcanza cada uno de los armónicos evaluados.

**Tabla 4.11:** Tabla de Armónicos de Corriente registrados en el Tanque Frio y Ordeño.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

	Armónicos Fase "A"	Armónicos Fase "B"
THD A Fundamental	100 %	100 %
THD A. Orden 2	3,04 %	5,35 %
THD A. Orden 3	25,06 %	16,16 %
THD A. Orden 4	2,04 %	2,92 %
THD A. Orden 5	14,47 %	9,00 %
THD A. Orden 6	1,11 %	2,33 %
THD A. Orden 7	8,98 %	4,40 %
THD A. Orden 8	0,82 %	1,84 %
THD A. Orden 9	4,76 %	3,40 %
THD A. Orden 10	0,87 %	1,54 %



**Figura 4.2:** Armónicos de corriente Fase A y B en el Tanque Frio.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

Los cálculos realizados permitirán conocer cuál de los armónicos está afectando el normal funcionamiento del sistema y de los equipos. Es notorio que los armónicos de preponderancia de orden 3 y 5 de la fase A y el armónico de preponderancia de orden 3 de la fase B no se encuentran cumpliendo las normas establecidas.

#### 4.4.2.2) Presentación de resultados del registro de potencias y energía totales

La tabla 4.12 presenta un resumen de los valores registrados de las Potencias y Energías en el tablero de distribución del Tanque de Frío.

**Tabla 4.12:** Tabla de registros de Potencias y Energías totales en el Tanque Frío y Ordeño.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

REGISTRO DE POTENCIAS TOTALES EN EL TANQUE FRÍO Y ORDEÑO								
POTENCIA ACTIVA TOTAL (kW)			POTENCIA APARENTE TOTAL (kVA)			POTENCIA REACTIVA TOTAL (kVAR)		
Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %
459	137	47,57%	688,5	144	50,00%	305	145	50,35%
1297	16	5,56%	1885,5	10	3,47%	935	11	3,82%
2135	80	27,78%	3082,5	83	28,82%	1565	80	27,78%
2973	12	4,17%	4279,5	8	2,78%	2195	9	3,13%
3811	2	0,69%	5476,5	3	1,04%	2825	3	1,04%
4649	3	1,04%	6673,5	3	1,04%	3455	3	1,04%
5487	14	4,86%	7870,5	8	2,78%	4085	7	2,43%
6325	14	4,86%	9067,5	18	6,25%	4715	20	6,94%
7163	2	0,69%	10264,5	4	1,39%	5345	8	2,78%
8001	8	2,78%	11461,5	7	2,43%	5975	2	0,69%
REGISTRO DE ENERGIAS TOTALES EN EL TANQUE FRIO Y ORDENO								
ENERGIA ACTIVA TOTAL (kWh)			ENERGIA APARENTE TOTAL (kVAh)			ENERGIA REACTIVA TOTAL (kVARh)		
Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %
4290,3	70	24,31%	6188,9	69	23,96%	3171,25	69	23,96%
12244,9	10	3,47%	17636,7	11	3,82%	8995,75	10	3,47%
20199,5	25	8,68%	29084,5	23	7,99%	14820,25	22	7,64%
28154,1	31	10,76%	40532,3	32	11,11%	20644,75	34	11,81%
36108,7	20	6,94%	51980,1	19	6,60%	26469,25	17	5,90%
44063,3	63	21,88%	63427,9	65	22,57%	32293,75	67	23,26%
52017,9	7	2,43%	74875,7	7	2,43%	38118,25	8	2,78%
59972,5	20	6,94%	86323,5	20	6,94%	43942,75	20	6,94%
67927,1	32	11,11%	97771,3	32	11,11%	49767,25	31	10,76%
75881,7	10	3,47%	109219,1	10	3,47%	55591,75	10	3,47%

#### 4.4.3) Resultados del registro en el tablero de distribución del laboratorio de embriones y oficinas

Los resultados correspondientes a los parámetros de voltaje, armónicos de voltaje (THDv), THDv de preponderancia de orden 3, 5 y 7 registrados, no presentan problemas referentes al cumplimiento de normativas de calidad eléctrica establecidos, pero por el contrario los flickers y factor de potencia se encuentran fuera de los límites permisibles como se indica en la tabla 4.13.

**Tabla 4.13:** Tabla de Parámetros de Calidad registrados en el Laboratorio de Embriones.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

VOLTAJE						
Fases	Valor Nominal (v)	Mediciones Realizadas			% Dentro de la norma	Cumple
		Total Mediciones	Dentro de la Norma	Fuera de la Norma		
A	120	288	288	----	100	Si
B	120	288	288	----	100	Si
FLIKERS						
Fases	Mediciones Realizadas			% Dentro de la norma	Cumple	
	Total Mediciones	Dentro de la Norma	Fuera de la Norma			
A	288	----	288	0	No	
B	288	----	288	0	No	
FACTOR DE POTENCIA						
Fases	Mediciones Realizadas			% Dentro de la norma	Cumple	
	Total Mediciones	Dentro de la Norma	Fuera de la Norma			
A	288	149	139	51.74	No	
B	288	21	267	7.29	No	
ARMÓNICOS DE VOLTAJE (THDv)						
Fases	Mediciones Realizadas			% Dentro de la norma	Cumple	
	Total Mediciones	Dentro de la Norma	Fuera de la Norma			
A	288	288	----	100	SI	
B	288	288	----	100	SI	
ARMÓNICOS DE VOLTAJE (THDv DE ORDEN 3, 5 Y 7)						
Fases	Mediciones Realizadas				% Dentro de la norma	Cumple
	Orden de Armónico	Total Mediciones	Dentro de la Norma	Fuera de la Norma		
A	3	288	288	----	100	SI
	5	288	288	----	100	SI
	7	288	288	----	100	SI
B	3	288	288	----	100	SI
	5	288	288	----	100	SI
	7	288	288	----	100	SI

#### 4.4.3.1) Cálculo de la corriente de cortocircuito (isc) y análisis de armónicos en el laboratorio de embriones

Para el análisis de la corriente de cortocircuito se tiene que considerar las tablas de cargas y demandas del tablero general de medición para obtener el calibre el conductor con el que se encuentra conectado, la instalación cuenta con un calibre de conductor número 8, con una resistencia de 0.00214  $\Omega$ /m. para el análisis consideraremos una longitud de 25 metros, por lo tanto obtenemos que al multiplicar la resistencia del conductor por la distancia de la falla se obtiene un valor de resistencia de 0.0543  $\Omega$ .

$$I_{sc} = \frac{\text{Voltaje}}{\text{Resistencia}} \quad (4.6)$$

$$I_{sc} = \frac{120 V}{0.0543 \Omega} \quad (4.7)$$

$$I_{sc} = 2209.9 A \quad (4.8)$$

Del cuadro de cargas y demanda del tablero general de medición, se tomó el valor de la carga del TDS7-2, de donde se obtiene la corriente de carga que es de 49 Amperios. Por lo tanto la relación de las corrientes se presenta de la siguiente manera:

$$\frac{I_{sc}}{IL} = \frac{2209.9 A}{49 A} \quad (4.9)$$

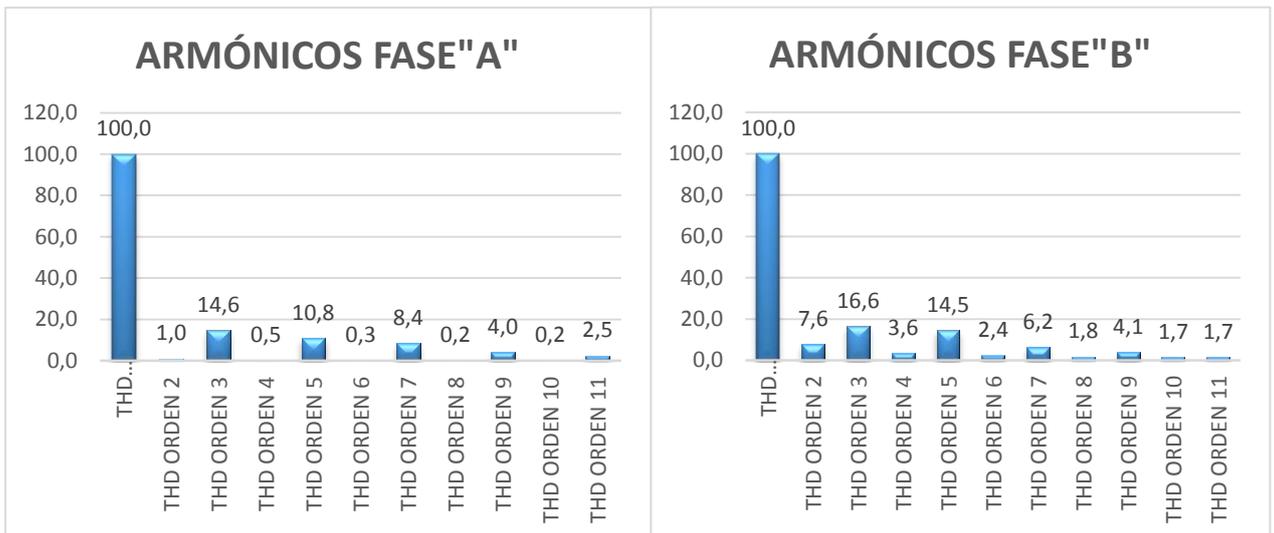
$$\frac{I_{sc}}{IL} = 45.1 \quad (4.10)$$

Observando la tabla 4.7, el valor obtenido se encuentra entre 20 y 50, debido a que el número de armónicos medidos son no más de el de onceavo orden, tenemos que el porcentaje de los armónicos no debe superar el 7%. En la tabla 4.14 se muestra la evolución de los armónicos de corriente que se desarrollaron y presentan desde la preponderancia de armónicos de orden 2 hasta la preponderancia de armónicos de orden 11. También se observa en la figura 4.3 la tendencia que alcanza cada uno de los armónicos evaluados.

**Tabla 4.14:** Tabla de Armónicos de Corriente registrado en el Laboratorio de Embriones.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

	Armónicos Fase "A"	Armónicos Fase "B"
THD A. Fundamental	100 %	100 %
THD A. Orden 2	1,0 %	7,6 %
THD A. Orden 3	14,6 %	16,6 %
THD A. Orden 4	0,5 %	3,6 %
THD A. Orden 5	10,8 %	14,5 %
THD A. Orden 6	0,3 %	2,4 %
THD A. Orden 7	8,4 %	6,2 %
THD A. Orden 8	0,2 %	1,8 %
THD A. Orden 9	4,0 %	4,1 %
THD A. Orden 10	0,2 %	1,7 %
THD A. Orden 11	2,5 %	1,7 %



**Figura 4.3:** Armónicos de corriente Fase A y B en el Laboratorio de Embriones.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

Los cálculos realizados nos permiten conocer cuál de los armónicos están afectando el normal funcionamiento del sistema y de los equipos. Se observa que los armónicos de preponderancia de orden 3, 5 y 7 de la fase A y los armónicos de preponderancia de orden 2, 3 y 5 de la fase B no se encuentran cumpliendo las normas establecidas. Ahora bien, los armónicos que no se encuentran dentro de los rangos permisibles de las normas pueden ser causante de daños muy severos en relés, contactores, pueden llegar incluso a provocar sobrecalentamientos y disminuir la vida útil de dispositivos de protección.

#### 4.4.3.2) Presentación de resultados del registro de potencias y energía totales

La tabla 4.15 presenta un resumen general de las potencias totales que se registraron en el tiempo establecido para la medición, de la misma manera se la hace con los parámetros de calidad de las energías totales.

**Tabla 4.15:** Tabla de registros de Potencias y Energías totales en el Tanque Frio y Ordeño.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

REGISTRO DE POTENCIAS TOTALES DEL LABORATORIO DE EMBRIONES								
POTENCIA ACTIVA TOTAL (kW)			POTENCIA APARENTE TOTAL (kVA)			POTENCIA REACTIVA TOTAL (kVAR)		
Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %
769,5	76	26,39%	45,5	71	24,74%	45,5	71	24,74%
1028,5	69	23,96%	116,5	45	15,68%	116,5	45	15,68%
1287,5	44	15,28%	187,5	42	14,63%	187,5	42	14,63%
1546,5	41	14,24%	258,5	38	13,24%	258,5	38	13,24%
1805,5	40	13,89%	329,5	41	14,29%	329,5	41	14,29%
2064,5	10	3,47%	400,5	16	5,57%	400,5	16	5,57%
2323,5	1	0,35%	471,5	13	4,53%	471,5	13	4,53%
2582,5	4	1,39%	542,5	15	5,23%	542,5	15	5,23%
2841,5	2	0,69%	613,5	1	0,35%	613,5	1	0,35%
3100,5	1	0,35%	684,5	5	1,74%	684,5	5	1,74%
REGISTRO DE ENERGIAS TOTALES DEL LABORATORIA DE EMBRIONES								
ENERGIA ACTIVA TOTAL (kWh)			ENERGIA APARENTE TOTAL (kVAh)			ENERGIA REACTIVA TOTAL (kVARh)		
Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %
2947,9	35	12,15%	3190,7	34	11,81%	521,5	23	7,99%
8517,7	33	11,46%	9226,1	33	11,46%	1522,5	30	10,42%
14087,5	37	12,85%	15261,5	36	12,50%	2523,5	28	9,72%
19657,3	19	6,60%	21296,9	20	6,94%	3524,5	29	10,07%
25227,1	19	6,60%	27332,3	20	6,94%	4525,5	29	10,07%
30796,9	27	9,38%	33367,7	26	9,03%	5526,5	29	10,07%
36366,7	19	6,60%	39403,1	21	7,29%	6527,5	29	10,07%
41936,5	20	6,94%	45438,5	20	6,94%	7528,5	36	12,50%
47506,3	35	12,15%	51473,9	37	12,85%	8529,5	28	9,72%
53076,1	44	15,28%	57509,3	41	14,24%	9530,5	27	9,38%

En el ANEXO 8, se indica las curvas de los parámetros de calidad eléctrica efectuados a los diferentes puntos en el que se registró con el analizador de red (fluke 435).

Además de parámetros de calidad, se realizó mediciones con la cámara termográfica, con el fin de que especificar objetos eléctricos que emiten energía infrarroja en forma de calor en función de su temperatura, cuanto más caliente es un objeto, más radiación emite. La cámara termográfica permite determinar temperaturas a distancia, con exactitud y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. Este dispositivo es esencialmente un sensor de calor que es capaz de detectar pequeñas diferencias de temperatura, recoge la radiación infrarroja de objetos en la escena y crea una imagen electrónica basada en información sobre las diferencias de temperatura como se puede apreciar en el ANEXO 9, se observa imágenes captadas con la cámara termográfica a los puntos calientes tomadas en las instalaciones y equipos eléctricos en la granja.

## **CAPÍTULO 5: PROPUESTAS DE MEJORA**

### **5.1) PRESENTACIÓN**

El concepto de conservación de energía se debe tomar en cuenta debido a los múltiples beneficios que esto proporciona. El cambio de los suministros de combustible y la necesidad de un uso eficiente es el nuevo concepto de energía. Puesto que atrás quedaron los días de la energía barata y abundante, hoy, con los recursos energéticos agotados y la preocupación de las consecuencias de los gases de efecto invernadero en el cambio climático, es indispensable buscar maneras de hacer establecimientos más eficientes energéticamente.

Es por ello que entre los principales objetivos y resultados que da lugar al Análisis de Eficiencia Energética es el contar con un servicio eléctrico fiable que garantice su operatividad dentro de los estándares de calidad de energía eléctrica establecido, para brindar beneficios en la reducción de sus costos. Además de la reducción del costo económico, es necesario disponer de una estructura eléctrica “fuerte” frente a futuras ampliaciones de las instalaciones.

Por lo que se establece algunas propuestas que podrán beneficiar la vida útil de los aparatos eléctricos y ayudar a tener un mejor manejo de la electricidad, evitando tener un consumo elevado de energía por motivo de las malas instalaciones o el mal funcionamiento.

### **5.2) TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN**

El transformador trifásico desde el 2004, año en que instaló en la Granja Irquis hasta la presente fecha, no ha recibido ningún tipo de mantenimiento preventivo, por lo que está propenso a fallas. Los principales problemas suelen ocurrir por la falta de un mantenimiento adecuado, como es el deterioro de la calidad del aceite que pierde sus cualidades dieléctricas, esto provoca fallas que ocurren posteriormente como:

1. Producción de Humedad excesiva.
2. Generación de Fugas de aceite.
3. Se presenta una elevada carga de voltaje.
4. Mala protección eléctrica.
5. Perturbaciones en el manejo del equipo.

Para evitar problemas como las mencionadas se tiene que tomar muestras de aceite periódicamente del transformador, para realizar su análisis químico y con base a los resultados obtenidos dar a conocer la condición operativa en el que se encuentra, con el objetivo de determinar si se requiere el cambio total del aceite dieléctrico.

También es necesario hacer una valoración física del estado de los elementos exteriores del transformador para prevenir que se de fugas en las juntas, empaques, acoplamiento de las secciones y válvulas.

Finalmente se recomienda realizar actualizaciones de las cargas para tener un registro y verificar que el transformador se encuentre operando dentro de los rangos permisibles de carga, con el propósito de evitar posibles calentamientos, excesos y fallas que puede conllevar a la explosión y posterior destrucción del transformador.

### **5.3) RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA**

En el sistema de distribución actual con el estudio realizado se ha evidenciado que las de redes de distribución aéreas se encuentran en muy malas condiciones debido a la falta de mantenimiento, al momento existe una densa vegetación rodeando las líneas, por lo que es necesario contar con un personal especializado para que mantengan podado los árboles que se encuentran interfiriendo las redes a su normal funcionamiento.

También existe la necesidad de mantener un chequeo constante de las estructuras y postes, puesto que algunos de ellos se encuentran fisurados, debido a que han cumplido su vida útil o por el fuerte viento que soportan, que con el pasar de los años cada vez se va deteriorando. Las condiciones del sistema eléctrico en las que se encuentra no garantizan que a futuro se cuente con un suministro eléctrico fiable.

Con un tiempo estimado a largo plazo seria de mucha importancia y necesidad realizar el reemplazo de la red de distribución aérea por un soterramiento de las líneas que conectan cada uno de los bloques, partiendo desde donde se encuentra el transformador de distribución encargado de suministrar la energía a la Granja.

Teniendo en cuenta que esta implementación conlleva a una gran inversión, algunas de las ventajas que tendría este desarrollo es un menor impacto visual

y ambiental, tienen menores pérdidas, puede absorber cargas de energía de emergencia, menores costos de mantenimiento, no emiten ningún campo eléctrico y son menos susceptibles a los impactos del clima severo.

Ahora respecto al alumbrado público es imprescindible realizar mantenimiento de las luminarias que presentan deterioros físicos, luminarias deficientes y algunos casos se encuentran encendidas durante las 24 horas del día a causa de la fotocélula que está dañada provocando uso de energía eléctrica innecesario.

Para los circuitos internos en las instalaciones interiores que son alimentadas desde los tableros de distribución, es preciso reemplazar los conductores que se encuentran sirviendo como acometidas en los bloques A, B, G, I y K debidamente identificados en los planos eléctricos interiores (VER ANEXO 3). Ahora las acometidas propiamente dichas que alimentan los centros de carga que nacen desde la red de bajo voltaje presentan una condición poco aceptable ya que al momento se encuentran empalmadas. La conexión realizada en el poste es de tipo manual cuando debería ser realizada con conectores fijando de manera segura a las líneas de la red de distribución eléctrica, previniendo así que no se produzca chisporroteo que implica el calentamiento del conductor. Finalmente, a ello se suma que el aseguramiento de las acometidas hasta los bloques de la edificación no se las realiza con la pinza de retención como debería hacerse, sino al contrario se encuentran amarradas y no brindan seguridad en la sujeción. Una observación muy importante realizada, es la identificación de alimentación desde las derivaciones de red de bajo voltaje del transformador trifásico de propiedad de granja Irquis, hasta tres cargas que no pertenecen a la misma y son de dominio de la empresa eléctrica Regional Centro Sur, por lo que se sugiere independizar las cargas mencionadas para que posteriormente no se presente fallas en el sistema eléctrico.

#### **5.4) PUESTA A TIERRA**

De las inspecciones realizadas se constató que los bloques H y J (VER ANEXO 3), disponen de sistemas de puesta a tierra, pero su instalación no es del todo eficiente, mientras que para el resto de bloques que conforman la Granja los tableros de distribución carecen de este servicio.

Por lo que se recomienda en el menor tiempo posible considerar una mejora e implementación de sistemas de puesta a tierra, ya que si no se cuenta con estos sistemas o se mantiene una conexión defectuosa e incorrecta puede ocasionar daños a los equipos.

El cable de tierra brinda protección contra sobrecargas eléctricas, debido a que es un camino para la corriente, en caso de un cortocircuito, transfiere con seguridad al suelo, ofrece seguridad a las personas que se encuentre cercanos las instalaciones eléctricas, además de que son un potencial punto de referencia estable y aumenta la confiabilidad del suministro eléctrico.

Si se produce un cortocircuito, descargas atmosféricas, sobrevoltajes o sobrecorrientes, la corriente fluiría a través del cable de tierra, causando un fusible fundido o un disyuntor disparado, esto sería un resultado favorable evitando ocasionar accidentes a los seres vivos y protegiendo la operación de importantes cargas especiales que se encuentra instalados.

Es de gran ayuda a la electricidad directa, porque las corrientes eléctricas viajarán de manera segura y eficiente por todo el sistema eléctrico. Estabiliza los niveles de voltaje, facilitando que la energía se distribuya a todos los lugares correctamente, evitando que los circuitos no se sobrecarguen. La tierra proporciona un punto de referencia común para muchas fuentes de voltaje en un sistema eléctrico.

## **5.5) FACTOR DE POTENCIA**

De los parámetros de calidad registrados el factor de potencia ha sido el más afectado, a tal punto que se encuentra penalizado por la empresa de distribución eléctrica (EERCS), la relación de potencia activa / potencia aparente no se encuentra dentro de los rangos permitidos que están establecidos ( $F_p$  mínimo admisible 0,92).

La corrección del factor de potencia permitirá tener un control de la potencia reactiva para evitar precisamente que llegue a tener un bajo valor de  $F_p$  y evitar penalizaciones, además se logrará tener una considerable reducción de KVA en forma general que se reflejarán en la reducción de costos por consumo eléctrico. Una de las soluciones que se deben aplicar para corregir el factor de potencia, es la instalación de baterías de condensadores dentro del sistema eléctrico, esta compensación reducirá la potencia reactiva, caídas de voltaje lo que permitirá

reducir pérdidas que se dan en las líneas de la red de bajo voltaje consiguiendo también disponer de una mayor capacidad en la estación de transformación reduciendo en ella pérdidas y aumentando los niveles de voltaje.

## **5.6) INSTALACIONES INTERIORES**

Los sistemas de iluminación, fuerza y cargas especiales tienen un consumo considerable en la Granja, es por eso que las soluciones deben encaminarse conseguir resultados que impliquen ahorros energéticos. Las mismas se deben ejecutar eficientemente realizando monitoreo, control de mantenimiento a los tableros de distribución, incluyendo sistemas de iluminación, fuerza y cargas especiales.

Se debe considerar que el sistema de iluminación los conforma lámparas fluorescentes y focos ahorradores en su totalidad, las mismas se encuentran deterioradas y no brindan el nivel de iluminación óptimo para el personal, además contribuyen con la distorsión de voltaje o armónicos, es por este motivo que se recomienda el cambio por luminarias de tipo LED como una solución que brindará una iluminación clara y eficiente en todos los ambientes, pero sobre todo en la actualidad esta tecnología LED es el ahorro de energía más inteligente y la solución para la iluminación.

Investigaciones recientes y desarrollos en el campo de la luminaria LED, presentan una revolución que nos ayudará a cuidar el planeta.

Tienen una mayor eficiencia energética, estimada de 80% - 90% en comparación con la iluminación tradicional y bombillas convencionales, esto significa que aproximadamente el 80% de la energía eléctrica se convierte en luz, mientras que el 20% se pierde como el calor. Con las bombillas incandescentes tradicionales que operan solamente al 20% de eficiencia energética, un 80% de la electricidad se pierde como calor.

Esta implementación es amistosa con el medioambiente, las luces LED están libres de productos químicos tóxicos, son 100% reciclables. La mayoría de las bombillas fluorescentes convencionales contienen una multitud de materiales como por ejemplo mercurio que son peligrosos para el medio ambiente.

No contiene emisiones UV, la iluminación LED produce poca luz infrarroja y cerca de ninguna emisión UV. Tienen un funcionamiento óptimo en temperaturas

extremadamente frías o calientes. Tienen una mayor vida útil y puede funcionar con una fuente de alimentación de bajo voltaje.

Otra propuesta de mejora, es en los sistemas de fuerza que actualmente se encuentran instalados y no prestan un servicio de puesta tierra, se encuentran dañados y en algunos puntos están destruidos en su totalidad, lo que no garantiza seguridad a las personas y el suministro eléctrico continuo, es por ello que como una alternativa de solución a estos inconvenientes se debe contar con tomacorrientes tripolares con una correcta conexión a tierra de tal manera que prioriza la seguridad de los elementos eléctricos conectados a la red que están expuestas a sobrecargas, sobre voltaje y sobrecorrientes.

Se sugiere realizar una buena instalación de los interruptores y las cajas de breakers, que sirve para proteger de mejor manera el sistema eléctrico de sobrecargas. Si hay un aumento de potencia, un cortocircuito, o si la carga alcanza su capacidad máxima, los fusibles están diseñados de un filamento que se derretirá cuando se de este sobrecargado. Si se utiliza un panel de interruptores, estos se dispararán cuando considere necesario detener el flujo de electricidad, permitiendo proteger de un posible fuego u otros daños eléctricos.

Teniendo en cuenta la importancia de las cargas especiales sus instalaciones se encuentran a la intemperie exponiéndose a numerosas anomalías y fallas, por tal motivo es necesario la reubicación de las mismas en sectores estratégicos de manera que garantice la seguridad al personal, su operatividad, continuidad de servicio, ya que actualmente su instalación se vuelve vulnerable frente a las condiciones de operatividad en las que se encuentra.

Los encargados del funcionamiento de la granja deben tener en cuenta las buenas prácticas eléctricas sin importar cuan pequeños sean los detalles, esto evita un consumo de energía innecesario. Por ejemplo, desconectar la alimentación de toda la maquinaria cuando ya no se esté utilizando, reportar a las autoridades encargadas del mantenimiento cuando el estado de las instalaciones y el funcionamiento de los diferentes equipos estén defectuosos, se produciría un ahorro energético y económico.

## **5.7) EQUILIBRIO DE FASES**

Al no existir un equilibrio en las fases se produce un desbalance de corrientes, estos se dan debido al comportamiento de la carga que se coloca principalmente en una de las fases del sistema, lo que hace que se encuentre desequilibrado produciendo picos temporales considerables de corriente al momento de arrancar los motores.

Se tiene que lograr una estabilización de las fases A y C con respecto a la fase B para evitar que se produzcan sobrecargas en una sola y desequilibrios de tensión producidos por la mala instalación en la Granja. Ya que comúnmente son el resultado de cargas monofásicas no conectadas uniformemente a través del sistema de tres fases. Los motores monofásicos, las cargas de calefacción y refrigeración están conectados muy comúnmente de tal manera que un conductor de fase lleva significativamente más corriente que los otros dos, por lo tanto, los voltajes de línea a línea se ven afectados.

Se sugiere la utilización de equipos de filtrado que permitirá equilibrar las corrientes en el sistema trifásico, permitirá también entre otras cosas limitar las corrientes armónicas, disminuir las señales de alta frecuencia, compensará la energía reactiva en las redes que se encuentren contaminadas de armónicos evitando la resonancia, se conseguirá reducir las pérdidas que implica en ellas tener menor calentamiento tanto en las líneas como en las maquinas eléctricas con las que cuenta el lugar.

## **5.8) FLICKERS**

La solución para contrarrestar los problemas producidos por los flickers en los tableros de distribución que corresponde a los bloques H, I y J (VER ANEXO 3), que se dan a causa de las fluctuaciones de voltaje que dependen de su amplitud influenciada por las características del sistema eléctrico y de la velocidad de su ocurrencia determinada por el tipo de carga y el carácter de su funcionamiento, se consigue incorporando estabilizadores dinámicos de voltaje, este dispositivo consigue reducir la amplitud de las fluctuaciones de voltaje debido a que su eficacia depende principalmente de su potencia nominal y velocidad de reacción.

## **5.9) ARMÓNICOS**

La presencia de armónicos en el sistema eléctrico causa problemas cuando se combinan con la forma de onda eléctrica fundamental, dado que estos armónicos son múltiplos de la frecuencia de energía fundamental de 60 Hz.

Los armónicos pueden llegar a ser muy perjudiciales y en su proceso destructivo puede ocasionar el sobrecalentamiento del transformador, cables de alimentación, motores y accionamientos, además de que producen disparos térmicos inadvertidos de los relés y dispositivos de protección, pero sobre todo puede causar mediciones incorrectas de los medidores de voltaje y corriente.

Para contrarrestar este efecto es necesario que se implemente filtros armónicos, ya que los filtros activos y pasivos pueden ayudar a minimizar los armónicos que se generan. Estos filtros pasivos utilizan inductores y condensadores para bloquear armónicos o derivarlos a tierra, dependiendo de la configuración y aplicación.

Los filtros de armónicos activos monitorean y perciben electrónicamente corrientes y generan formas de onda correspondientes para contrarrestar las corrientes armónicas originales. La forma de onda creada se inyecta de nuevo en el suministro eléctrico para cancelar la corriente armónica generada por la carga. Con la reducción de los armónicos también se reduce el desequilibrio, estos filtros reducen corrientes de secuencia de fase negativa, inyectando una onda de corriente de compensación.

## **5.10) ENERGÍA EÓLICA**

Al momento de la incorporación de los aerogeneradores a la red, la acumulación de energía es necesario debido a la naturaleza intermitente del recurso. Un parque eólico puede ser diseñado sin almacenamiento, pero sería de gran utilidad tener una reserva para inyectar energía al sistema eléctrico en los momentos de mayor demanda, que se da cuando se encienden los motores trifásicos o motores en la sala de ordeño. También servirá en los momentos en que el parque eólico no se encuentre funcionando ya sea por motivo de mantenimiento o porque no hay suficiente viento, puesto que en el lugar se encuentra establecido un laboratorio de embriones que requiere de energía eléctrica las 24 horas del día durante todo el año, debido a que, si esto no se da, se produce la pérdida de los mismos por falta de calefacción.

Por estas consideraciones es recomendable el diseño de un banco de baterías, tomando en cuenta la potencia de almacenamiento, el costo de inversión y el tiempo de recuperación del dinero invertido. Véase el ANEXO 10.

## **CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ENERGÉTICO-ECONÓMICO DE LA INCORPORACIÓN DE AEROGENERADORES**

### **6.1) INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA EÓLICA**

La energía eólica es una fuente de energía renovable que proviene de la corriente de aire que fluye a través de la superficie de la tierra. Las turbinas eólicas recogen esta energía cinética y la convierten en energía utilizable que puede proporcionar electricidad para aplicaciones domésticas, agrícolas, etc. Es una de las fuentes de más rápido crecimiento de generación en el mundo de hoy. Debido a que en los últimos años, se ha convertido en una de las tecnologías de energía renovable más económicas. Hoy en día, las turbinas eólicas que generan electricidad emplean tecnología probada y comprobada, proporcionando un suministro de energía seguro y sostenible. Estas tendencias de crecimiento pueden vincularse con los beneficios multidimensionales asociados a este tipo de generación.

#### **6.1.1) Energía verde**

La electricidad producida a partir de energía eólica es considerada como energía limpia porque su generación no produce contaminación o gases de efecto invernadero.

#### **6.1.2) Sostenible**

: El viento es un recurso de energía renovable, es inagotable y no requiere ningún “combustible” además del viento que sopla a través de la tierra. Este suministro de energía infinita es una seguridad que muchos usuarios ven como una inversión estable en nuestra economía energética, así como en el futuro de nuestros hijos.

#### **6.1.3) Asequible**

: la energía eólica es una fuente competitiva de electricidad, en gran parte debido a los avances tecnológicos, así como a economías de escala, ya que más de estas máquinas se fabrican y se ponen en línea en todo el mundo.

#### **6.1.4) Desarrollo económico**

: Además de ser asequible, la energía eólica es una fuente de electricidad producida localmente que permite a las comunidades mantener el dinero de la energía en su economía. La creación de empleo uno de los múltiples beneficios de desarrollo económico para las comunidades que utilizan energía eólica.

### **6.2) INCORPORACIÓN DE AEROGENERADORES**

#### **6.2.1) Aerogenerador ENAIR.**

El parque eólico que se encuentra instalado en la granja irquis, es el resultado de la partición de un programa de canje de deuda establecido por el Ministerio de Finanzas, el Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana entre Ecuador y España, por lo tanto los aerogeneradores provienen de una empresa española resultado de la evolución y experiencia de David Bornay, que en su carrera profesional se ha dedicado a la fabricación de los mismos, los cuales son considerados los mejores aerogeneradores de pequeña potencia entre 3 y 40kW del mercado.

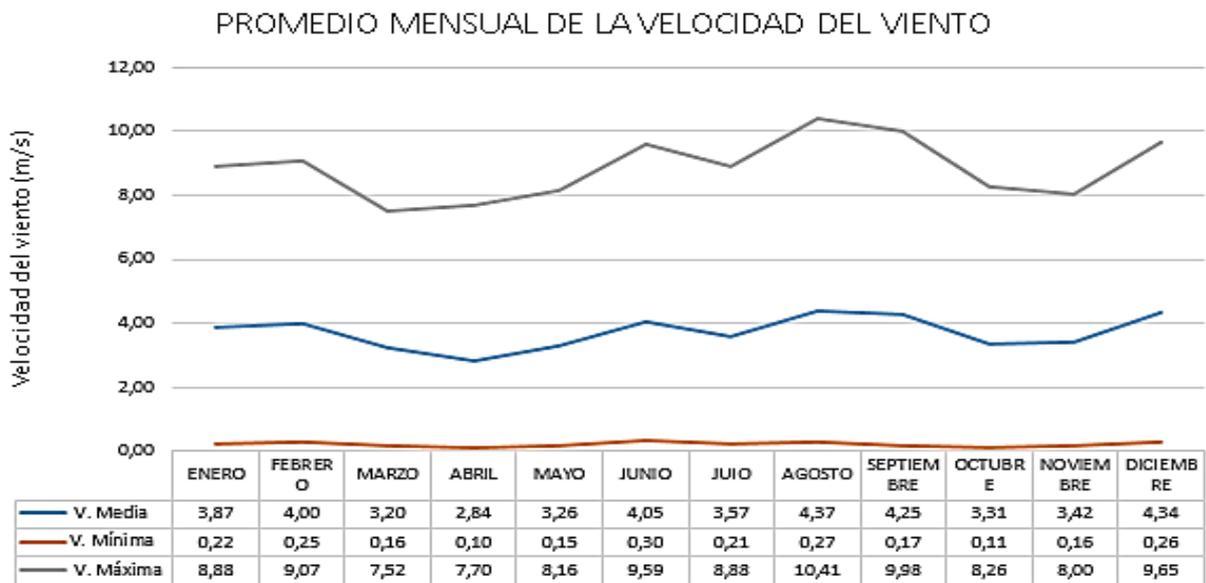
Las ventajas presentadas por los aerogeneradores analizados son a continuación detalladas, tomadas de sus catálogos de fabricación, considerando que son muy convenientes utilizarlo ya que son amigables con el medio ambiente y tienen las siguientes ventajas:

- Los aerogeneradores presentan un mínimo de ruido, el cual se encuentran alrededor de un 1% por encima del ruido ambiente, siendo prácticamente inapreciable para el oído humano, esto es muy beneficioso, puesto que la granja al estar ubicada en una área rural está rodeado de animales, aves y más seres vivos, no perturbará la vida cotidiana de estos seres por el ruido que generan al estar en operación.
- Tiene una máxima eficiencia, debido a que funciona con una simple brisa de viento de 2 m/s y continua funcionando con normalidad a más de 40 m/s sin perder eficiencia, al momento de producir energía, esto ayudará a que el sistema sea más eficiente, puesto que los cambios de la velocidad de viento son continuas y en ocasiones muy bajas.

- Están contruidos con materiales de alta tecnología que al encontrarse a la intemperie evitan la corrosión y son anti-salinos siendo ideales para lugares donde existe una gran cantidad de sal en el ambiente.
- Se encuentra sellado herméticamente en todas sus uniones, para evitar filtraciones de humedad y macropartículas que arrastra el aire, de esta manera evita deterioros.
- Su estructura es muy robusta, lo que permite soportar fuertes vientos y ofrece una larga vida de operación, debido que todas las piezas del equipo se encuentran sobredimensionadas.

### **6.2.2) Incorporación de los aerogeneradores a la red de la granja “Irquis”**

Para la ubicación de un aerogenerador es necesario tener en cuenta las velocidades medias del viento propias de la zona en donde serán ubicados, para ello se recurrió a tomar datos mediante una estación meteorológica ubicada a una altura de 10 metros del suelo, toma datos de la velocidad del viento de periódicamente cada 10 minutos. Esto se realizó por un periodo de un año, del mes de Enero al mes de Diciembre del año 2015, obteniendo los siguientes datos característicos establecidos en la gráfica 6.1 se observa los datos de la velocidad mínima, media y máxima de viento, tomada mensualmente durante todo un año. Con estos resultados se calcula un promedio anual de la velocidad media, se obtuvo un valor de 4.52 m/s, valor que se tomara en cuenta para realizar los cálculos matemáticos necesarios en este análisis, teniendo siempre presente la duración del parque eólico, por ende para motivos de estudio consideraremos una vida útil de 20 años.



**Figura 6.1:** Promedio mensual año 2015 de la velocidad del viento en la granja “Irquis”.

Fuente: Realizado por la Universidad de Cuenca.

Debido a que los datos expresados en la gráfica 6.1 son de la estación meteorológica a una altura de 10 metros, se debe realizar una interpolación según la altura a la que se encuentran cada uno de los aerogeneradores, para realizar los cálculos de energía eléctrica con la velocidad del viento real a la altura que se encuentran las turbinas eléctricas, dos turbinas a 18 metros y una turbina eléctrica a 24 metros. Se toma consideración el promedio anual de la velocidad media de viento a diez metros y mediante una interpolación se calcula la velocidad de viento que se genera a una altura de 18 y 24 metros expresado en el ANEXO 8.

### 6.2.3) Interpolación del viento

Existen diferentes aproximaciones teóricas para describir el perfil de velocidades del viento. Se utilizará la siguiente fórmula en función de la altura y rugosidad del terreno.

$$U_2 = U_1 \frac{\ln(h_2/z_0)}{\ln(h_1/z_0)} \quad (6.1)$$

$U_1$  = velocidad conocida para una elevación  $h_1$

El coeficiente  $Z_0$  depende principalmente de la rugosidad de la superficie, expresadas en la tabla 6.1.

**Tabla 6.1:** Descripción del terreno

Fuente: Tomada de: *ENERGÍA EÓLICA manual técnico para pequeñas instalaciones* (Ing. Carlos Orbegozo, Ing. Roberto Arivilca)

CLASE	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	$Z_0$ (m)
1	Agua, un alcance de 5 Km mínimo	0.0002
2	Planos de lodo, nieve, sin vegetación, sin obstáculos	0.005
3	Abiertos y planos, hierba, algunos obstáculos aislados	0.03
4	Cultivos bajos, obstáculos grandes ocasionales, $x/h > 20$	0.10
5	Cultivos altos, obstáculos muy dispersos, $15 < x/h < 20$	0.25
6	Área de parques, arbustos, muchos obstáculos, $x/h = 10$	0.5
7	Cobertura regular de grandes obstáculos (suburbios bosques)	1.0
8	Centro de la ciudad con construcciones altas y bajas	>10

X = dimensión horizontal del obstáculo (largo / ancho)  
h = altura del obstáculo

### 6.2.3.1) Interpolación del viento a 18 metros

Para realizar la interpolación se considera la ubicación del anemómetro el cual se ubica a una altura de 10 metros, en este caso el promedio anual de la velocidad media de viento es de 4.52 m/s. Con una clase 3 de viento (abiertos y planos, hierba, algunos obstáculos aislados) obtenemos una  $Z_0 = 0.03 m$ . Considerando la ecuación 6.1 de la interpolación de viento, se presenta los cálculos a 18 metros de altura.

$$U_2 = (4.52m/s) \frac{\ln(18m/0.03m)}{\ln(10m/0.03m)} \quad (6.2)$$

$$U_2 = 4.97m/s \quad (6.3)$$

La velocidad del viento a la altura de la turbina de 18 metros se incrementa un 9%, respecto a la velocidad medida por el anemómetro. Por lo tanto para realizar los cálculos con los datos correctos, se tomará el valor de 4.97 m/s obtenido en la ecuación 6.3, con el cual se realizará todos los cálculos de potencia de generación de los aerogeneradores que sean necesarios.

### 6.2.3.2) Interpolación del viento a 24 metros

Para una segunda torre que se encuentra a una altura de 24 metros, se realizará la interpolación considerando los mismos datos y parámetros tomados en el apartado anterior. Con una clase 3 de viento (abiertos y planos, hierba, algunos obstáculos aislados) obtenemos una  $Z_0 = 0.03 m$

Considerando la ecuación 6.1 de la interpolación de viento, se presenta los cálculos a 24 metros de altura.

$$U_2 = (4.52m/s) \frac{\ln(24m/0.03m)}{\ln(10m/0.03m)} \quad (6.4)$$

$$U_2 = 5.19m/s \quad (6.5)$$

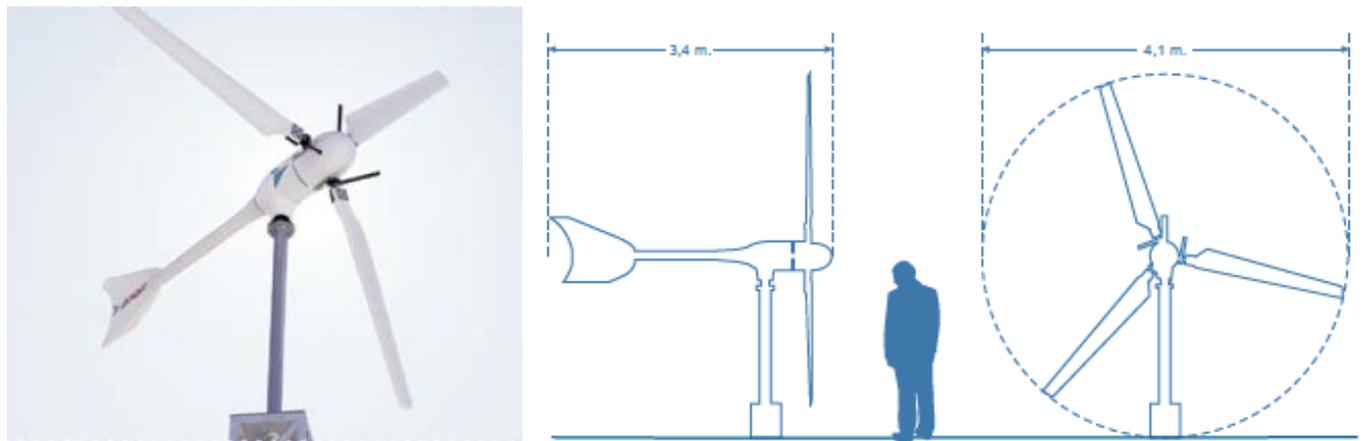
La velocidad del viento a la altura de la turbina de 24 metros se incrementa un 13%, respecto a la velocidad medida por el anemómetro. Por lo tanto para realizar los cálculos con los datos correctos, se tomará el valor de 5.19 m/s obtenido en la ecuación 6.5, posteriormente con estos valores se analizará la potencia de generación de los aerogeneradores que sean necesarios.

## 6.3) CÁLCULO DE POTENCIA DE GENERACIÓN

Con las velocidades de viento reales, a la altura de las turbinas, se calcula la energía que producirá cada uno de los aerogeneradores, mediante sus características propias. Esto se realizará de manera independiente puesto que cada uno tiene sus propias características y se encuentran a una altura diferente.

### 6.3.1) Mini eólica horizontal ENAIR 70-5kW

Teniendo dos aerogeneradores ENAIR 70 de 5kW cada uno, a una altura diferente uno del otro, se calculará cada uno con las velocidades de viento correspondiente, con esto se obtendrá su potencia de generación individual, considerando sus curvas y características propias presentadas por el fabricante. Con una velocidad de viento medio situado en la nominal de unos 4 – 5 m/s. “El modelo Enair 70 es capaz de generar hasta 70 kwh/día, (Catálogo del fabricante- ENAIR ENERGY S.L.)



**Figura 6.2:** Aerogenerador ENAIR 70.

Fuente: Catálogo del fabricante.

**Tabla 6.2:** Características Técnicas del Fabricante ENAIR 70.

Fuente: Catálogo del fabricante.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, ELÉCTRICAS Y DE FUNCIONAMIENTO DEL MODELO ENAIR 70	
Número de hélices	3
Material hélices	Fibra de vidrio con resinas epoxi
Generador	250 RPM
Potencia	5500 W
Potencia Nominal curva	3500
Votaje	24 / 48 / 220
Diámetro	4,1
Sentido de giro	Horario
Área de barrida	13,2 m <sup>2</sup>
Peso	165 kg
Aplicaciones	Conexiones Aisladas a Baterías Conexión a la red eléctrica
Viento para arrancar	2 m/s
Velocidad nominal	12 m/s
Velocidad soportada	Mas de 60 m/s
Rango de Generación eficiente	De 2 a mas de 60 m/s
Tipo	Rotor horizontal
Freno	Eléctrico
Controlador	Opción de conexión a red y carga de baterias

### 6.3.1.1) Potencia generada a 4.97m/s

La potencia generada del aerogenerador Enair 70 a una altura de 18 metros se obtendrá mediante la ecuación 6.6, utilizada para el cálculo de la misma, con los parámetros establecidos en la tabla 6.2; densidad del aire ( $\rho$ ) asumido de  $1.225 \text{ (kg/m}^3\text{)}$  ANEXO 9, área de barrido tomada de los datos característicos del dispositivo y la velocidad del viento de  $4.97 \text{ m/s}$ .

$$P = \frac{1}{2} \rho * A * V^3 \quad (6.6)$$

$$P = \frac{1}{2} (1.225(\text{kg/m}^3)) * 13.2 \text{ m}^2 * (4.97\text{m/s})^3 \quad (6.7)$$

$$P = 992.54 \text{ W} \quad (6.8)$$

Mediante los cálculos que se realizó en la ecuación 6.6 se obtiene una potencia de generación de  $992.54 \text{ W}$  establecidos en la ecuación 6.8.

### 6.3.1.2) Potencia generada a 5.19 m/s

La potencia generada por el aerogenerador Enair 70 a una altura de 24 metros se obtendrá mediante la ecuación 6.6, utilizada para el cálculo de la misma, con los parámetros establecidos en la tabla 6.2; densidad del aire ( $\rho$ ) asumido de  $1.225 \text{ (kg/m}^3\text{)}$  anexo 6.2, área de barrido tomada de los datos característicos del aparato y la velocidad del viento de  $5.19 \text{ m/s}$ . Se obtiene una potencia de generación de  $1130.26 \text{ W}$  expresados en la ecuación 6.9.

$$P = 1130.26 \text{ W} \quad (6.9)$$

### 6.3.2) Mini eólica vertical ENAIR-Toyoda-5kW

Teniendo un aerogenerador de eje vertical ENAIR de  $5 \text{ kW}$ , con sus curvas y características propias presentadas por el fabricante, se calcula cuál será su generación de energía diario.



**Figura 6.3:** Aerogenerador ENAIR-Toyoda-5Kw.

Fuente: Catálogo del fabricante.

**Tabla 6.3:** Características Técnicas del Fabricante ENAIR-Toyoda-5kW

Fuente: Catálogo del fabricante.

AEROGENERADOR DE EJE VERTICAL DE 5000W	
Arranque en (m/s)	1.5 m/s
Inicio de producción (m/s)	2.5 m/s
Velocidad Nominal (m/s)	12 m/s
Rev. Por minuto Nominales	100 RPM
Potencia Nominal	5000 W
Diámetro en (m)	3.5 m
Cantidad de Palas	3
Longitud de Palas (m)	5 m
Max. Velocidad de viento (m/s)	60 m/s
Peso	679.4 Kg

### 6.3.2.1) Área del aerogenerador

Para el cálculo del área de barrido del aerogenerador ENAIR-Toyoda-5kW consideraremos el diámetro de las aspas establecido en la tabla 6.3.

$$A = \pi * r^2 \quad 6.10$$

$$A = \pi * (1.75 \text{ m})^2 \quad 6.11$$

$$A = 9.62 \text{ m}^2 \quad 6.12$$

Mediante la ecuación 6.12 se obtiene una área de barrido del aerogenerador de  $9.62 \text{ m}^2$ .

### 6.3.2.2) Potencia generada a 4.97 m/s

La potencia generada por el aerogenerador ENAIR-Toyoda-5kW a una altura de 18 metros será obtenida mediante la ecuación 6.6, utilizada para el cálculo de la misma con los parámetros establecidos en la tabla 6.3; densidad del aire ( $\rho$ ) asumido de  $1.225 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$  anexo 6.2, un área de barrido calculada en el punto anterior y la velocidad del viento de 4.97 m/s.

$$P = \frac{1}{2} * \left(1.225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * (9.62 \text{ m}^2) * (4.97 \frac{\text{m}}{\text{s}})^3 \quad (6.13)$$

$$P = 723.35 \text{ W} \quad (6.14)$$

Mediante los cálculos que se realizó en la ecuación 6.6 se obtiene una potencia de generación de  $723.35 \text{ W}$  obtenidos en la ecuación 6.14.

### 6.4) ENERGÍA DIARIA PRODUCIDA POR EL PARQUE EÓLICO.

Para el análisis de energía diaria producido por el parque eólico ubicado en la granja Irquis, se considera la potencia suministrada por cada uno de los aerogeneradores, obteniendo una potencia total de generación de  $2846.15 \text{ W}$ , por lo tanto la energía diaria durante las veinte y cuatro horas se calcula mediante la ecuación 6.15 y se obtiene una energía diaria de  $68.31 \frac{\text{KWh}}{\text{dia}}$  generada por el parque eólico.

$$E_{\text{dia}} = P * t \quad (6.15)$$

$$E_{\text{dia}} = 2846.15 \text{ Wh} * 24 \text{ h} \quad (6.16)$$

$$E_{\text{dia}} = 68.31 \frac{\text{KWh}}{\text{dia}} \quad (6.17)$$

#### 6.4.1) Energía anual producida por el parque eólico.

Para el análisis de la energía generada anualmente por el parque eólico, se debe considerar los días en los cuales los aerogeneradores se encontraran parados por motivos de chequeo y mantenimiento de sus partes. Para el análisis se establecerá un total de 15 días destinados a realizar esta labor durante todo el año, con esto se procede al cálculo de la energía anual, en base a la ecuación 6.18.

$$E_{\text{año}} = E_{\text{día}} * \text{días en el año} \quad (6.18)$$

$$E_{\text{año}} = 23907.66 \frac{\text{KWh}}{\text{año}} \quad (6.19)$$

Con este análisis se consigue una energía anual del parque eólico de 23907.66 KWh/año

#### 6.4.2) Energía generada en los 20 años

La vida útil considerada para el parque eólico es de 20 años, por lo tanto se calcula la energía durante este periodo para obtener el costo de generación de cada kilovatio hora generado.

$$E_{20\text{años}} = E_{\text{año}} * \text{Años} \quad (6.20)$$

$$E_{20\text{años}} = 478153.2 \text{ kWh} \quad (6.21)$$

Se obtiene una generación de 478153.2 kWh durante el trayecto en el cual el parque se encontrara laborando con normalidad.

#### 6.5) COSTOS DE GENERACIÓN

El costo de cada kilovatio producida por los aerogeneradores dependen del tamaño y del régimen de viento, puesto que más viento provee más energía con para el aerogenerador, por ende con las investigaciones realizadas del costo de inversión, desarrollo y montaje del proyecto, se asumió un valor de ocho mil dólares por cada uno de los aerogeneradores, por lo tanto se tendrá un costo total de veinticuatro mil dólares, la implementación del parque. Con este valor podemos calcular el costo por kWh generado.

$$\text{Costo kWh} = \frac{\text{costo inversion \$}}{\text{Energía}_{20\text{años}}} \quad (6.22)$$

$$\text{Costo kWh} = \frac{24000 \$}{478153.2\text{kWh}} \quad (6.23)$$

$$\text{Costo } kWh = 5 \text{ (cUSD/kWh)} \quad (6.24)$$

Considerando que no se tiene ningún almacenamiento en baterías y menos hacer una mayor inversión a más de la compra e instalación de los aerogeneradores se obtiene con este análisis que el costo de energía por cada kilovatio-hora es de cinco centavos de dólar, con lo que se concluye que es menos costos producir energía eléctrica a base de aerogeneradores que comprar directo a la red de la empresa distribuidora, debido que el precio establecido por la empresa distribuidora es de 8 *cUSD* por cada kilovatio.

### **6.6) AHORRO ANUAL EN LA PLANILLA ELÉCTRICA**

El ahorro anual en el pago por consumo de energía se calcula en base a los *kwh* que el parque eólico producirá y el costo del *kwh* ya calculado en el apartado anterior.

$$Ahorr_{Anual} = E_{año} * \text{Costo } kWh \quad (6.25)$$

$$Ahorr_{Anual} = 1195.39 \text{ USD} \quad (6.26)$$

Se concluye que la granja tendrá un ahorro anual de 1195.39 *USD*, sin contar con almacenamiento en un banco de baterías, puesto que si contara con este equipo el sistema sería más costoso pero más confiable, inyectando energía en las horas en las que la granja tiene mayor demanda y evitando pagar por el alto consumo en horas pico o por el consumo elevado de reactivos.

El precio emitido por el CONELEC a la energía medida en el punto de entrega, expresados en centavos de dólar, está detalla en el ANEXO 10, donde se el valor de 9.39 (*cUSD/kWh*). Utilizando la ecuación 6.25 se obtiene que el parque al generar 23907.66 *Kwh* durante todo el año, la granja tendrá un ahorro económico anual de 2244.9 dólares americanos:

## **6.7) IMPACTO DE LOS AEROGENERADORES EN LA ESTRUCTURA ELÉCTRICA**

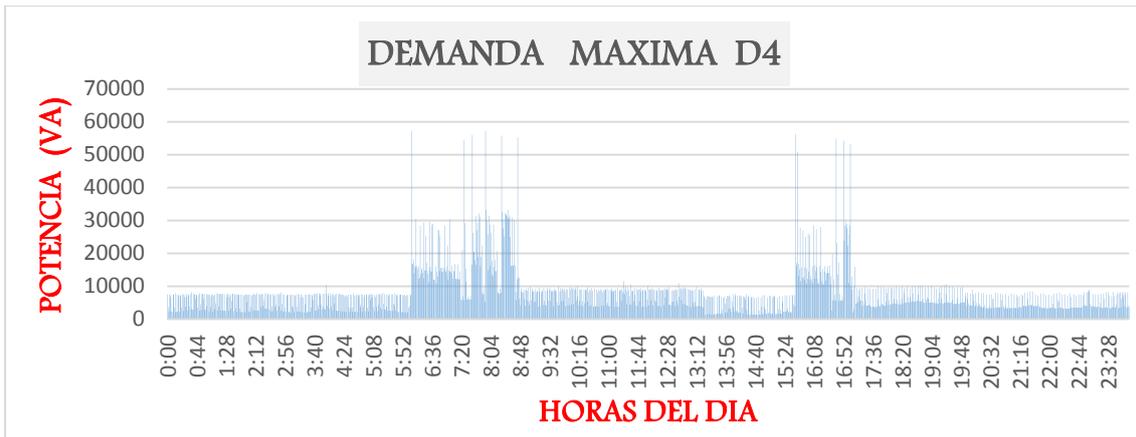
El estado en el que se encuentra la estructura eléctrica de la granja, difícilmente soportara la incorporación de la potencia de los aerogeneradores. Se considera que va a poder ingresar energía, pero esta se verá afectada por la mala estructura eléctrica del campus Irquis, en el sentido de que existirá demasiada caída de tensión, y muchas pérdidas.

Un impacto positivo si se lograra establecer conexión a la red, este proyecto será de mucha ayuda al consumo eléctrico, reduciendo aproximadamente un 40% de la curva de carga diaria.

Mediante el análisis de la caída de tensión de la red eléctrica de la granja Irquis, se concluye que el calibre de conductor no es el adecuado, porque sus características técnicas indica ser muy delgado, no soportara la incorporación de esos elementos, debido a que la caída de tensión sería excesivamente elevada, considerando también a que la parte física del sistema se encuentran en un estado muy degradado ya sea los postes, las cajas de breakers, varillas de puesta a tierra mal ubicadas, etc. Se considera necesario realizar un nuevo diseño del tendido eléctrico.

## **6.8) ESTUDIO DEL IMPACTO DE GENERACIÓN DIARIO.**

Del resultado de la instalación del medidor de calidad de energía "Fluke" en el tablero de medición, se obtuvo las curvas diarias de potencia consumida de los días conectados, para motivos de análisis se toma un día común aleatorio figura: 6.4 donde se puede observar que el mayor consumo se da en las horas de la mañana empezando aproximadamente desde las 6 de la mañana hasta las 9 de la mañana, y en la tarde desde las 15:45 hasta las 17:00, alrededor de 58 KVA, variando muy poco una hora de otra. Según lo observado el consumo en el resto de horas del día es diferente puesto que permanece constante en 8 KVA.

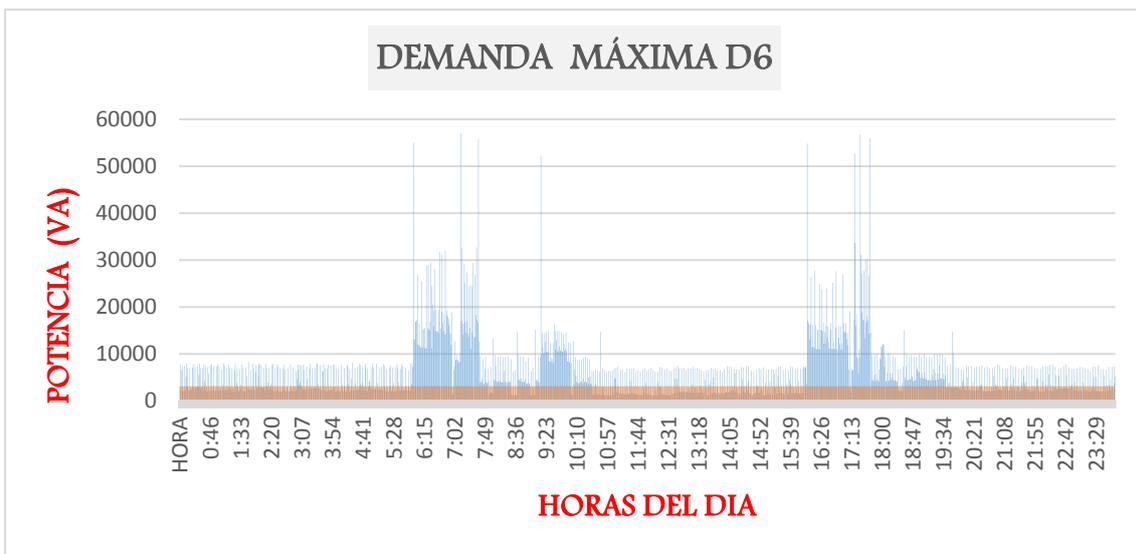


**Figura 6.4:** Demanda máxima de consumo.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

Con los cálculos realizados en el literal 6.4 se obtuvo la generación total por hora del parque eólico, dando un valor de 2846.15 W, para relacionar los voltamperios (VA) de medición con los vatios (W) de generación, y en base a lo establecido por el CONELEC (Regulación del CONELEC 004/001) el mínimo factor de potencia tolerable es 0.92, se realiza la conversión mediante la ecuación 6.27. Valor obtenido de 3093.64 VA presentada en la figura 6.5.

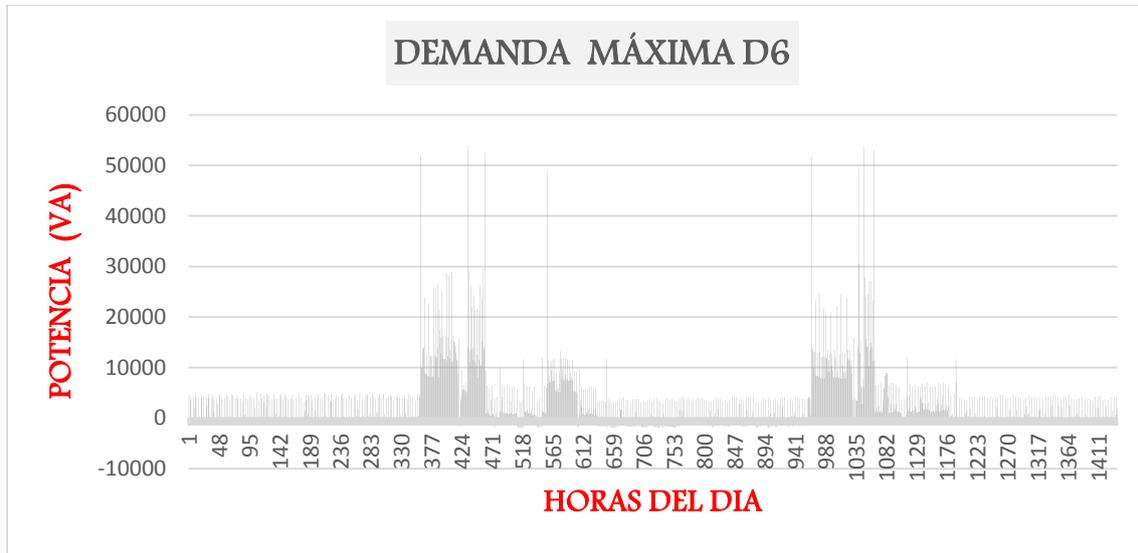
$$W = VA * \text{factor de potencia (0.92)} \quad (6.27)$$



**Figura 6.5:** Curvas de generación y consumo.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

La figura 6.6 muestra la curva de consumo y la curva de generación de los aerogeneradores, se observa que la generación es muy poca en comparación al consumo, pero si ayuda a atenuar el consumo diario.



**Figura 6.6:** Diferencia entre las curvas de generación y consumo.

*Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.*

La figura 6.6 muestra la diferencia de la curva de carga diaria y la curva de generación diaria mediante los aerogeneradores, establecidas en la figura 6.5. Se observa que la incorporación de las turbinas eléctricas tiene influencia en la granja, disminuyendo el consumo de demanda máxima de la red en un día común. Estimando que en momentos del día se tendrá una generación en exceso, permitiendo tener la posibilidad de almacenar en un banco de baterías y de esta manera inyectar energía al campus cuando se tengan los mayores picos de consumo.

### 6.9) Análisis de la planilla eléctrica

La figura 6.7 se observan los datos de la factura eléctrica con la cual la Empresa Eléctrica Regional CentroSur encargada de la distribución tiene asignado cada uno de sus usuarios con los códigos y datos del cliente.



## EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C.A.

Factura Nro. 001-003-000493629

R.U.C. : 0190003809001

Código: 389031

Cliente: UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fecha de Emisión: 2016/9

Período que se Cancela 16 de Agosto al 15 de Septiembre

Valor Total: 268,42

Estado de la Planilla: Con Deuda Pendiente

Total Recaudado: 0,00

Uso de Energía: BENEFICIO| PUBLICO CON DEMANDA HORARIA

Deuda Acumulada: 268,42

Fecha de Recaudación / /

Fecha Máx. Pago Sin Intereses 26/09/2016

### AHORRO POR:

Cocción Eléctrica en dólares: 0,00 Cocción Eléctrica en kw/h: 0

Calentador de Agua en dólares: 0,00 Calentador de Agua en kw/h: 0

**Figura 6.7:** Datos de la Factura Eléctrica.

Fuente: Empresa Eléctrica Regional CentroSur.

Se observa en la figura 6.7 los detalles de la factura y cuanto es el monto a pagar por cada rubro especificado en las planillas.

A todos los clientes de la empresa (CentroSur) se cobra un cargo por comercialización, un valor determinado por la ARCONEL (Agencia de Regulación y control del sector Eléctrico), este valor es el mismo para todos los clientes ya sea su consumo de "0" watts o varios KW, como puede ser por ejemplo Cartopel (Soluciones Integrales en empaques de Cartón Corrugado) o Erco-Tires (Continental Corporation ERCO-TIRES). Este valor es destinado para facturación, papeleo, trámite administrativo, etc.

El rubro por demanda está definido por la toma de lecturas, del valor más elevado o valor pico en todo el mes, como se observa en los detalles de consumo, el valor pico es de 10 KW esto se multiplica por un cargo establecidos en los pliegos y cargos tarifarios establecidos por el ARCONEL, la Universidad de Cuenca al ser una entidad oficial se cobra tres dólares por cada kilovatio, con un pico máximo de 10kwh por lo tanto dando como resultado un valor de 30 dólares a pagar. El cargo por energía hace referencia a la Energía Activa consumida por el usuario.

Existe una penalización por bajo factor de potencia en donde el límite es de 0.92 establecido por el CONELEC, si por algún motivo este valor baja del límite se procede a la penalización.

La tasa de recolección de basura que está a cargo del municipio, es cobrada de acuerdo al consumo de energía.

El alumbrado público es una tasa que todo usuario debe aportar por contar con este servicio.

#### DETALLE FACTURA

Descripción Rubr	FACTURADO	PAGADO	A PAGAR
CARGO POR COMERCIALIZACION	1,41	0,00	1,41
CARGO POR DEMANDA	30,00	0,00	30,00
CARGO POR ENERGIA	122,39	0,00	122,39
PENALIZACION POR BAJO FACTOR DE POTENCIA	15,18	0,00	15,18
TASA DE RECOLECCION DE BASURA CUENCA	78,78	0,00	78,78
SERVICIO ALUMBRADO PUBLICO GENERAL	20,66	0,00	20,66
<b>TOTAL:</b>	<b>268,42</b>	<b>0,00</b>	<b>268,42</b>

#### DETALLE CONSUMOS

AFACTURAS500			0-00-00	0	2016-07-15	11	11		
Año Mes	VARIABLE	RANGO	-----Anterior-----	-----Actual-----	Fecha Lectura	Lectura	Fecha Lectura	Lectura	CONSUMO KWH
2016-Sep.	ACTIVA	N7/18 (L	2016-08-15	112484	2016-09-15	113612		1150	
2016-Sep.	ACTIVA	N18/22(LV	2016-08-15	48207	2016-09-15	48604		404	
2016-Sep.	ACTIVA	N22/7 LVy	2016-08-15	71570	2016-09-15	71959		396	
2016-Sep.	DEMANDA	N18/22(LV	0-00-00	0	2016-09-15	10		10	
2016-Sep.	DEMANDA	NO PICO	0-00-00	0	2016-09-15	11		11	
2016-Sep.	REACTIVA	NORMAL	2016-08-15	78880	2016-09-15	80129		1273	
2016-Ago.	ACTIVA	N7/18 (L	2016-07-15	111318	2016-08-15	112484		1189	
2016-Ago.	ACTIVA	N18/22(LV	2016-07-15	47829	2016-08-15	48207		385	
2016-Ago.	ACTIVA	N22/7 LVy	2016-07-15	71156	2016-08-15	71570		422	
2016-Ago.	DEMANDA	N18/22(LV	0-00-00	0	2016-08-15	10		10	
2016-Ago.	DEMANDA	NO PICO	0-00-00	0	2016-08-15	11		11	
2016-Ago.	REACTIVA	NORMAL	2016-07-15	77788	2016-08-15	78880		1113	
2016-Jul.	ACTIVA	N7/18 (L	2016-06-15	110015	2016-07-15	111318		1329	
2016-Jul.	ACTIVA	N18/22(LV	2016-06-15	47441	2016-07-15	47829		395	
2016-Jul.	ACTIVA	N22/7 LVy	2016-06-15	70676	2016-07-15	71156		489	
2016-Jul.	DEMANDA	N18/22(LV	0-00-00	0	2016-07-15	10		10	

**Figura 6.8:** Detalles de la Factura Eléctrica.

Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

## **CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1) CONCLUSIONES GENERALES**

La Universidad de Cuenca mediante las autoridades y personal encargado de las instalaciones de la granja Irquis, permitió realizar por primera vez una Auditoria Eléctrica, con la finalidad de Desarrollar un Análisis de Eficiencia Energética al subsistema eléctrico de la Granja.

El presente estudio analiza el beneficio energético para la granja Irquis de la Universidad de Cuenca, Facultad de Agronomía, el cual servirá como base para realizar futuros estudios, contribuirá a tener un registro y un plan de mejora acorde a la implementación de nuevos equipos y al avance de la tecnología para así seguir buscando un proceso más eficiente.

Cuando se inició la auditoria se encontró que la granja Irquis no contaba con un plano eléctrico de las instalaciones a nivel de baja tensión, por lo tanto, se realizó este levantamiento lo más detallado posibles, expresado en el ANEXO 1. Obteniendo que tienen un registro actualizado de los diferentes equipos, pero que carece de información del desempeño e información actualizada del funcionamiento de los mismos.

Se realizó un análisis técnico, de la manera que influenciará la incorporación de los aerogeneradores para satisfacer la demanda de la granja, tendrá un aporte de  $23907.66 \text{ KWh/año}$  de energía aproximada durante un año, esto equivale a un ahorro de  $1912.61 \text{ USD}$  con un costo por kilovatio de  $9.39 \text{ cUSD}$ .

## 7.2) RECOMENDACIONES

Las inspecciones regulares de la alimentación eléctrica dentro de las instalaciones, pueden ahorrar tiempo de vida de los aparatos eléctricos y ahorro económico. El análisis de la calidad de energía eléctrica se centra en el registro de parámetros, cuya tendencia nos permite anticipar si se puede producir un mal funcionamiento o incluso una parada crítica a futuro de los equipos instalados, en este contexto hay que tener en cuenta que la estabilidad de voltaje, distorsión armónica y el desequilibrio de las fases, son buenos indicadores de la salud del suministro eléctrico que se tenga en una edificación.

Con estos eventuales indicadores de anomalías, se puede emprender las soluciones a esta mala calidad de energía con elementos analizadores de red como por ejemplo el Fluke, cámara termografía que por cierto es una muy buena herramienta a la hora de detectar puntos calientes o sobrecalentamientos en conductores, conexiones, cuadros eléctricos y motores eléctricos, ya que estos son los primeros indicios de problemas en la calidad de la energía que requieren un análisis profundo.

Por otra parte, al analizador de red Fluke, es un elemento analizador de la calidad de la energía muy versátil, ya que permite detectar perturbaciones como armónicos, variadores de tensión en cargas monofásica y trifásicas, así como también determinar su magnitud al instante, además de ser instrumentos de registro y análisis sirven también para estudiar las cargas y determinar si el sistema eléctrico podría admitir otras nuevas a la estructura eléctrica.

Se invita a tomar en consideración las siguientes recomendaciones para analizar los parámetros de calidad de Energía Eléctrica.

Los primeros pasos para indagar en la estructura eléctrica y diagnosticar si la calidad de energía eléctrica se ve afectada o no, es considerando los siguientes pasos.

- Datos de voltaje. - Un voltaje estable, es decir sin perturbaciones y de valor fundamental dependiendo al que se esté trabajando es necesario

para el funcionamiento ideal de los equipos, se debe comprobar el nivel de voltaje en una acometida cualquiera. Con lo establecido por las regulaciones emitidas por el CONELEC (literal 4.3.1.2 niveles de voltaje),

- Medición del número de huecos y sobre-voltajes. - Cuanto más frecuentes y prolongados sean el número de huecos y sobrevoltajes mayores serán los problemas en las instalaciones, ya que el aumento de la corriente es otro factor importante a considerar, pues puede suponerse una degradación de la carga. Asegurarse que la medida de corriente sea inferior al indicado en la placa característica del equipo, puesto que una elevada corriente de neutro puede indicar la presencia de armónicos o desequilibrios.
- Comprobar los niveles de tensión y corriente armónica. - Es indispensable verificar que los valores de tensión y corriente armónica estén dentro de los valores permitidos para su óptimo funcionamiento según la regulación emitida por el CONELEC (literal 4.3.1).
- Distorsión armónica. - La distorsión armónica engloba los armónicos, el nivel de THD debe situarse según la regulación emitida por el CONELEC (literal 4.3.1), ya que niveles elevados pueden causar problemas.
- Comprobación del equilibrio de la tensión. - En los sistemas trifásicos, el desequilibrio implica un problema en el voltaje de red.
- Factor de potencia. - El factor de potencia, es la relación entre la cantidad de energía utilizada y la suministrada, un factor de potencia de 1 implica una utilización óptima de la energía suministrada, mientras que valores inferiores al 0.92 revelan un consumo ineficiente en el sistema eléctrico según la regulación emitida por el CONELEC (literal 4.3.1).

## **ANEXO 1 PLANOS ELÉCTRICOS DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE**

## ANEXO 2 IDENTIFICACIÓN DE CARGAS ELÉCTRICAS ESPECIALES

### Características de las Cargas Especiales

<b>Cargas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Potencia (W)</b>
Carga Especial "A"	Bomba de agua	Bloque "D" ( TDS 3) (Aulas de Clase)	120	1500
Carga Especial "B"	Molino	Bloque "E" ( TDS 4) (Planta de Balanceados)	240	11140
Carga Especial "C"	Mescladora	Bloque "E" ( TDS 4) (Planta de Balanceados)	240	11140
Carga Especial "D"	Ducha	Bloque "F" ( TDS 5) (Casa de Trabajadores)	120	1500
Carga Especial "E"	Bomba de agua	Bloque "F" ( TDS 5-1) (Casa de Trabajadores)	120	750
Carga Especial "F"	Ducha	Bloque "G" ( TDS 6) (Casa de Estudiantes)	120	1500
Carga Especial "G"	Servidor	Bloque "H" ( TDS 7) (Oficina)	120	1000
Carga Especial "H"	Servidor	Bloque "H" ( TDS 7-2) (Aulas de Computo)	120	1000
Carga Especial "I"	Ducha	Bloque "I" ( TDS 8) (Bar, Comedor Botiquín)	120	1500
Carga Especial "J"	Bomba de Ordeño	Bloque "J" ( TDS 9) (Casa de Ordeño)	120	5500
Carga Especial "K"	Bomba de Leche	Bloque "J" ( TDS 9-1) (Casa de Ordeño)	120	1500
Carga Especial "L"	Purificador de Agua	Bloque "J" ( TDS 9-1) (Casa de Ordeño)	120	500
Carga Especial "M"	Bomba	Bloque "J" ( TDS 9-1) (Casa de Ordeño)	120	750
Carga Especial "N"	Tanque Frio	Bloque "J" ( TDS 9-1) (Casa de Ordeño)	120	7500
Carga Especial "O"	Bomba-agua y Esmeril	Cargas conectadas a red aérea de BT	120	2250
Carga Especial "P"	Picadora	Cargas conectadas a red aérea de BT	120	5500

**ANEXO 3 PLANOS ELÉCTRICOS DE INTERIORES DE LA GRANJA  
IRQUIS**

## ANEXO 4 FOTOGRAFÍAS DEL ESTADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Se presentan un resumen fotográfico donde se constatan problemas generales en el sistema eléctrico en la Granja Irquis de la Universidad de Cuenca.

**Anexo 4.1.-** Condición actual de la estación de transformación.



Red de Medio y Bajo Voltaje  
sin mantenimiento,  
fuente de posibles fallas

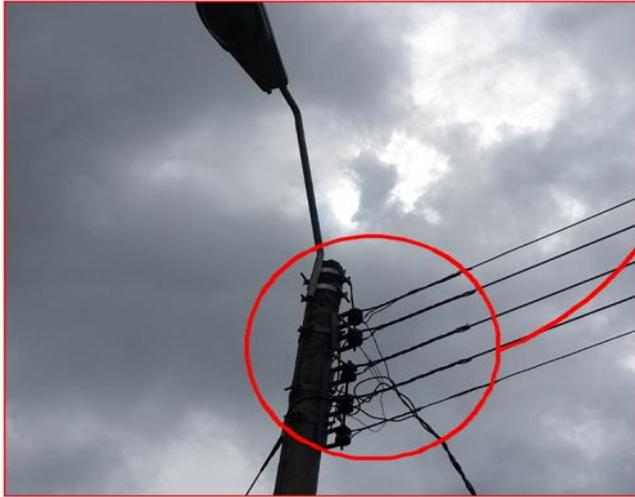
**Anexo 4.2.-** Problemas presentes en la red aérea.



Poste de Hormigòn Armado  
en mal estado  
presenta fisuras



Red de Bajo Voltaje  
sin mantenimiento  
Posibles Fallas



Acometidas conectadas a la Red de Bajo Voltaje de manera manual



Red de Distribución Eléctrica expuesta a cortocircuitos abundancia de vegetación



Empalmes realizados en la Red de Distribución Eléctrica



Luminaria encendida durante el día, pérdidas de energía y altos costos en la planilla eléctrica

**Anexo 4.3.-** Deficiencias en los sistemas de puesta a tierra.



Sistema de Puesta a Tierra carece de mantenimiento y presenta cables a la intemperie

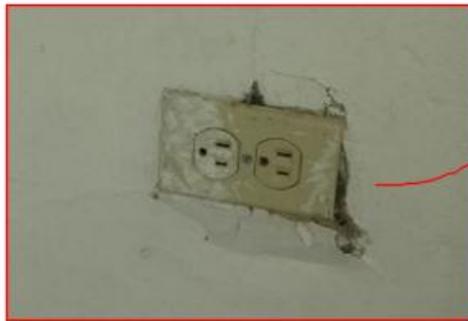


Sistema de Puesta a Tierra carece de mantenimiento y presenta cables a la intemperie

**Anexo 4.4.-** Deficiencia observadas en las instalaciones interiores.



Puntos de Luz sin luminarias



Toma corriente se encuentra deshabilitado



Lámparas que se encuentran dañadas y presentan averías por falta de mantenimiento



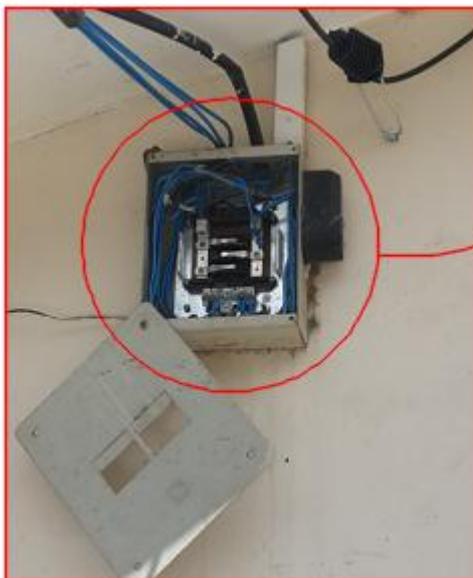
Tomacorrientes dañados y defectuosos



Luminarias deterioradas por falta de mantenimiento



Interruptores destruidos, vulnerables a cortocircuitos



Tablero de Distribución sin protección para los circuitos internos, conexión realizada de forma directa



Tomacorrientes que no se encuentran funcionando y otros casos no existen



Cargas Especiales que pueden derivar en cortocircuitos, ya que se encuentra conectadas a la intemperie

## ANEXO 5 CUADRO DE CARGAS

TDS1 -- M1														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Iluminación + Tomas 110V C1					4		2				1			360
<b>Potencia Total TD1 M1</b>														<b>360</b>
TDS1-1 -- M1														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Iluminación C1								9						864
Tomacorriente 110V C2											6			1200
Iluminación C3					8	16								528
Tomacorriente 110V C4											8			1600
<b>Potencia Total TD2 M2</b>														<b>4192</b>
TDS1-2 -- M1														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Iluminación C1								6						576
Tomacorriente C2											7			1400
<b>Potencia Total TD3 M3</b>														<b>1976</b>

TDS2 -- M1														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Iluminación C1									11					374
Tomacorriente 110V C2											5			1000
Tomacorriente 220V C3												1		500
													Potencia Total TD1 M1	1874
TDS3 -- M1														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Iluminación C1					3	1	1	10						767
Tomacorriente 110V C2											10			2000
Carga Especial. A C3													1	1500
													Potencia Total TD2 M2	4267
TDS4 -- M1														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Iluminación + Tomas 110V + Carga Especial. B + Carga Especial. C C1								1			1		2	22708
													Potencia Total TD3 M3	22708

TDS5 -- M1														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Iluminación + Tomas 110V C1					9						11			2380
Carga Especial. D C2													1	1500
<b>Potencia Total TD1 M1</b>													<b>3880</b>	
TDS5-1 -- M1														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Iluminación C1					8									160
Tomacorriente 110V C2											5			1000
Carga Especial. E C3													1	750
<b>Potencia Total TD2 M2</b>													<b>1910</b>	
TDS6 -- M1														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Iluminación C1						10								230
Tomacorriente 110V C2											15			3000
Carga Especial. F C3													1	1500
<b>Potencia Total TD3 M3</b>													<b>4730</b>	

TDS7—M1														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Iluminación C1			3		9					12				1179
Tomacorriente 110V C2											10			2000
Carga Especial. G C3													1	1000
													Potencia Total TDS7 M1	4179
TDS7-1 -- M1														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Iluminación C1						1			20					1043
Tomacorriente 110V C2											22			4400
Tomacorriente 220V C3												3		1500
													Potencia Total TDS7-1 M1	6943
TDS7-2 -- M1														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Carga Especial. H C1													1	1000
Tomacorriente 110V C2											20			4000
													Potencia Total TDS7-1 M1	5000

TDS8 -- M1														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Iluminación C1						4			2					194
Tomacorriente 110V C2											13			2600
Carga Especial. I C3													1	1500
<b>Potencia Total TD2 M2</b>														<b>4294</b>
TDS9 -- M1														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Carga Especial. J C1													1	5500
<b>Potencia Total TD3 M3</b>														<b>5500</b>
TDS9-1 -- M1														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Carga Especial. K + Carga Especial. L C1													2	2300
Carga Especial. M C2													1	750
Tomacorriente 220V + Carga Especial. N C3												1	1	8000
<b>Potencia Total TD3 M3</b>														<b>11050</b>

TDS9-2 -- M1														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Iluminación C1						24								552
Tomacorriente 110V C2											12			2400
Tomacorriente 110V C3											1			200
<b>Potencia Total TD3 M3</b>														<b>3152</b>
Cargas conectadas a red aérea de BT														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Carga Especial. O C1													1	2250
Carga Especial. P C2													1	5500
<b>Potencia Total TD3 M3</b>														<b>7750</b>
Cargas conectadas a viviendas														
Numero de Circuito	Foco Incand. 100W	Foco Incand. 60W	Foco Ahorr. 13W	Foco Ahorr. 18W	Foco Ahorr. 20W	Foco Ahorr. 23W	Foco Ahorr. 40W	Lampara Flúor. 3x32W	Lampara Flúor. 2x17W	Lampara Flúor. 2x40W	Toma C. 110V	Toma C. 220V	Cargas Esp.220 V	Total Pot.
Vivienda (Fabrica de lácteos) 1													1	2980
Vivienda Residencial 2													1	2980
Vivienda Residencial 3													1	2980
<b>Potencia Total TD3 M3</b>														<b>8940</b>



## ANEXO 6 DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA

CARGA TDS1 -- M1	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Iluminación + Tomas 110V C1	1F/2C	120	360	0,35	126	3	1x20	1x12(12)	126		
Potencia Total TD1			360		126				126	0	0

CARGA TDS1-1 -- M1	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Iluminación C1	1F/2C	120	864	0,7	604,8	7	1x20	1x14(14)	605		
Tomacorriente 110V C2	1F/2C	120	1200	0,35	420	10	1x32	1x12(12)		420	
Iluminación C3	1F/2C	120	528	0,7	369,6	4	1x20	1x14(14)		370	
Tomacorriente 110V C4	1F/2C	120	1600	0,35	560	13	1x32	1x12(12)	560		
Potencia Total TDS1-1			4192		1954,4				1165	790	0

CARGA TDS1-2 -- M1	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Iluminación C1	1F/2C	120	576	0,7	403,2	5	1x32	1x14(14)			
Tomacorriente C2	1F/2C	120	1400	0,35	490	12	1x20	1x12(12)		490	
Potencia Total TDS1-2 - M1			1976		893,2				0	490	0

CARGA TDS2 -- M1	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Iluminación C1	1F/2C	120	374	0,7	261,8	3	1x40	1x14(14)	262		
Tomacorriente 110V C2	1F/2C	120	1000	0,35	350	8	1x40	1x12(12)	350		
Tomacorriente 220V C3	2F/2C	240	500	0,35	175	2	2x40	1x12(12)		175	175
Potencia Total TDS2 - M1			1874		786,8				612	175	175

CARGA TDS3 -- M1	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Iluminación C1	1F/2C	120	767	0,7	536,9	6	1x16	1x14(14)	537		
Tomacorriente 110V C2	1F/2C	120	2000	0,35	700	17	1x20	1x12(12)			700
Carga Especial. A C3	1F/2C	120	1500	1	1500	13	1x20	1x12(12)		1500	
Potencia Total TDS3 - M1			4267		2736,9				537	1500	700

CARGA TDS4 -- M1	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Iluminación + Tomas 110V + Carga Especial. B + Carga Especial. C C1	3F/3C	240	22708	1	22708	95	3x60	3x8(8)	22708	22708	22708
Potencia Total TDS4 - M1			22708		22708				22708	22708	22708

CARGA TDS5 -- M1	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Iluminación + Tomas 110V C1	1F/2C	120	2380	0,35	833	20	1x20	1x12(12)	833		
Carga Especial. D C2	1F/2C	120	1500	1	1500	13	1x20	1x12(12)			1500
Potencia Total TDS5 - M1			3880		2333				833	0	1500

CARGA TDS5-1 -- M1	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Iluminación C1	1F/2C	120	160	0,7	112	1	1x16	1x14(14)	112		
Tomacorriente 110V C2	1F/2C	120	1000	0,35	350	8	1x20	1x12(14)	350		
Carga Especial. E C3	1F/2C	120	750	1	750	6	1x32	1x12(12)	750		
Potencia Total TDS5-1 - M1			1910		1212				1212	0	0

CARGA TDS6 -- M1	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Iluminación C1	1F/2C	120	230	0,7	161	2	1x20	1x14(14)	161		
Tomacorriente 110V C2	1F/2C	120	3000	0,35	1050	25	1x20	1x12(14)			1050
Carga Especial. F C3	1F/2C	120	1500	1	1500	13	1x32	1x12(12)	1500		
Potencia Total TDS6 - M1			4730		2711				1661	0	1050

CARGA TDS7 -- M1	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Iluminación C1	1F/2C	120	1179	0,7	825,3	10	1x16	1x14(14)			825
Tomacorriente 110V C2	1F/2C	120	2000	0,35	700	17	1x20	1x12(12)		700	
Carga Especial. G C3	1F/2C	120	1000	1	1000	8	1x20	1x12(12)	1000	1000	
Potencia Total TDS7 - M1			4179		2525,3				1000	1700	825

CARGA TDS7-1 -- M1	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Iluminación C1	1F/2C	120	1043	0,7	730,1	9	1x16	1x14(14)			730
Tomacorriente 110V C2	1F/2C	120	4400	0,35	1540	37	1x20	1x12(12)		1540	
Tomacorriente 220V C3	2F/2C	240	1500	0,35	525	6	2x32	1x12(12)		525	525
Potencia Total TDS7-1 - M1			6943		2795,1				0	2065	1255

CARGA TDS7-2 -- M1	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Carga Especial. H C1	1F/2C	120	1000	1	1000	8	1x20	1x12(12)	1000		
Tomacorriente 110V C2	1F/2C	120	4000	0,35	1400	33	1x20	1x12(12)		1400	
Potencia Total TDS7-2 - M1			5000		2400				1000	1400	0

CARGA TDS8 -- M1	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Iluminación C1	1F/2C	120	194	0,7	135,8	2	1x16	1x14(14)			136
Tomacorriente 110V C2	1F/2C	120	2600	0,35	910	22	1x20	1x12(12)			910
Carga Especial. I C3	1F/2C	120	1500	1	1500	13	1x32	1x12(12)			1500
Potencia Total TDS8 - M1			4294		2545,8				0	0	2546

CARGA TDS9 -- M1	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Carga Especial. J C1	2F/2C	240	5500	1	5500	23	2x50	2x8(8)	5500		5500
Potencia Total TDS9 - M1			5500		5500				5500	0	5500

CARGA TDS9-1 -- M1	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Carga Especial. K + Carga Especial. L C1	1F/2C	120	2300	1	2300	19	1x20	1x12(12)	2300		
Carga Especial. M C2	1F/2C	120	750	1	750	6	1x32	1x12(12)			750
Tomacorriente 220V + Carga Especial. N C3	2F/2C	240	8000	1	8000	33	2x32	2x12	8000		8000
Potencia Total TDS9-1 - M1			11050		11050				10300	0	8750

CARGA TDS9-2 -- M1	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Iluminación C1	1F/2C	120	552	0,7	386,4	5	1x15	1x14(14)		386	
Tomacorriente 110V C2	1F/2C	120	2400	0,35	840	20	1x20	1x12(12)	840		
Tomacorriente 110V C3	1F/2C	120	200	0,35	70	2	1x15	1x12(12)		70	
Potencia Total TDS9-2 - M1			3152		1296,4				840	456	0

CARGA CCR=Cargas conectadas a red aérea de BT	# Fases	Voltaje (V)	Carga Instalada (W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Carga Especial. O C1	2F/2C	240	2250	1	2250	9	Direc	3x8(8)	2250	2250	2250
Carga Especial. P C2	2F/2C	240	5500	1	5500	23	Direc	3x8(8)	5500		5500
Potencia Total TDS9-2 - M1			7750		7750				7750	2250	7750

CARGA CCV=Cargas conectadas a viviendas	# Fases	Voltaje (V)	Carga medido(W)	Factor de Demanda	Demanda Máxima (W)	Corriente (A)	Protección	Circuito AWG	Conexión a Fases		
									L1	L2	L3
Vivienda (Fabrica de lácteos) 1	2F/2C	240	2980	0,7	2086	12	3x40	1x12(12)	2086	2086	2086
Vivienda Residencial 2	2F/2C	240	2980	0,7	2086	12	2x50	1x12(12)	2086		2086
Vivienda Residencial 3	2F/2C	240	2980	0,7	2086	12	2x50	1x12(12)	2086	2086	
Potencia Total TDS9-2 - M1			8940		6258				6258	4172	4172



## ANEXO 7 CAÍDAS DE VOLTAJE EN LOS TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

### CALCULO DE CAÍDA DE VOLTAJE DE CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN, FUERZA Y CARGAS ESPECIALES

$$e\% = 4 \times (L \times I) / (S \times V)$$

e= caída de voltaje en %

L= longitud en metros

I= corriente en amperios

S= sección del conductor en mm<sup>2</sup>

V= voltaje en voltios

<b>MAXIMA e= 15,27</b>
------------------------

Calibre #	Sección	Corriente
AWG	(mm <sup>2</sup> )	A
14	2,081	30
12	3,309	40
10	5,261	55
8	8,36	70
6	13,30	95
4	21,15	110
2	33,62	165
1/0	53,48	225
4/0	107,20	340

TRAMO		COS Φ	POTENCIA	LONGITUD	CORRIENTE	VOLTAJE	PROTECC	SECCION	CALIBRE #	e PARCIAL
Tableros de Distrución	Hasta		(W)	(M)	(A)	(V)	(A)	(mm <sup>2</sup> )	AWG	%
Iluminación + Tomas 110V C1	TDS1	0,95	360	14	3,44	110	1x20	3,309	12	0,53
<b>TDS1</b>	<b>P1</b>	<b>0,95</b>	<b>6528</b>	<b>22</b>	<b>31,23</b>	<b>220</b>		<b>8,36</b>	<b>8</b>	<b>1,49</b>
Iluminación C1	TDS1-1	0,95	864	12	8,27	110	1x20	2,081	14	1,73
Tomacorriente 110V C2	TDS1-1	0,95	1200	15	11,48	110	1x32	3,309	12	1,89
Iluminación C3	TDS1-1	0,95	528	36	5,05	110	1x20	2,081	14	3,18
Tomacorriente 110V C4	TDS1-1	0,95	1600	45	15,31	110	1x32	3,309	12	7,57
<b>TDS1-1</b>	<b>TDS1</b>	<b>0,95</b>	<b>4192</b>	<b>12</b>	<b>40,11</b>	<b>110</b>		<b>3,31</b>	<b>12</b>	<b>5,29</b>
Iluminación C1	TDS1-2	0,95	576	28	5,51	110	1x32	2,081	14	2,70
Tomacorriente C2	TDS1-2	0,95	1400	35	13,40	110	1x20	3,309	12	5,15
<b>TDS1-2</b>	<b>TDS1</b>	<b>0,95</b>	<b>1976</b>	<b>58</b>	<b>18,91</b>	<b>110</b>		<b>8,36</b>	<b>8</b>	<b>4,77</b>
Iluminación C1	TDS2	0,95	374	27	3,58	110	1x40	2,081	14	1,69
Tomacorriente 110V C2	TDS2	0,95	1000	31	9,57	110	1x40	3,309	12	3,26
Tomacorriente 220V C3	TDS2	0,95	500	17	2,39	220	2x40	3,309	12	0,22
<b>TDS2</b>	<b>P2</b>	<b>0,95</b>	<b>1874</b>	<b>16</b>	<b>5,18</b>	<b>220</b>		<b>8,36</b>	<b>8</b>	<b>0,18</b>
Iluminación C1	TUPS3	0,95	767	25	7,34	110	1x16	2,081	14	3,21
Tomacorriente 110V C2	TUPS3	0,95	2000	29	19,14	110	1x20	3,309	12	6,10
Carga Especial. A C3	TUPS3	0,95	1500	26	14,35	110	1x20	3,309	12	4,10
<b>TDS3</b>	<b>P1</b>	<b>0,95</b>	<b>4267</b>	<b>18</b>	<b>11,80</b>	<b>220</b>		<b>8,36</b>	<b>8</b>	<b>0,46</b>

Iluminación + Tomas 110V + Carga Especial. B + Carga Especial. C C1	TDS4	0,95	22708	22	62,80	220	3x60	8,36	8	3,00
<b>TDS4</b>	<b>P3</b>	<b>0,95</b>	<b>22708</b>	<b>23</b>	<b>62,80</b>	<b>220</b>		<b>8,36</b>	<b>8</b>	<b>3,14</b>
Iluminación + Tomas 110V C1	TDS5	0,95	2380	31	22,78	110	1x20	3,309	12	7,76
Carga Especial. D C2	TDS5	0,95	1500	14	14,35	110	1x20	3,309	12	2,21
<b>TDS5</b>	<b>P4</b>	<b>0,95</b>	<b>5790</b>	<b>19</b>	<b>27,70</b>	<b>220</b>		<b>8,36</b>	<b>8</b>	<b>1,14</b>
Iluminación C1	TDS5-1	0,95	160	13	1,53	110	1x16	2,081	14	0,35
Tomacorriente 110V C2	TDS5-1	0,95	1000	10	9,57	110	1x20	3,309	12	1,05
Carga Especial. E C3	TDS5-1	0,95	750	12	7,18	110	1x32	3,309	12	0,95
<b>TDS5-1</b>	<b>TDS5</b>	<b>0,95</b>	<b>1910</b>	<b>32</b>	<b>18,28</b>	<b>110</b>		<b>3,39</b>	<b>8</b>	<b>6,27</b>
Iluminación C1	TDS6	0,95	230	30	2,20	110	1x20	2,081	14	1,15
Tomacorriente 110V C2	TDS6	0,95	3000	38	28,71	110	1x20	3,309	12	11,99
Carga Especial. F C3	TDS6	0,95	1500	9	14,35	110	1x32	3,309	12	1,42
<b>TDS6</b>	<b>P4</b>	<b>0,95</b>	<b>4730</b>	<b>55</b>	<b>22,63</b>	<b>220</b>		<b>8,36</b>	<b>8</b>	<b>2,71</b>
Iluminación C1	TDS7	0,95	1179	46	11,28	110	1x16	2,081	14	9,07
Tomacorriente 110V C2	TDS7	0,95	2000	49	19,14	110	1x20	3,309	12	10,31
Carga Especial. G C3	TDS7	0,95	1000	12	9,57	110	1x20	3,309	12	1,26
<b>TDS7</b>	<b>P10</b>	<b>0,95</b>	<b>16122</b>	<b>19</b>	<b>44,59</b>	<b>220</b>		<b>8,36</b>	<b>8</b>	<b>1,84</b>
Iluminación C1	TDS7-1	0,95	1043	21	9,98	110	1x16	2,081	14	3,66
Tomacorriente 110V C2	TDS7-1	0,95	4400	33	42,11	110	1x20	3,309	12	15,27
Tomacorriente 220V C3	TDS7-1	0,95	1500	13	7,18	220	2x32	3,309	12	0,51
<b>TDS7-1</b>	<b>TDS7</b>	<b>0,95</b>	<b>6943</b>	<b>26</b>	<b>33,22</b>	<b>220</b>		<b>8,36</b>	<b>8</b>	<b>1,88</b>
Carga Especial. H C1	TDS7-2	0,95	1000	7	9,57	110	1x20	3,309	12	0,74
Tomacorriente 110V C2	TDS7-2	0,95	4000	23	38,28	110	1x20	3,309	12	9,67
<b>TDS7-2</b>	<b>TDS7</b>	<b>0,95</b>	<b>5000</b>	<b>19</b>	<b>23,92</b>	<b>220</b>		<b>8,36</b>	<b>8</b>	<b>0,99</b>
Iluminación C1	TDS8	0,95	194	19	1,86	110	1x16	2,081	14	0,62
Tomacorriente 110V C2	TDS8	0,95	2600	28	24,88	110	1x20	3,309	12	7,66
Carga Especial. I C3	TDS8	0,95	1500	13	14,35	110	1x32	3,309	12	2,05
<b>TDS8</b>	<b>CP1</b>	<b>0,95</b>	<b>4294</b>	<b>20</b>	<b>41,09</b>	<b>110</b>		<b>3,309</b>	<b>12</b>	<b>9,03</b>
Carga Especial. J C1	TDS9	0,95	5500	9	26,32	220	2x50	8,36	8	0,52
<b>TDS9</b>	<b>P8</b>	<b>0,95</b>	<b>19702</b>	<b>17</b>	<b>94,27</b>	<b>220</b>		<b>8,36</b>	<b>8</b>	<b>3,49</b>
Carga Especial. K + Carga Especial. L C1	TDS9-1	0,95	2300	15	22,01	110	1x20	3,309	12	3,63
Carga Especial. M C2	TDS9-1	0,95	750	21	7,18	110	1x32	3,309	12	1,66
Tomacorriente 220V + Carga Especial. N C3	TDS9-1	0,95	8000	14	38,28	220	2x32	3,309	12	2,94
<b>TDS9-1</b>	<b>TDS9</b>	<b>0,95</b>	<b>11050</b>	<b>3</b>	<b>52,87</b>	<b>220</b>		<b>8,36</b>	<b>8</b>	<b>0,34</b>
Iluminación C1	TDS9-2	0,95	552	97	5,28	110	1x15	2,081	14	8,95
Tomacorriente 110V C2	TDS9-2	0,95	2400	47	22,97	110	1x20	3,309	12	11,86
Tomacorriente 110V C3	TDS9-2	0,95	200	8	1,11	110	1x15	3,309	12	0,10
<b>TDS9-2</b>	<b>TDS9</b>	<b>0,95</b>	<b>3152</b>	<b>15</b>	<b>15,08</b>	<b>220</b>		<b>3,309</b>	<b>12</b>	<b>1,24</b>
Carga Especial. O C1	P8	0,95	2250	33	6,22	220		3,309	12	1,13
Carga Especial. P C2	P7	0,95	5500	37	15,21	220		3,309	12	3,09
<b>Cargas a red aérea de BT</b>		<b>0,95</b>	<b>7750</b>	<b>15</b>	<b>21,43</b>	<b>220</b>		<b>8,36</b>	<b>8</b>	<b>0,70</b>
Vivienda (Fabrica de lácteos) 1	P11	0,95	2980		16,48	110	3x40	3,309	12	0,00
Vivienda Residencial 2	P11	0,95	2980		16,48	110	2x50	3,309	12	0,00
Vivienda Residencial 3	P11	0,95	2980		16,48	110	2x50	3,309	12	0,00
<b>Cargas a viviendas</b>	<b>P11</b>	<b>0,95</b>	<b>8940</b>	<b>22</b>	<b>24,73</b>	<b>220</b>		<b>8,36</b>	<b>8</b>	<b>1,18</b>
									<b>e% máx.</b>	<b>15,27</b>

## **ANEXO 8 CURVAS DE PARÁMETROS DE CALIDAD ELÉCTRICA**

Las curvas que se muestran contiene niveles de voltajes, armónicos de voltaje (THDv), flickers de corta duración (Pst), factor de potencia (Fp), potencias y energías totales, registradas con el analizador de red (Fluke 435) en el transformador trifásico, tablero de distribución del tanque de frío y laboratorio de embriones y oficinas.

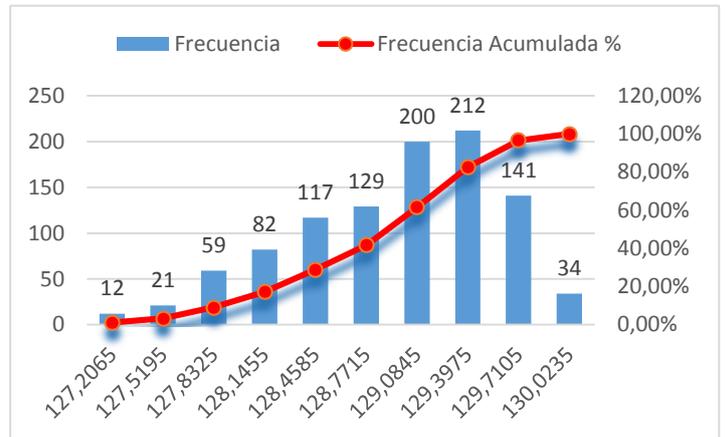
Para el análisis efectuado se obtuvo gráficas de frecuencia acumulada de los valores registrados del equipo de medición, de acuerdo a intervalos establecidos y así establecer el número de veces que se repite cada valor.

## REGISTRO EFECTUADO EN EL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

- Nivel de voltaje

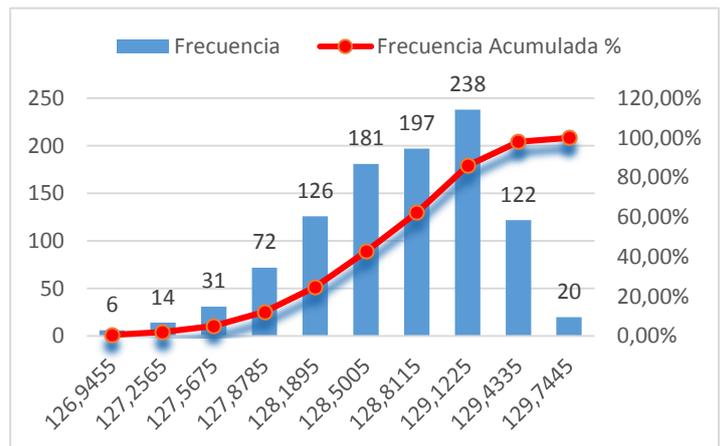
### FASE A

$\Delta V$ (MEDIO)	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
127,2065	12	1,19%	12	1,19%
127,5195	21	2,09%	33	3,28%
127,8325	59	5,86%	92	9,14%
128,1455	82	8,14%	174	17,28%
128,4585	117	11,62%	291	28,90%
128,7715	129	12,81%	420	41,71%
129,0845	200	19,86%	620	61,57%
129,3975	212	21,05%	832	82,62%
129,7105	141	14,00%	973	96,62%
130,0235	34	3,38%	1007	100,00%



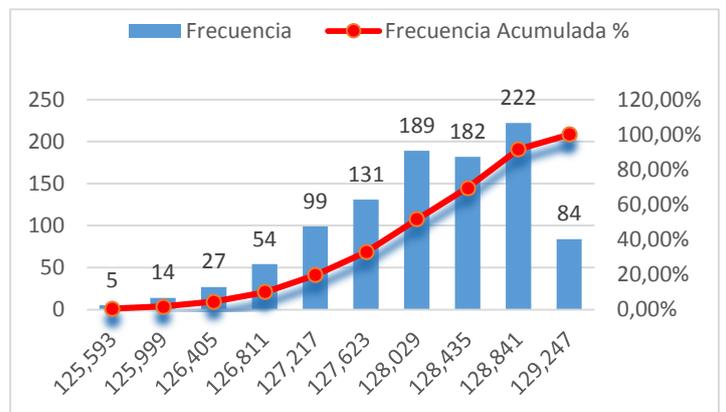
### FASE B

$\Delta V$ (MEDIO)	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
126,9455	6	0,60%	6	0,60%
127,2565	14	1,39%	20	1,99%
127,5675	31	3,08%	51	5,06%
127,8785	72	7,15%	123	12,21%
128,1895	126	12,51%	249	24,73%
128,5005	181	17,97%	430	42,70%
128,8115	197	19,56%	627	62,26%
129,1225	238	23,63%	865	85,90%
129,4335	122	12,12%	987	98,01%
129,7445	20	1,99%	1007	100,00%



### FASE C

$\Delta V$ (MEDIO)	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
125,593	5	0,50%	5	0,50%
125,999	14	1,39%	19	1,89%
126,405	27	2,68%	46	4,57%
126,811	54	5,36%	100	9,93%
127,217	99	9,83%	199	19,76%
127,623	131	13,01%	330	32,77%
128,029	189	18,77%	519	51,54%
128,435	182	18,07%	701	69,61%
128,841	222	22,05%	923	91,66%
129,247	84	8,34%	1007	100,00%



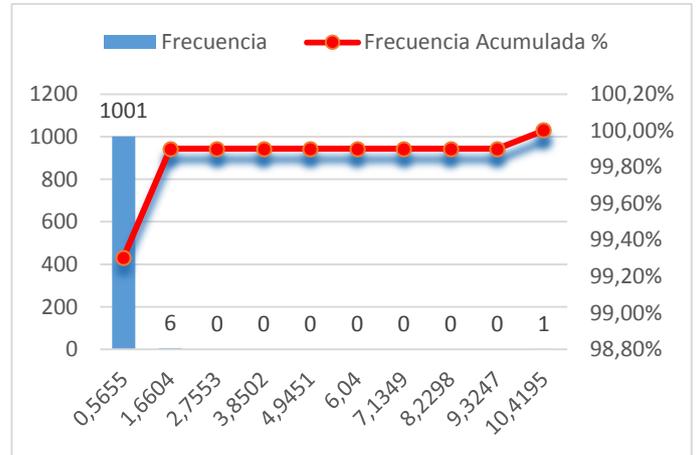
**Figura 1:** Curvas de frecuencia de Voltajes en las fases A, B y C.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- Flicker de corta duración (Pst)

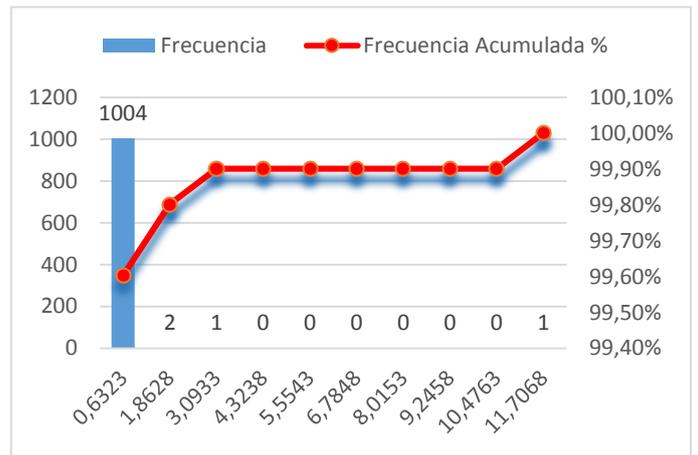
### FASE A

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,5655	1001	99,31%	1001	99,31%
1,6604	6	0,60%	1007	99,90%
2,7553	0	0,00%	1007	99,90%
3,8502	0	0,00%	1007	99,90%
4,9451	0	0,00%	1007	99,90%
6,04	0	0,00%	1007	99,90%
7,1349	0	0,00%	1007	99,90%
8,2298	0	0,00%	1007	99,90%
9,3247	0	0,00%	1007	99,90%
10,4195	1	0,10%	1008	100,00%



### FASE B

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,6323	1004	99,60%	1004	99,60%
1,8628	2	0,20%	1006	99,80%
3,0933	1	0,10%	1007	99,90%
4,3238	0	0,00%	1007	99,90%
5,5543	0	0,00%	1007	99,90%
6,7848	0	0,00%	1007	99,90%
8,0153	0	0,00%	1007	99,90%
9,2458	0	0,00%	1007	99,90%
10,4763	0	0,00%	1007	99,90%
11,7068	1	0,10%	1008	100,00%



### FASE C

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,541	1000	99,21%	1000	99,21%
1,5849	6	0,60%	1006	99,80%
2,6288	0	0,00%	1006	99,80%
3,6727	0	0,00%	1006	99,80%
4,7166	1	0,10%	1007	99,90%
5,7605	0	0,00%	1007	99,90%
6,8044	0	0,00%	1007	99,90%
7,8483	0	0,00%	1007	99,90%
8,8922	0	0,00%	1007	99,90%
9,9361	1	0,10%	1008	100,00%

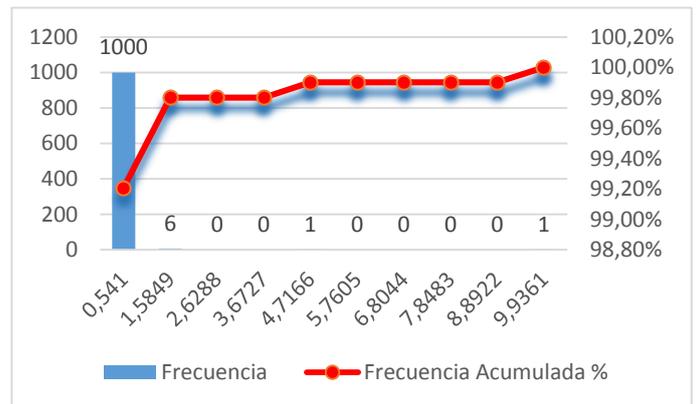


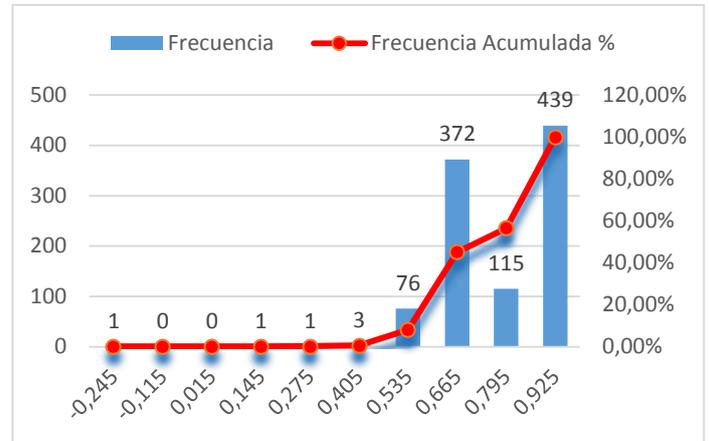
Figura 2: Curvas de frecuencia de Flicker de corta duración en las fases A, B y C.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- Factor de potencia

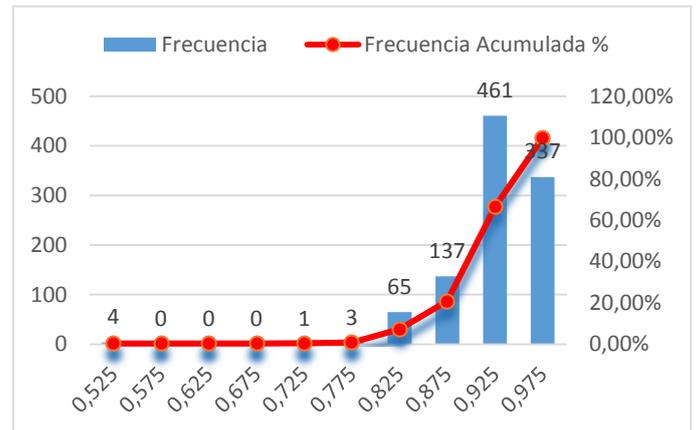
### FASE A

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
-0,245	1	0,10%	1	0,10%
-0,115	0	0,00%	1	0,10%
0,015	0	0,00%	1	0,10%
0,145	1	0,10%	2	0,20%
0,275	1	0,10%	3	0,30%
0,405	3	0,30%	6	0,60%
0,535	76	7,54%	82	8,13%
0,665	372	36,90%	454	45,04%
0,795	115	11,41%	569	56,45%
0,925	439	43,55%	1008	100,00%



### FASE B

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,525	4	0,40%	4	0,40%
0,575	0	0,00%	4	0,40%
0,625	0	0,00%	4	0,40%
0,675	0	0,00%	4	0,40%
0,725	1	0,10%	5	0,50%
0,775	3	0,30%	8	0,79%
0,825	65	6,45%	73	7,24%
0,875	137	13,59%	210	20,83%
0,925	461	45,73%	671	66,57%
0,975	337	33,43%	1008	100,00%



### FASE C

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,211	1	0,10%	1	0,10%
0,293	9	0,89%	10	0,99%
0,375	95	9,42%	105	10,42%
0,457	136	13,49%	241	23,91%
0,539	70	6,94%	311	30,85%
0,621	59	5,85%	370	36,71%
0,703	23	2,28%	393	38,99%
0,785	4	0,40%	397	39,38%
0,867	4	0,40%	401	39,78%
0,949	607	60,22%	1008	100,00%

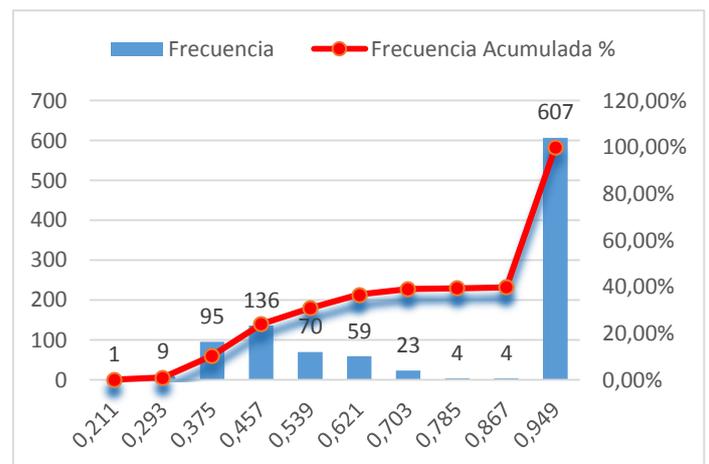


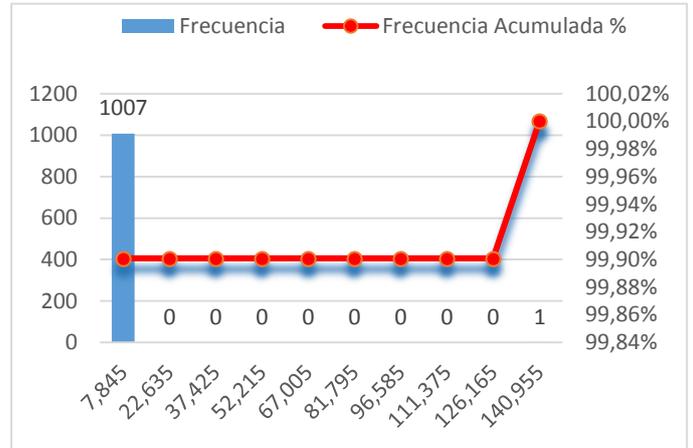
Figura 3: Curvas de frecuencia del Factor de Potencia en las fases A, B y C.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- Armónicos de voltaje (THDv)

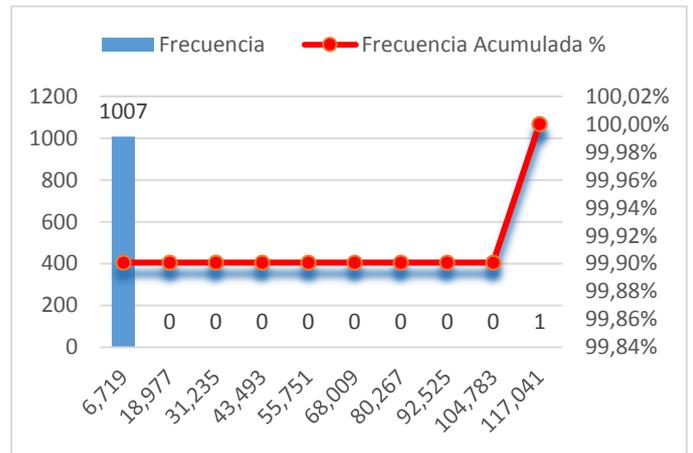
### FASE A

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
7,845	1007	99,90%	1007	99,90%
22,635	0	0,00%	1007	99,90%
37,425	0	0,00%	1007	99,90%
52,215	0	0,00%	1007	99,90%
67,005	0	0,00%	1007	99,90%
81,795	0	0,00%	1007	99,90%
96,585	0	0,00%	1007	99,90%
111,375	0	0,00%	1007	99,90%
126,165	0	0,00%	1007	99,90%
140,955	1	0,10%	1008	100,00%



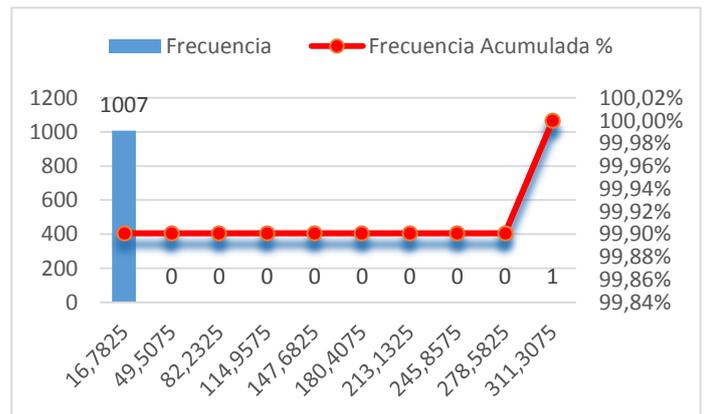
### FASE B

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
6,719	1007	99,90%	1007	99,90%
18,977	0	0,00%	1007	99,90%
31,235	0	0,00%	1007	99,90%
43,493	0	0,00%	1007	99,90%
55,751	0	0,00%	1007	99,90%
68,009	0	0,00%	1007	99,90%
80,267	0	0,00%	1007	99,90%
92,525	0	0,00%	1007	99,90%
104,783	0	0,00%	1007	99,90%
117,041	1	0,10%	1008	100,00%



### FASE C

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
16,7825	1007	99,90%	1007	99,90%
49,5075	0	0,00%	1007	99,90%
82,2325	0	0,00%	1007	99,90%
114,9575	0	0,00%	1007	99,90%
147,6825	0	0,00%	1007	99,90%
180,4075	0	0,00%	1007	99,90%
213,1325	0	0,00%	1007	99,90%
245,8575	0	0,00%	1007	99,90%
278,5825	0	0,00%	1007	99,90%
311,3075	1	0,10%	1008	100,00%



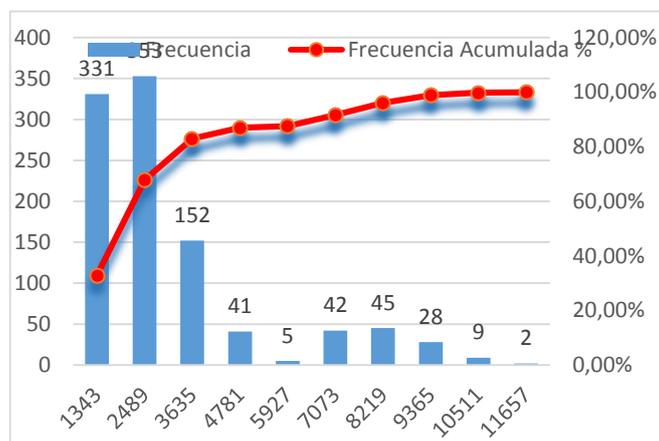
**Figura 4:** Curvas de frecuencia de Armónicos de Voltaje (THDv) en las fases A, B y C.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- **Potencias totales**

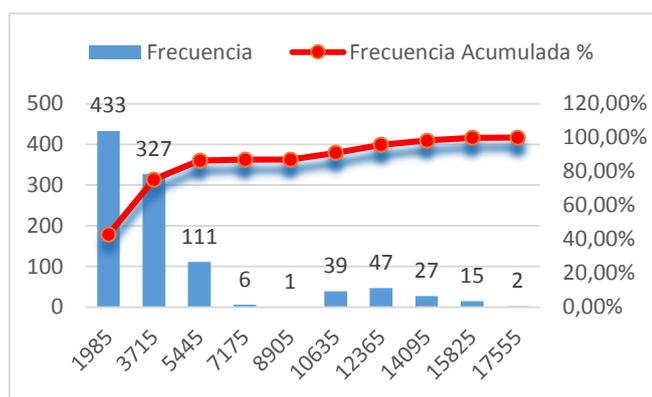
### Potencia Activa total

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
1343	331	32,84%	331	32,84%
2489	353	35,02%	684	67,86%
3635	152	15,08%	836	82,94%
4781	41	4,07%	877	87,00%
5927	5	0,50%	882	87,50%
7073	42	4,17%	924	91,67%
8219	45	4,46%	969	96,13%
9365	28	2,78%	997	98,91%
10511	9	0,89%	1006	99,80%
11657	2	0,20%	1008	100,00%



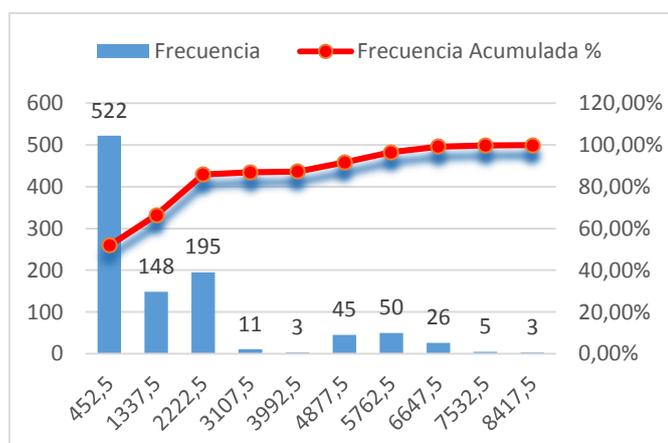
### Potencia Aparente total

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
1985	433	42,96%	433	42,96%
3715	327	32,44%	760	75,40%
5445	111	11,01%	871	86,41%
7175	6	0,60%	877	87,00%
8905	1	0,10%	878	87,10%
10635	39	3,87%	917	90,97%
12365	47	4,66%	964	95,63%
14095	27	2,68%	991	98,31%
15825	15	1,49%	1006	99,80%
17555	2	0,20%	1008	100,00%



### Potencia Reactiva total

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
452,5	522	51,79%	522	51,79%
1337,5	148	14,68%	670	66,47%
2222,5	195	19,35%	865	85,81%
3107,5	11	1,09%	876	86,90%
3992,5	3	0,30%	879	87,20%
4877,5	45	4,46%	924	91,67%
5762,5	50	4,96%	974	96,63%
6647,5	26	2,58%	1000	99,21%
7532,5	5	0,50%	1005	99,70%
8417,5	3	0,30%	1008	100,00%



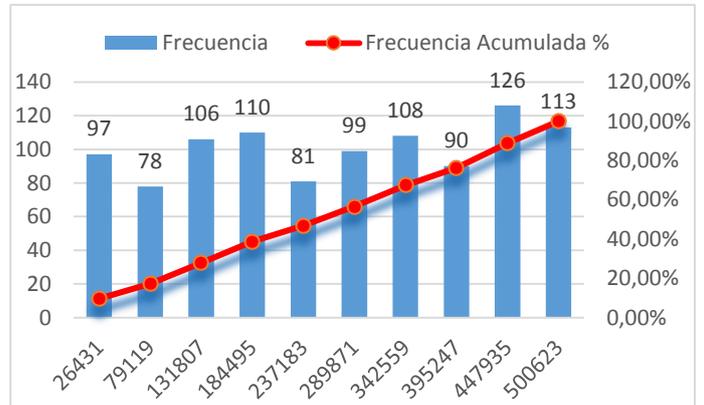
**Figura 5:** Curvas de frecuencia de Potencias totales.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- **Energías totales**

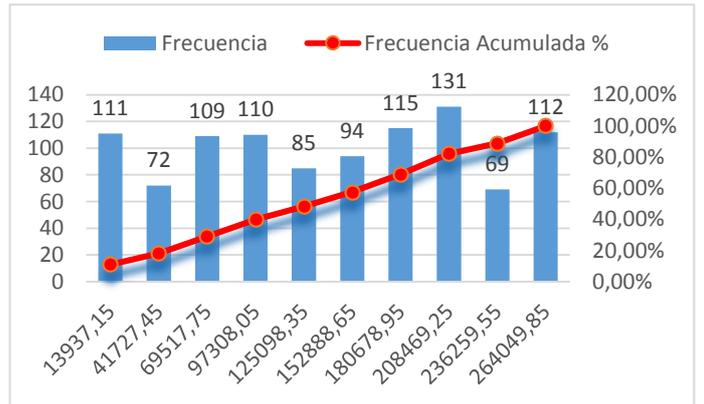
### Energía Activa total

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
26431	97	9,62%	97	9,62%
79119	78	7,74%	175	17,36%
131807	106	10,52%	281	27,88%
184495	110	10,91%	391	38,79%
237183	81	8,04%	472	46,83%
289871	99	9,82%	571	56,65%
342559	108	10,71%	679	67,36%
395247	90	8,93%	769	76,29%
447935	126	12,50%	895	88,79%
500623	113	11,21%	1008	100,00%



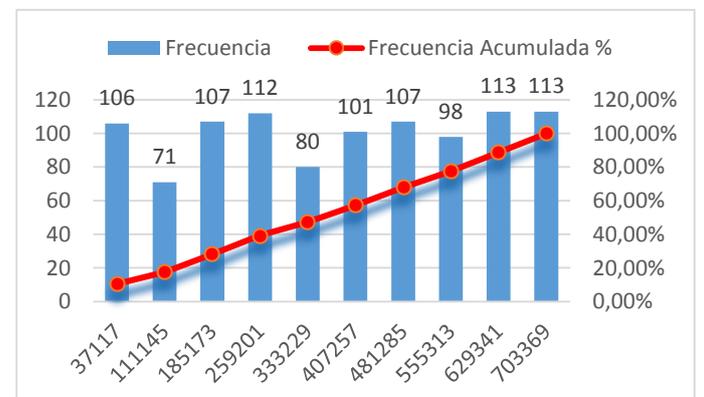
### Energía Reactiva total

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
13937,15	111	11,01%	111	11,01%
41727,45	72	7,14%	183	18,15%
69517,75	109	10,81%	292	28,97%
97308,05	110	10,91%	402	39,88%
125098,35	85	8,43%	487	48,31%
152888,65	94	9,33%	581	57,64%
180678,95	115	11,41%	696	69,05%
208469,25	131	13,00%	827	82,04%
236259,55	69	6,85%	896	88,89%
264049,85	112	11,11%	1008	100,00%



### Energía Aparente total

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
37117	106	10,52%	106	10,52%
111145	71	7,04%	177	17,56%
185173	107	10,62%	284	28,17%
259201	112	11,11%	396	39,29%
333229	80	7,94%	476	47,22%
407257	101	10,02%	577	57,24%
481285	107	10,62%	684	67,86%
555313	98	9,72%	782	77,58%
629341	113	11,21%	895	88,79%
703369	113	11,21%	1008	100,00%



**Figura 6:** Curvas de frecuencia de Energías totales.

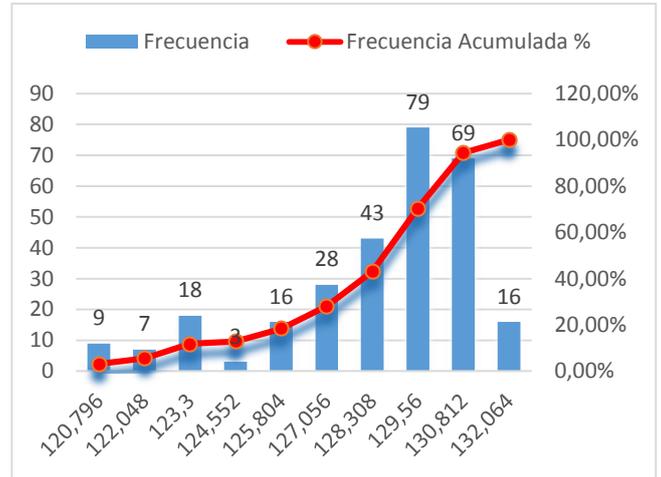
Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

## REGISTRO EFECTUADO EN EL TANQUE FRÍO

- Nivel de Voltaje

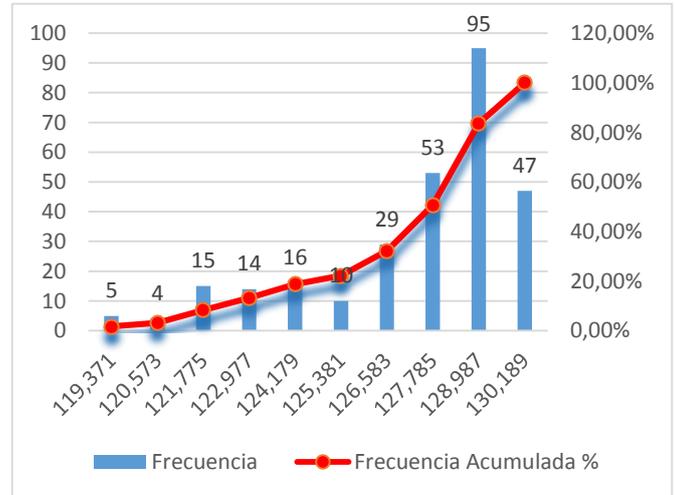
### FASE A

$\Delta V$ (MEDIO)	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
120,796	9	3,13%	9	3,13%
122,048	7	2,43%	16	5,56%
123,3	18	6,25%	34	11,81%
124,552	3	1,04%	37	12,85%
125,804	16	5,56%	53	18,40%
127,056	28	9,72%	81	28,13%
128,308	43	14,93%	124	43,06%
129,56	79	27,43%	203	70,49%
130,812	69	23,96%	272	94,44%
132,064	16	5,56%	288	100,00%



### FASE B

$\Delta V$ (MEDIO)	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
119,371	5	1,74%	5	1,74%
120,573	4	1,39%	9	3,13%
121,775	15	5,21%	24	8,33%
122,977	14	4,86%	38	13,19%
124,179	16	5,56%	54	18,75%
125,381	10	3,47%	64	22,22%
126,583	29	10,07%	93	32,29%
127,785	53	18,40%	146	50,69%
128,987	95	32,99%	241	83,68%
130,189	47	16,32%	288	100,00%



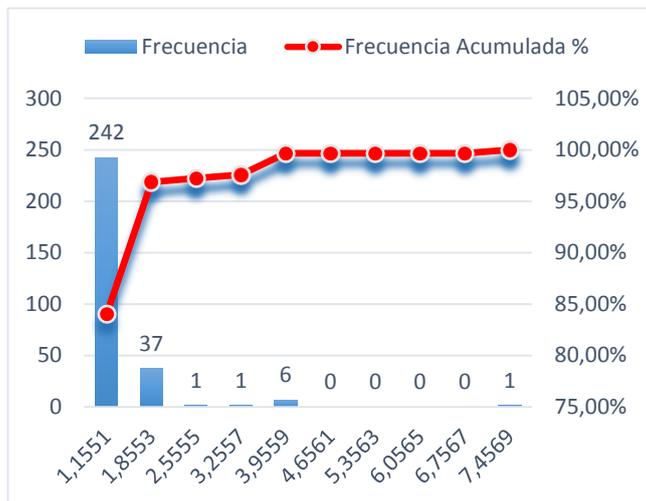
**Figura 7:** Curvas de frecuencia de Voltajes en las fases A y B.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- **Flicker de corta duración (Pst)**

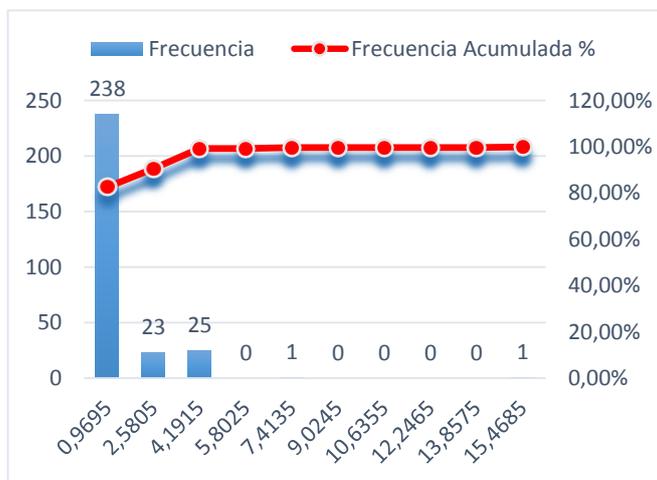
**FASE A**

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
1,1551	242	84,03%	242	84,03%
1,8553	37	12,85%	279	96,88%
2,5555	1	0,35%	280	97,22%
3,2557	1	0,35%	281	97,57%
3,9559	6	2,08%	287	99,65%
4,6561	0	0,00%	287	99,65%
5,3563	0	0,00%	287	99,65%
6,0565	0	0,00%	287	99,65%
6,7567	0	0,00%	287	99,65%
7,4569	1	0,35%	288	100,00%



**FASE B**

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,9695	238	82,64%	238	82,64%
2,5805	23	7,99%	261	90,63%
4,1915	25	8,68%	286	99,31%
5,8025	0	0,00%	286	99,31%
7,4135	1	0,35%	287	99,65%
9,0245	0	0,00%	287	99,65%
10,6355	0	0,00%	287	99,65%
12,2465	0	0,00%	287	99,65%
13,8575	0	0,00%	287	99,65%
15,4685	1	0,35%	288	100,00%



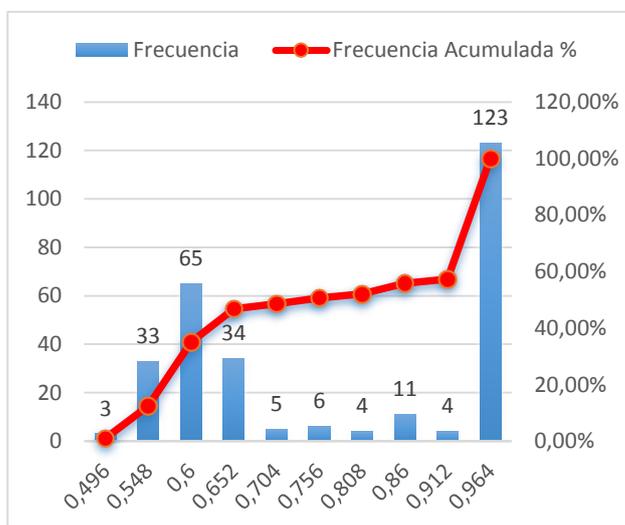
**Figura 8:** Curvas de frecuencia de Flicker de corta duración en las fases A y B.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- **Factor de Potencia**

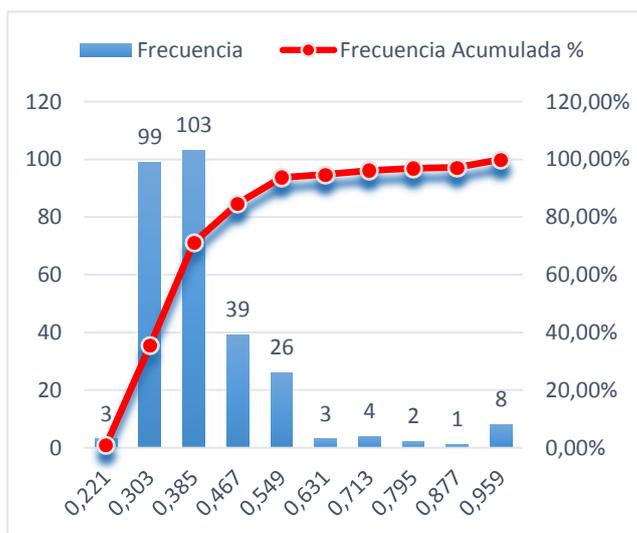
### FASE A

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,496	3	1,04%	3	1,04%
0,548	33	11,46%	36	12,50%
0,6	65	22,57%	101	35,07%
0,652	34	11,81%	135	46,88%
0,704	5	1,74%	140	48,61%
0,756	6	2,08%	146	50,69%
0,808	4	1,39%	150	52,08%
0,86	11	3,82%	161	55,90%
0,912	4	1,39%	165	57,29%
0,964	123	42,71%	288	100,00%



### FASE B

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,221	3	1,04%	3	1,04%
0,303	99	34,38%	102	35,42%
0,385	103	35,76%	205	71,18%
0,467	39	13,54%	244	84,72%
0,549	26	9,03%	270	93,75%
0,631	3	1,04%	273	94,79%
0,713	4	1,39%	277	96,18%
0,795	2	0,69%	279	96,88%
0,877	1	0,35%	280	97,22%
0,959	8	2,78%	288	100,00%



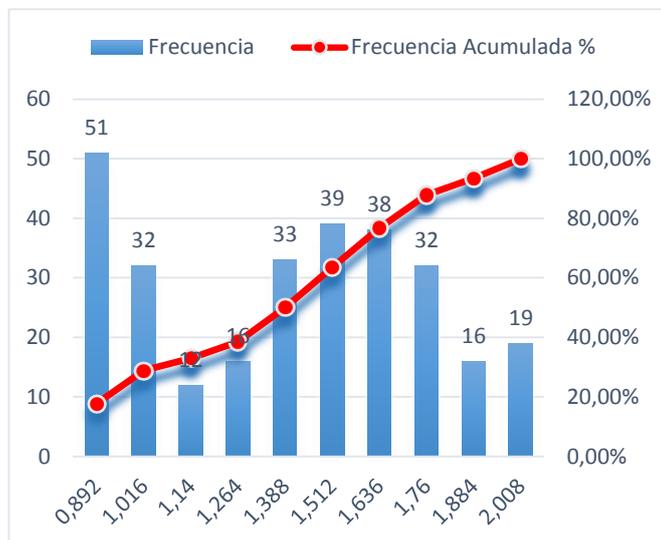
**Figura 9:** Curvas de frecuencia del Factor de Potencia en las fases A y B.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- Armónicos de Voltaje (THDv)

### FASE A

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,892	51	17,71%	51	17,71%
1,016	32	11,11%	83	28,82%
1,14	12	4,17%	95	32,99%
1,264	16	5,56%	111	38,54%
1,388	33	11,46%	144	50,00%
1,512	39	13,54%	183	63,54%
1,636	38	13,19%	221	76,74%
1,76	32	11,11%	253	87,85%
1,884	16	5,56%	269	93,40%
2,008	19	6,60%	288	100,00%



### FASE B

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,706	25	8,68%	25	8,68%
0,838	59	20,49%	84	29,17%
0,97	16	5,56%	100	34,72%
1,102	20	6,94%	120	41,67%
1,234	37	12,85%	157	54,51%
1,366	52	18,06%	209	72,57%
1,498	44	15,28%	253	87,85%
1,63	19	6,60%	272	94,44%
1,762	5	1,74%	277	96,18%
1,894	11	3,82%	288	100,00%

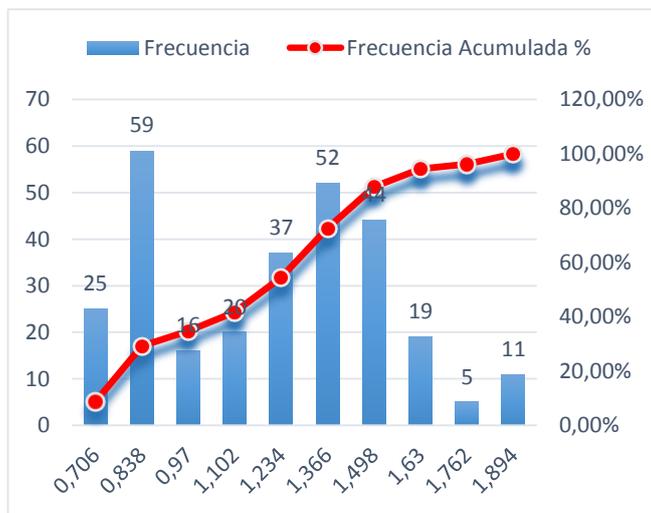


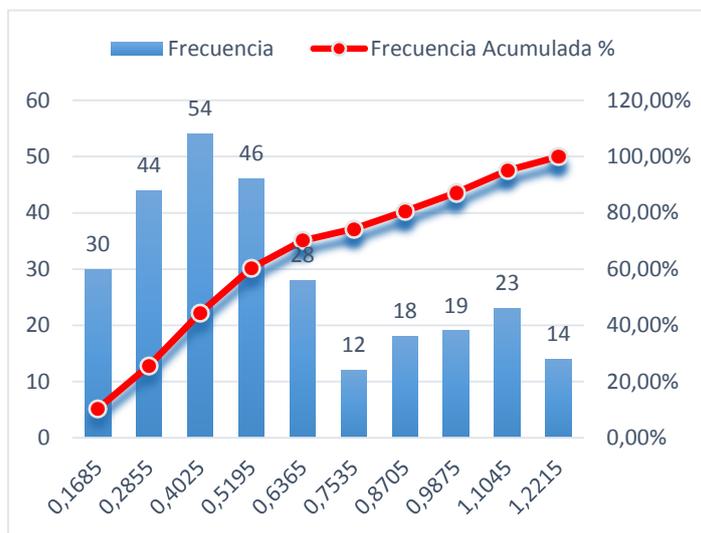
Figura 10: Curvas de frecuencia de Armónicos de Voltaje en las fases A y B.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- Armónicos de Voltaje de orden "3"

### FASE A

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,1685	30	10,42%	30	10,42%
0,2855	44	15,28%	74	25,69%
0,4025	54	18,75%	128	44,44%
0,5195	46	15,97%	174	60,42%
0,6365	28	9,72%	202	70,14%
0,7535	12	4,17%	214	74,31%
0,8705	18	6,25%	232	80,56%
0,9875	19	6,60%	251	87,15%
1,1045	23	7,99%	274	95,14%
1,2215	14	4,86%	288	100,00%



### FASE B

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,2215	29	10,07%	29	10,07%
0,3045	53	18,40%	82	28,47%
0,3875	71	24,65%	153	53,13%
0,4705	55	19,10%	208	72,22%
0,5535	34	11,81%	242	84,03%
0,6365	34	11,81%	276	95,83%
0,7195	6	2,08%	282	97,92%
0,8025	3	1,04%	285	98,96%
0,8855	2	0,69%	287	99,65%
0,9685	1	0,35%	288	100,00%

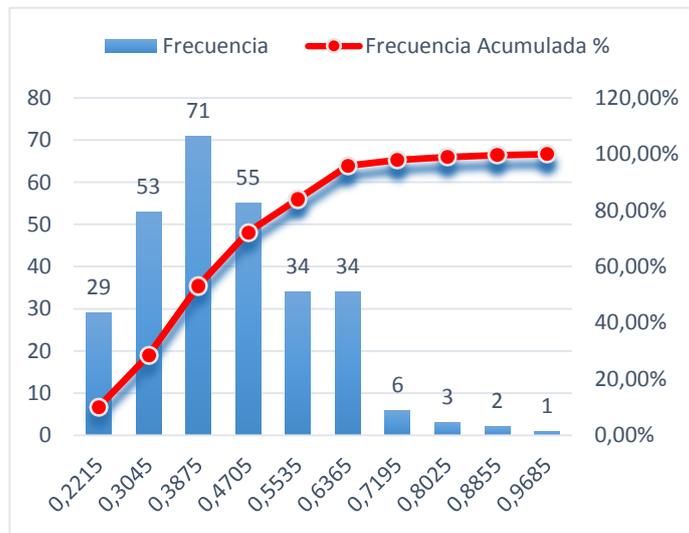


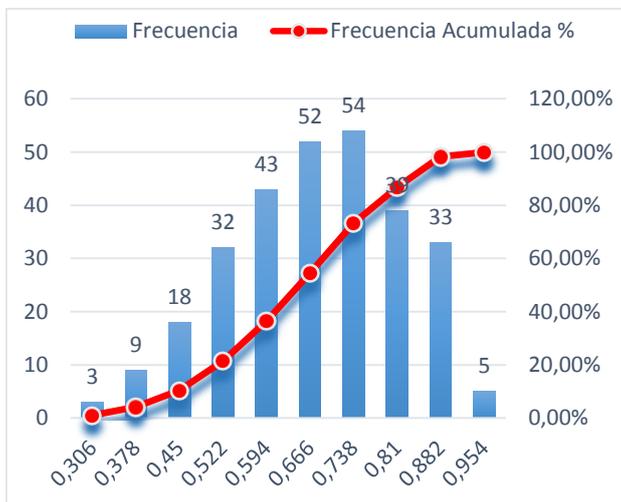
Figura 11: Curvas de frecuencia de Armónicos de Voltaje de orden "3" en las fases A y B.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- Armónicos de Voltaje de orden "5"

### FASE A

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,306	3	1,04%	3	1,04%
0,378	9	3,13%	12	4,17%
0,45	18	6,25%	30	10,42%
0,522	32	11,11%	62	21,53%
0,594	43	14,93%	105	36,46%
0,666	52	18,06%	157	54,51%
0,738	54	18,75%	211	73,26%
0,81	39	13,54%	250	86,81%
0,882	33	11,46%	283	98,26%
0,954	5	1,74%	288	100,00%



### FASE B

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,253	3	1,04%	3	1,04%
0,359	6	2,08%	9	3,13%
0,465	14	4,86%	23	7,99%
0,571	50	17,36%	73	25,35%
0,677	54	18,75%	127	44,10%
0,783	48	16,67%	175	60,76%
0,889	45	15,63%	220	76,39%
0,995	29	10,07%	249	86,46%
1,101	18	6,25%	267	92,71%
1,207	21	7,29%	288	100,00%

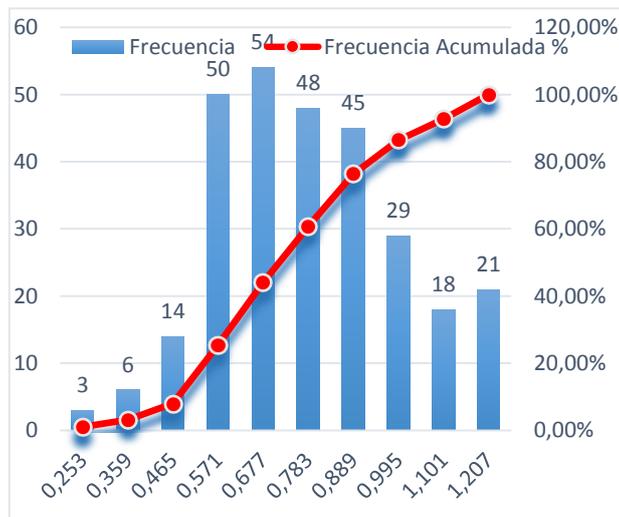


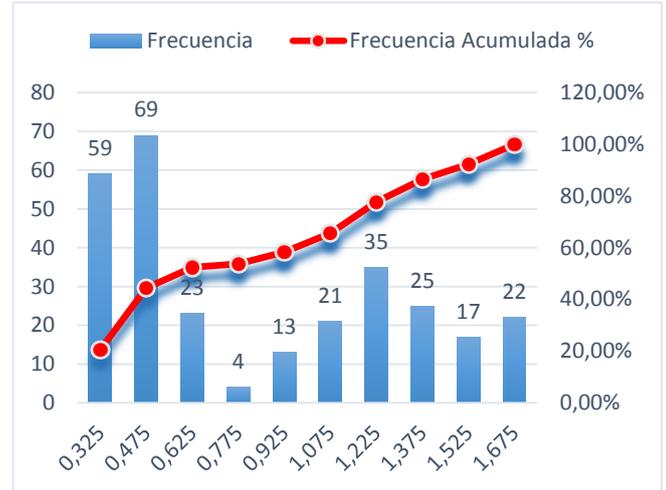
Figura 12: Curvas de frecuencia de Armónicos de Voltaje de orden "5" en las fases A y B.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- Armónicos de Voltaje de orden "7"

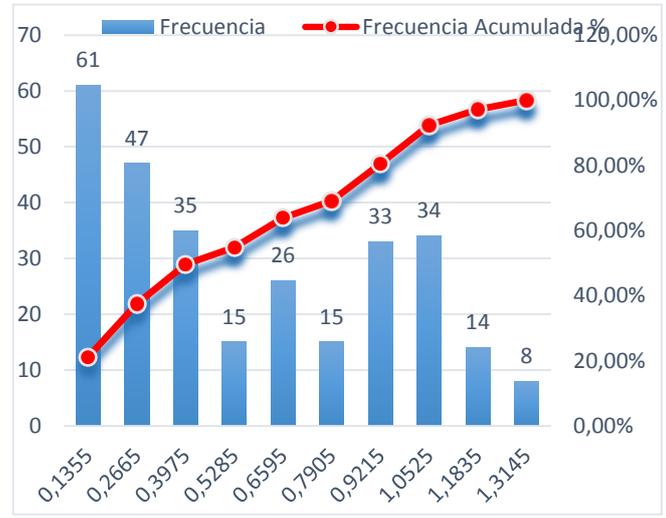
### FASE A

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,325	59	20,49%	59	20,49%
0,475	69	23,96%	128	44,44%
0,625	23	7,99%	151	52,43%
0,775	4	1,39%	155	53,82%
0,925	13	4,51%	168	58,33%
1,075	21	7,29%	189	65,63%
1,225	35	12,15%	224	77,78%
1,375	25	8,68%	249	86,46%
1,525	17	5,90%	266	92,36%
1,675	22	7,64%	288	100,00%



### FASE B

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,1355	61	21,18%	61	21,18%
0,2665	47	16,32%	108	37,50%
0,3975	35	12,15%	143	49,65%
0,5285	15	5,21%	158	54,86%
0,6595	26	9,03%	184	63,89%
0,7905	15	5,21%	199	69,10%
0,9215	33	11,46%	232	80,56%
1,0525	34	11,81%	266	92,36%
1,1835	14	4,86%	280	97,22%
1,3145	8	2,78%	288	100,00%



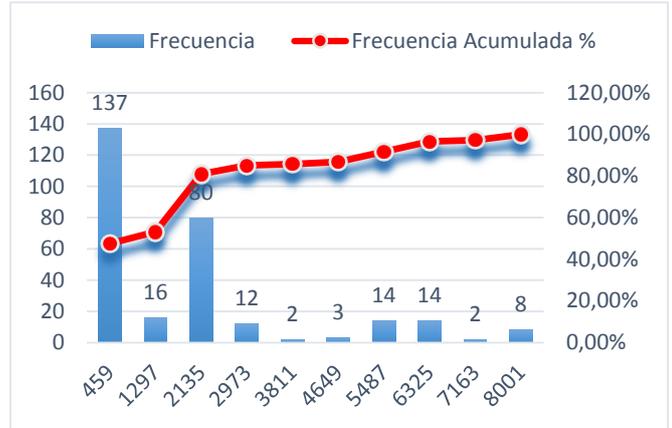
**Figura 13:** Curvas de frecuencia de Armónicos de Voltaje de orden "7" en las fases A y B.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- **Potencias Totales**

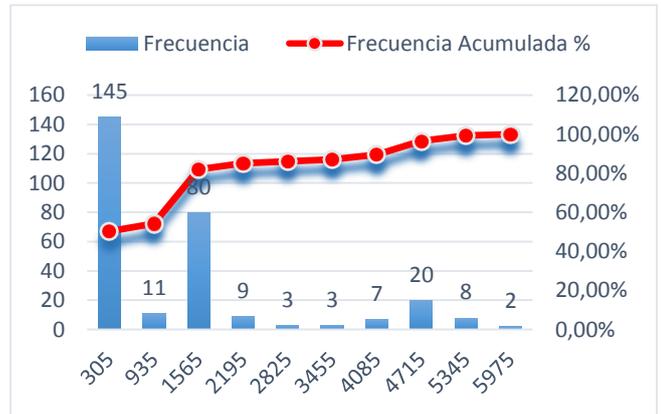
**Potencia Activa total**

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
459	137	47,57%	137	47,57%
1297	16	5,56%	153	53,13%
2135	80	27,78%	233	80,90%
2973	12	4,17%	245	85,07%
3811	2	0,69%	247	85,76%
4649	3	1,04%	250	86,81%
5487	14	4,86%	264	91,67%
6325	14	4,86%	278	96,53%
7163	2	0,69%	280	97,22%
8001	8	2,78%	288	100,00%



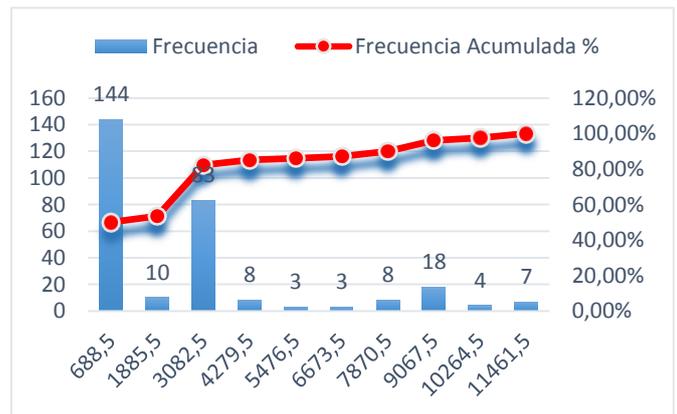
**Potencia Reactiva total**

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
305	145	50,35%	145	50,35%
935	11	3,82%	156	54,17%
1565	80	27,78%	236	81,94%
2195	9	3,13%	245	85,07%
2825	3	1,04%	248	86,11%
3455	3	1,04%	251	87,15%
4085	7	2,43%	258	89,58%
4715	20	6,94%	278	96,53%
5345	8	2,78%	286	99,31%
5975	2	0,69%	288	100,00%



**Potencia Aparente total**

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
688,5	144	50,00%	144	50,00%
1885,5	10	3,47%	154	53,47%
3082,5	83	28,82%	237	82,29%
4279,5	8	2,78%	245	85,07%
5476,5	3	1,04%	248	86,11%
6673,5	3	1,04%	251	87,15%
7870,5	8	2,78%	259	89,93%
9067,5	18	6,25%	277	96,18%
10264,5	4	1,39%	281	97,57%
11461,5	7	2,43%	288	100,00%



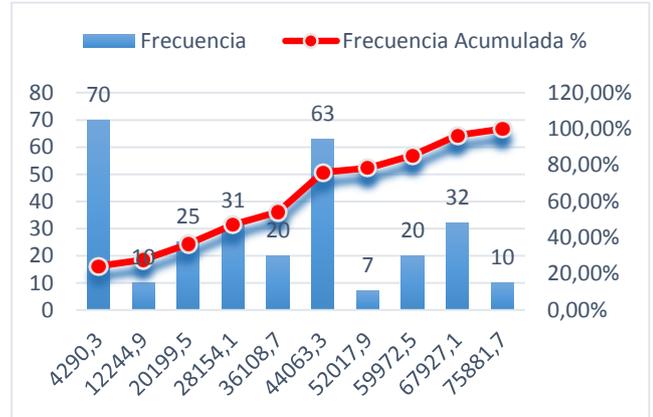
**Figura 14:** Curvas de frecuencia de Potencias totales.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- Energías totales

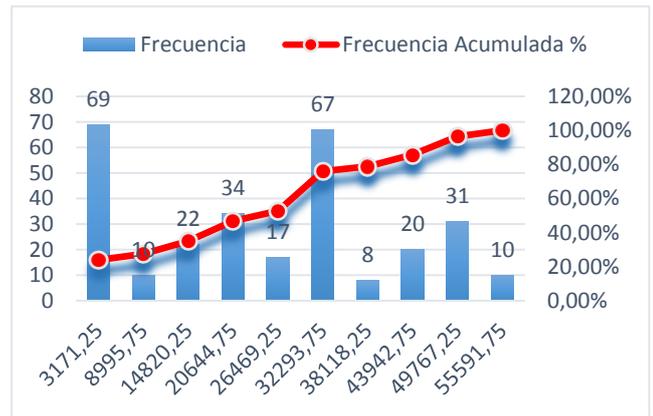
### Energía Activa total

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
4290,3	70	24,31%	70	24,31%
12244,9	10	3,47%	80	27,78%
20199,5	25	8,68%	105	36,46%
28154,1	31	10,76%	136	47,22%
36108,7	20	6,94%	156	54,17%
44063,3	63	21,88%	219	76,04%
52017,9	7	2,43%	226	78,47%
59972,5	20	6,94%	246	85,42%
67927,1	32	11,11%	278	96,53%
75881,7	10	3,47%	288	100,00%



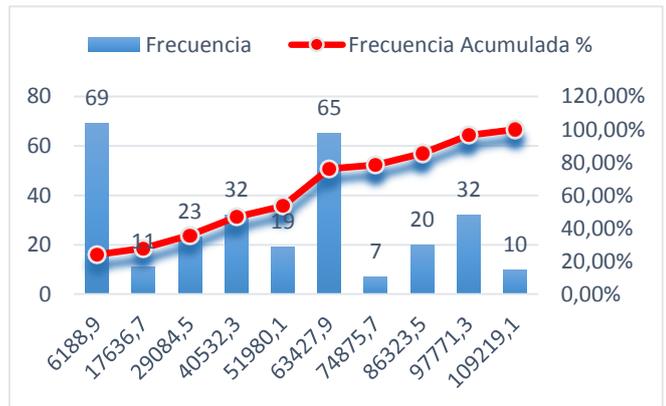
### Energía Reactiva total

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
3171,25	69	23,96%	69	23,96%
8995,75	10	3,47%	79	27,43%
14820,25	22	7,64%	101	35,07%
20644,75	34	11,81%	135	46,88%
26469,25	17	5,90%	152	52,78%
32293,75	67	23,26%	219	76,04%
38118,25	8	2,78%	227	78,82%
43942,75	20	6,94%	247	85,76%
49767,25	31	10,76%	278	96,53%
55591,75	10	3,47%	288	100,00%



### Energía Aparente total

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
6188,9	69	23,96%	69	23,96%
17636,7	11	3,82%	80	27,78%
29084,5	23	7,99%	103	35,76%
40532,3	32	11,11%	135	46,88%
51980,1	19	6,60%	154	53,47%
63427,9	65	22,57%	219	76,04%
74875,7	7	2,43%	226	78,47%
86323,5	20	6,94%	246	85,42%
97771,3	32	11,11%	278	96,53%
109219,1	10	3,47%	288	100,00%



**Figura 15:** Curvas de frecuencia de Energías totales.

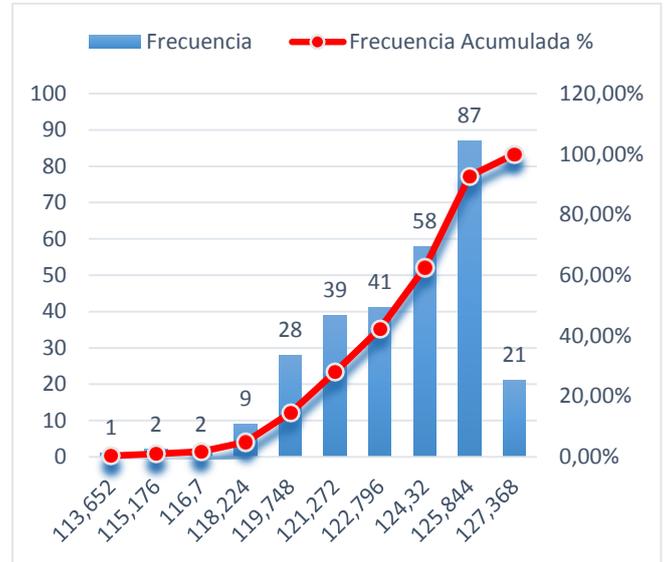
Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

## REGISTROS EFECTUADOS EN EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DEL LABORATORIO DE EMBRIONES Y OFICINAS

- Nivel de voltaje

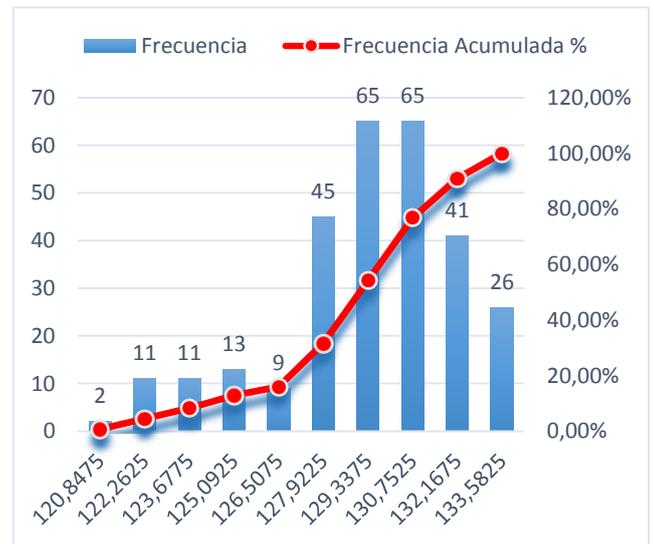
### FASE A

$\Delta V$ (MEDIO)	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
113,652	1	0,35%	1	0,35%
115,176	2	0,69%	3	1,04%
116,7	2	0,69%	5	1,74%
118,224	9	3,13%	14	4,86%
119,748	28	9,72%	42	14,58%
121,272	39	13,54%	81	28,13%
122,796	41	14,24%	122	42,36%
124,32	58	20,14%	180	62,50%
125,844	87	30,21%	267	92,71%
127,368	21	7,29%	288	100,00%



### FASE B

$\Delta V$ (MEDIO)	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
120,8475	2	0,69%	2	0,69%
122,2625	11	3,82%	13	4,51%
123,6775	11	3,82%	24	8,33%
125,0925	13	4,51%	37	12,85%
126,5075	9	3,13%	46	15,97%
127,9225	45	15,63%	91	31,60%
129,3375	65	22,57%	156	54,17%
130,7525	65	22,57%	221	76,74%
132,1675	41	14,24%	262	90,97%
133,5825	26	9,03%	288	100,00%



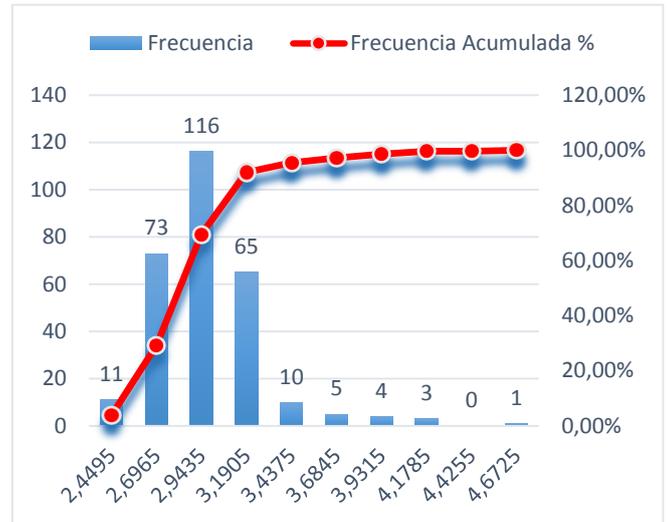
**Figura 16:** Curvas de frecuencia de los Niveles de Voltaje en las fases A y B.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- Flicker de corta duración (Pst)

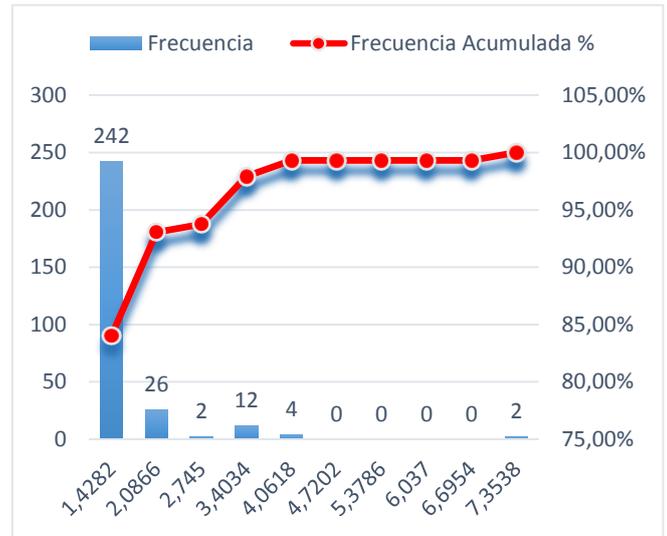
### FASE A

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
2,4495	11	3,82%	11	3,82%
2,6965	73	25,35%	84	29,17%
2,9435	116	40,28%	200	69,44%
3,1905	65	22,57%	265	92,01%
3,4375	10	3,47%	275	95,49%
3,6845	5	1,74%	280	97,22%
3,9315	4	1,39%	284	98,61%
4,1785	3	1,04%	287	99,65%
4,4255	0	0,00%	287	99,65%
4,6725	1	0,35%	288	100,00%



### FASE B

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
1,4282	242	84,03%	242	84,03%
2,0866	26	9,03%	268	93,06%
2,745	2	0,69%	270	93,75%
3,4034	12	4,17%	282	97,92%
4,0618	4	1,39%	286	99,31%
4,7202	0	0,00%	286	99,31%
5,3786	0	0,00%	286	99,31%
6,037	0	0,00%	286	99,31%
6,6954	0	0,00%	286	99,31%
7,3538	2	0,69%	288	100,00%



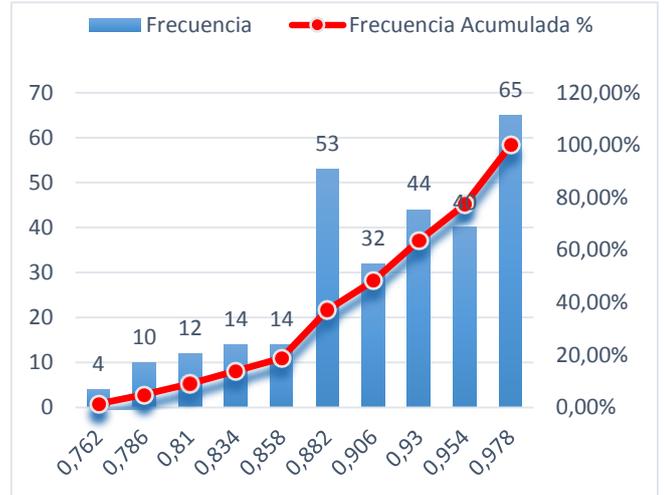
**Figura 17:** Curvas de frecuencia de Flicker de corta duración en las fases A y B.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- Factor de Potencia

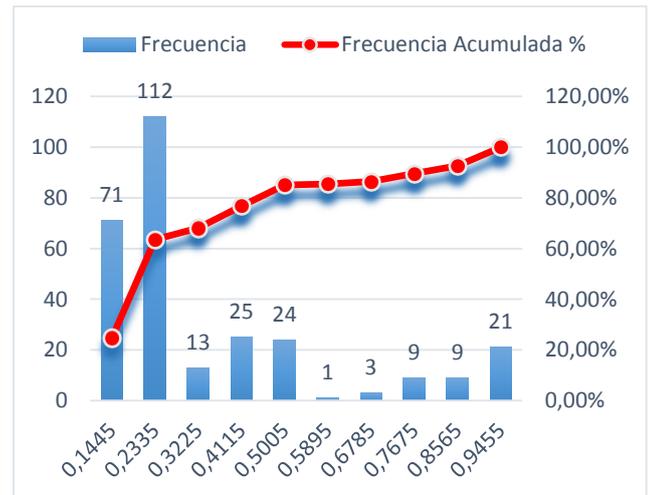
### FASE A

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,762	4	1,39%	4	1,39%
0,786	10	3,47%	14	4,86%
0,81	12	4,17%	26	9,03%
0,834	14	4,86%	40	13,89%
0,858	14	4,86%	54	18,75%
0,882	53	18,40%	107	37,15%
0,906	32	11,11%	139	48,26%
0,93	44	15,28%	183	63,54%
0,954	40	13,89%	223	77,43%
0,978	65	22,57%	288	100,00%



### FASE B

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,1445	71	24,65%	71	24,65%
0,2335	112	38,89%	183	63,54%
0,3225	13	4,51%	196	68,06%
0,4115	25	8,68%	221	76,74%
0,5005	24	8,33%	245	85,07%
0,5895	1	0,35%	246	85,42%
0,6785	3	1,04%	249	86,46%
0,7675	9	3,13%	258	89,58%
0,8565	9	3,13%	267	92,71%
0,9455	21	7,29%	288	100,00%



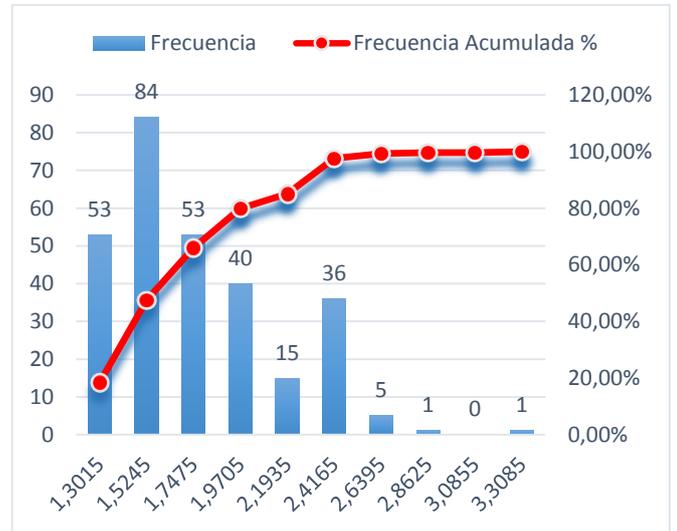
**Figura 18:** Curvas de frecuencia del Factor de Potencia en las fases A y B.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- Armónicos de Voltaje (THDv)

### FASE A

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
1,3015	53	18,40%	53	18,40%
1,5245	84	29,17%	137	47,57%
1,7475	53	18,40%	190	65,97%
1,9705	40	13,89%	230	79,86%
2,1935	15	5,21%	245	85,07%
2,4165	36	12,50%	281	97,57%
2,6395	5	1,74%	286	99,31%
2,8625	1	0,35%	287	99,65%
3,0855	0	0,00%	287	99,65%
3,3085	1	0,35%	288	100,00%



### FASE B

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,8545	23	7,99%	23	7,99%
1,0035	56	19,44%	79	27,43%
1,1525	15	5,21%	94	32,64%
1,3015	38	13,19%	132	45,83%
1,4505	57	19,79%	189	65,63%
1,5995	51	17,71%	240	83,33%
1,7485	32	11,11%	272	94,44%
1,8975	11	3,82%	283	98,26%
2,0465	3	1,04%	286	99,31%
2,1955	2	0,69%	288	100,00%

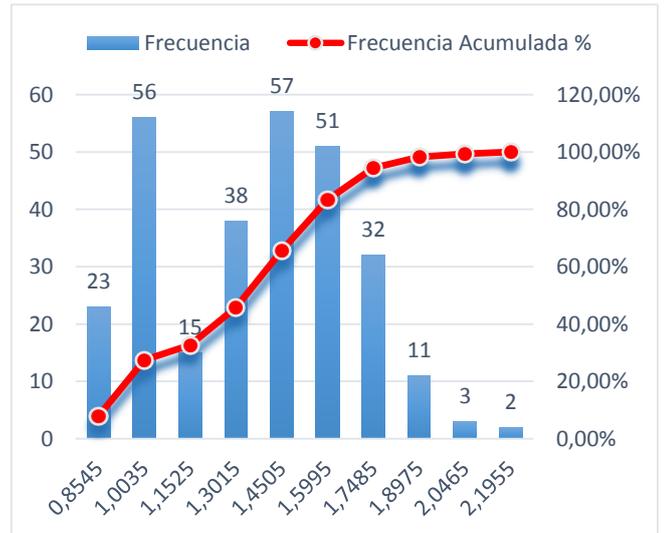


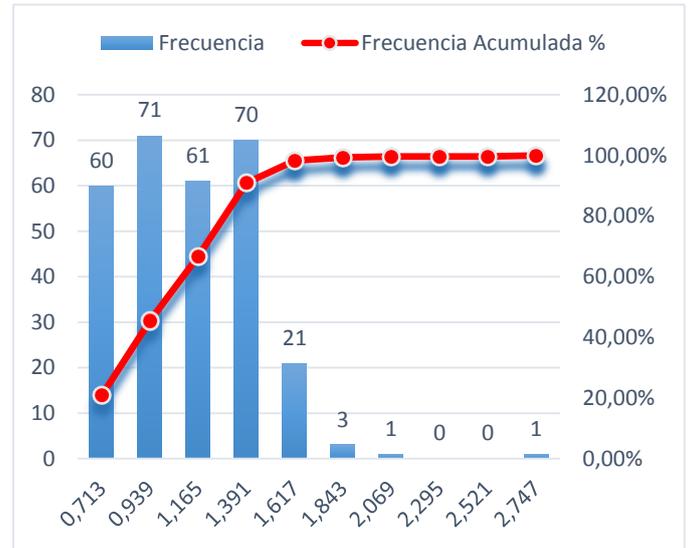
Figura 19: Curvas de frecuencia de Armónicos de Voltaje en las fases A y B.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- Armónicos de Voltaje de orden "3"

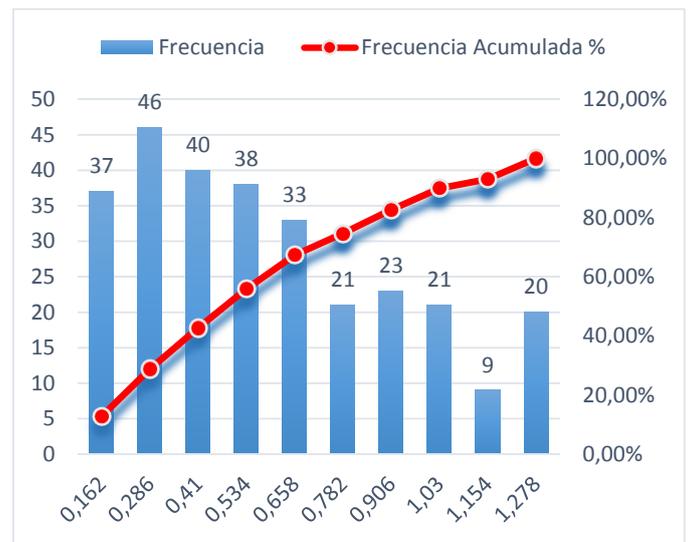
### FASE A

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,713	60	20,83%	60	20,83%
0,939	71	24,65%	131	45,49%
1,165	61	21,18%	192	66,67%
1,391	70	24,31%	262	90,97%
1,617	21	7,29%	283	98,26%
1,843	3	1,04%	286	99,31%
2,069	1	0,35%	287	99,65%
2,295	0	0,00%	287	99,65%
2,521	0	0,00%	287	99,65%
2,747	1	0,35%	288	100,00%



### FASE B

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,162	37	12,85%	37	12,85%
0,286	46	15,97%	83	28,82%
0,41	40	13,89%	123	42,71%
0,534	38	13,19%	161	55,90%
0,658	33	11,46%	194	67,36%
0,782	21	7,29%	215	74,65%
0,906	23	7,99%	238	82,64%
1,03	21	7,29%	259	89,93%
1,154	9	3,13%	268	93,06%
1,278	20	6,94%	288	100,00%



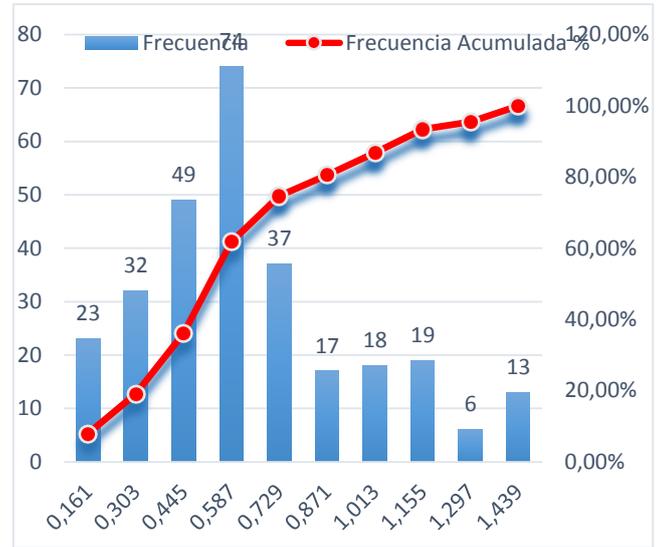
**Figura 20:** Curvas de frecuencia de Armónicos de Voltaje de orden "3" en las fases A y B.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- Armónicos de Voltaje de orden "5"

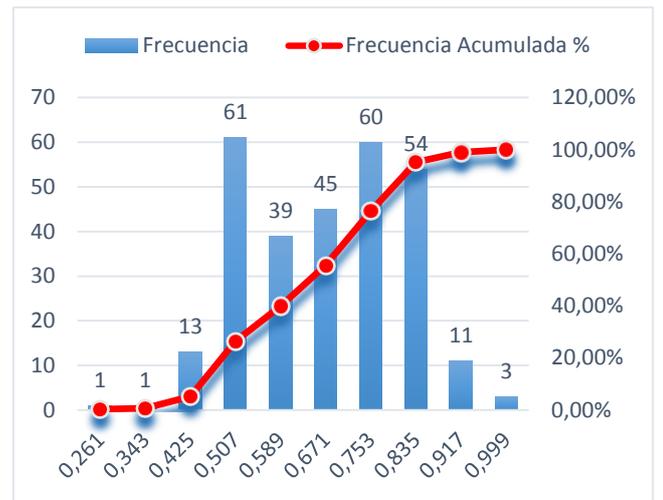
**FASE A**

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,161	23	7,99%	23	7,99%
0,303	32	11,11%	55	19,10%
0,445	49	17,01%	104	36,11%
0,587	74	25,69%	178	61,81%
0,729	37	12,85%	215	74,65%
0,871	17	5,90%	232	80,56%
1,013	18	6,25%	250	86,81%
1,155	19	6,60%	269	93,40%
1,297	6	2,08%	275	95,49%
1,439	13	4,51%	288	100,00%



**FASE B**

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,261	1	0,35%	1	0,35%
0,343	1	0,35%	2	0,69%
0,425	13	4,51%	15	5,21%
0,507	61	21,18%	76	26,39%
0,589	39	13,54%	115	39,93%
0,671	45	15,63%	160	55,56%
0,753	60	20,83%	220	76,39%
0,835	54	18,75%	274	95,14%
0,917	11	3,82%	285	98,96%
0,999	3	1,04%	288	100,00%



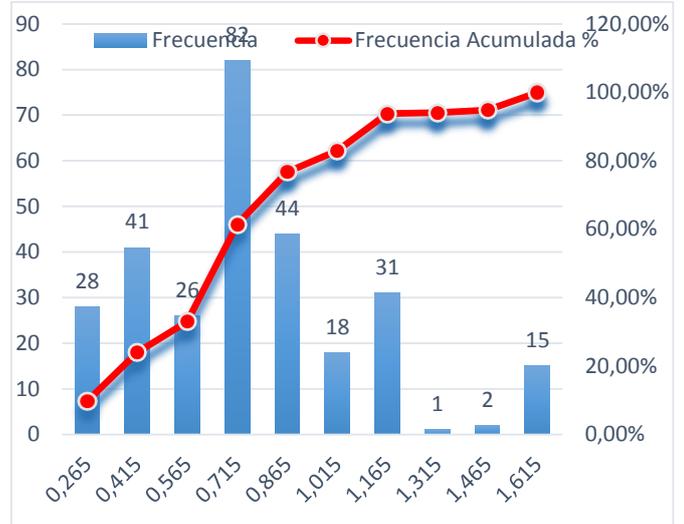
**Figura 21:** Curvas de frecuencia de Armónicos de Voltaje de orden "5" en las fases A y B.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- Armónicos de Voltaje de orden "7"

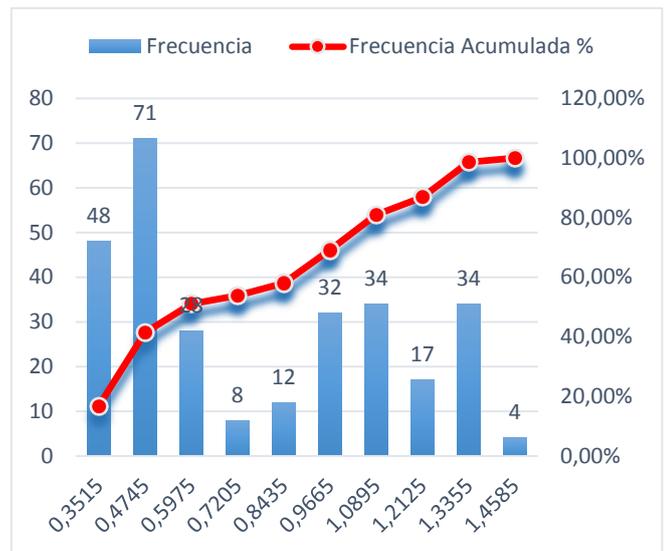
### FASE A

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,265	28	9,72%	28	9,72%
0,415	41	14,24%	69	23,96%
0,565	26	9,03%	95	32,99%
0,715	82	28,47%	177	61,46%
0,865	44	15,28%	221	76,74%
1,015	18	6,25%	239	82,99%
1,165	31	10,76%	270	93,75%
1,315	1	0,35%	271	94,10%
1,465	2	0,69%	273	94,79%
1,615	15	5,21%	288	100,00%



### FASE B

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
0,3515	48	16,67%	48	16,67%
0,4745	71	24,65%	119	41,32%
0,5975	28	9,72%	147	51,04%
0,7205	8	2,78%	155	53,82%
0,8435	12	4,17%	167	57,99%
0,9665	32	11,11%	199	69,10%
1,0895	34	11,81%	233	80,90%
1,2125	17	5,90%	250	86,81%
1,3355	34	11,81%	284	98,61%
1,4585	4	1,39%	288	100,00%



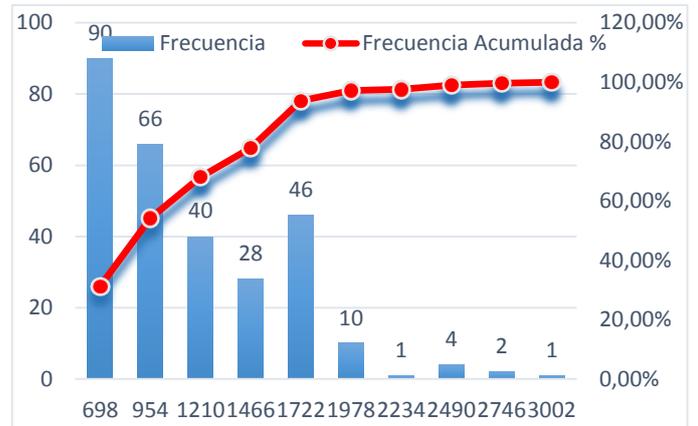
**Figura 22:** Curvas de frecuencia de Armónicos de Voltaje de orden "7" en las fases A y B.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- **Potencias Totales**

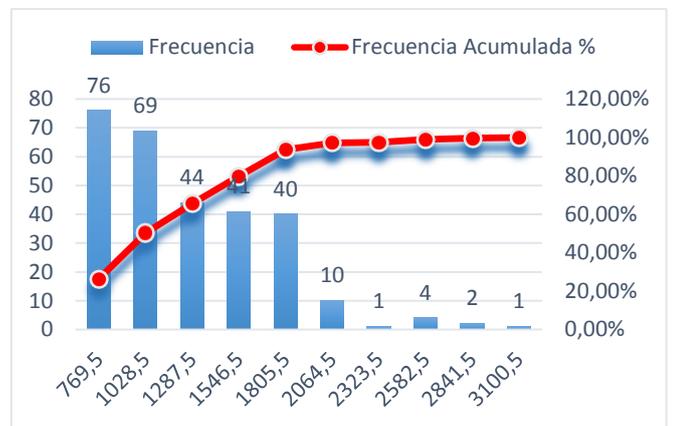
**Potencia Activa total**

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
698	90	31,25%	90	31,25%
954	66	22,92%	156	54,17%
1210	40	13,89%	196	68,06%
1466	28	9,72%	224	77,78%
1722	46	15,97%	270	93,75%
1978	10	3,47%	280	97,22%
2234	1	0,35%	281	97,57%
2490	4	1,39%	285	98,96%
2746	2	0,69%	287	99,65%
3002	1	0,35%	288	100,00%



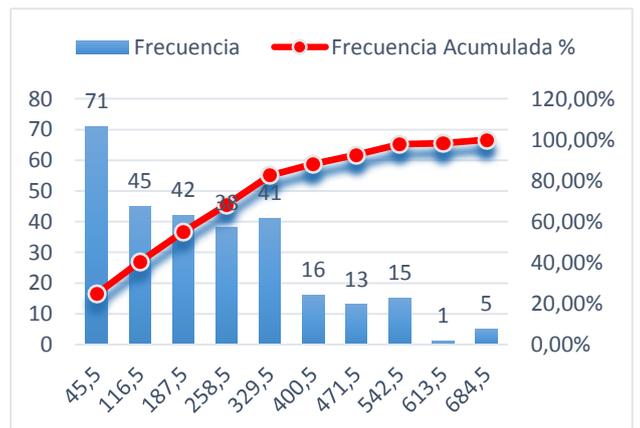
**Potencia Aparente total**

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
769,5	76	26,39%	76	26,39%
1028,5	69	23,96%	145	50,35%
1287,5	44	15,28%	189	65,63%
1546,5	41	14,24%	230	79,86%
1805,5	40	13,89%	270	93,75%
2064,5	10	3,47%	280	97,22%
2323,5	1	0,35%	281	97,57%
2582,5	4	1,39%	285	98,96%
2841,5	2	0,69%	287	99,65%
3100,5	1	0,35%	288	100,00%



**Potencia Reactiva total**

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
45,5	71	24,74%	71	24,74%
116,5	45	15,68%	116	40,42%
187,5	42	14,63%	158	55,05%
258,5	38	13,24%	196	68,29%
329,5	41	14,29%	237	82,58%
400,5	16	5,57%	253	88,15%
471,5	13	4,53%	266	92,68%
542,5	15	5,23%	281	97,91%
613,5	1	0,35%	282	98,26%
684,5	5	1,74%	287	100,00%



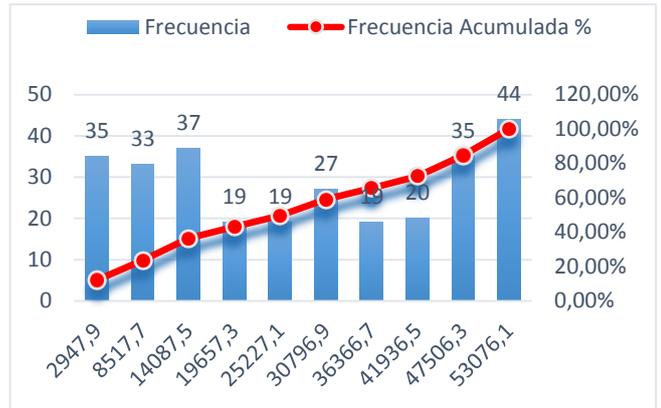
**Figura 23:** Curvas de frecuencia de Potencias totales.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

- Energías totales

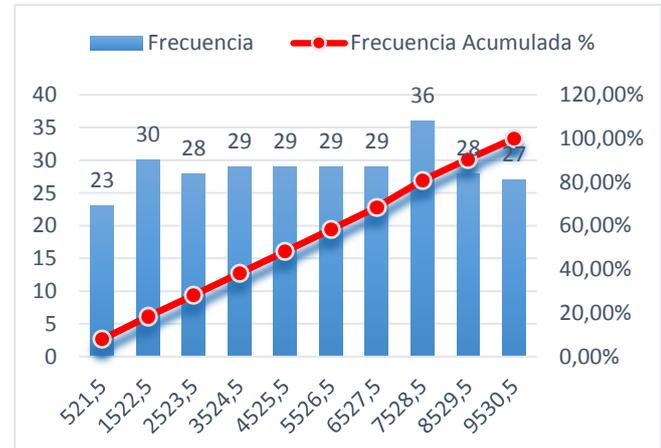
### Energía Activa total

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
2947,9	35	12,15%	35	12,15%
8517,7	33	11,46%	68	23,61%
14087,5	37	12,85%	105	36,46%
19657,3	19	6,60%	124	43,06%
25227,1	19	6,60%	143	49,65%
30796,9	27	9,38%	170	59,03%
36366,7	19	6,60%	189	65,63%
41936,5	20	6,94%	209	72,57%
47506,3	35	12,15%	244	84,72%
53076,1	44	15,28%	288	100,00%



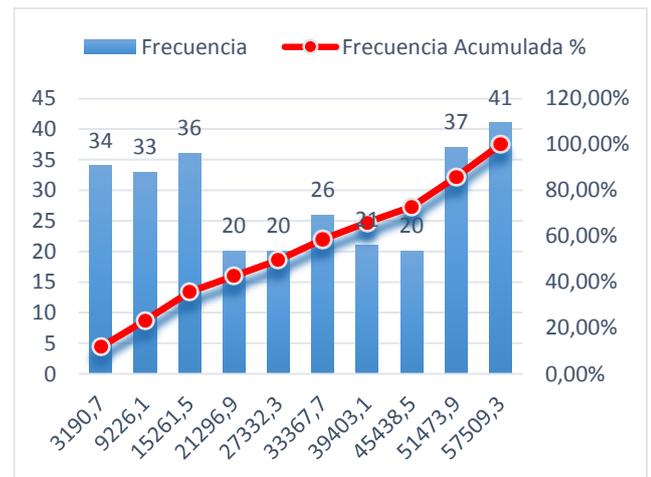
### Energía Reactiva total

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
521,5	23	7,99%	23	7,99%
1522,5	30	10,42%	53	18,40%
2523,5	28	9,72%	81	28,13%
3524,5	29	10,07%	110	38,19%
4525,5	29	10,07%	139	48,26%
5526,5	29	10,07%	168	58,33%
6527,5	29	10,07%	197	68,40%
7528,5	36	12,50%	233	80,90%
8529,5	28	9,72%	261	90,63%
9530,5	27	9,38%	288	100,00%



### Energía Aparente total

Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada %
3190,7	34	11,81%	34	11,81%
9226,1	33	11,46%	67	23,26%
15261,5	36	12,50%	103	35,76%
21296,9	20	6,94%	123	42,71%
27332,3	20	6,94%	143	49,65%
33367,7	26	9,03%	169	58,68%
39403,1	21	7,29%	190	65,97%
45438,5	20	6,94%	210	72,92%
51473,9	37	12,85%	247	85,76%
57509,3	41	14,24%	288	100,00%

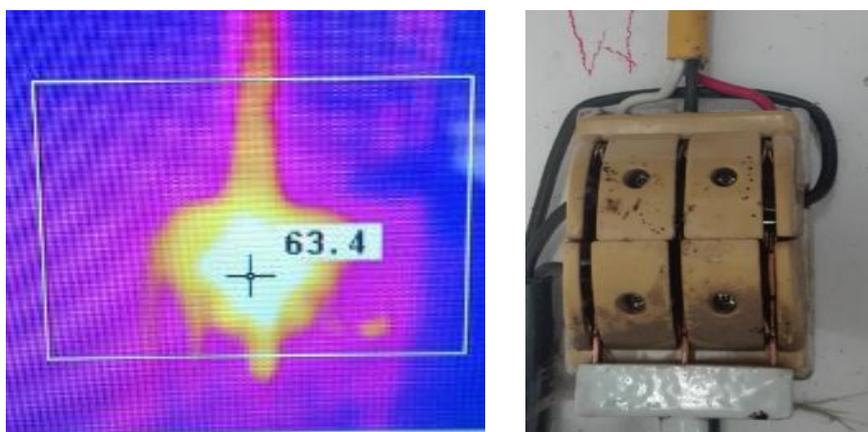


**Figura 23:** Curvas de frecuencia de Energías totales.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

## ANEXO 9 RESULTADOS DE MEDICIONES EFECTUADAS MEDIANTE LA CAMARA TERMOGRÁFICA

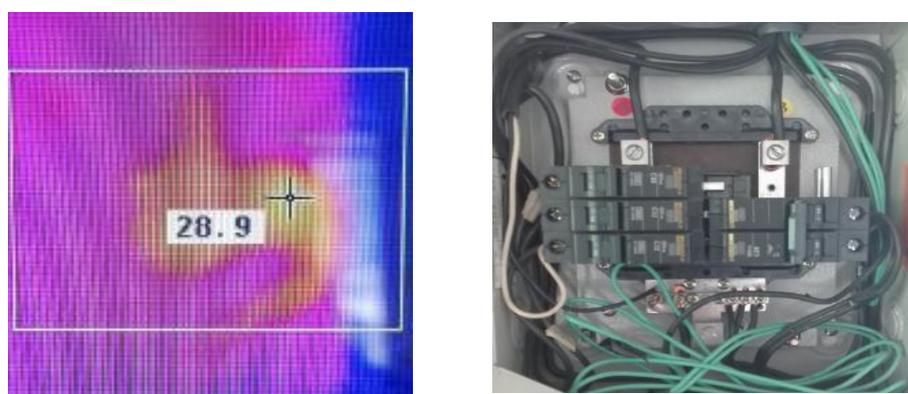
En el presente anexo, se presenta un resumen fotográfico captado con la cámara térmica, donde se observa la elevada temperatura de ciertos equipos al encontrarse en operación, se consideró un factor de emisividad de 0.78 establecido en la tabla 3.2. Los problemas generales presentes en el sistema eléctrico en la granja Irquis, están detallados en las imágenes que a continuación se muestran:



**Figura 1:** Imagen térmica de Interruptor Trifásico.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

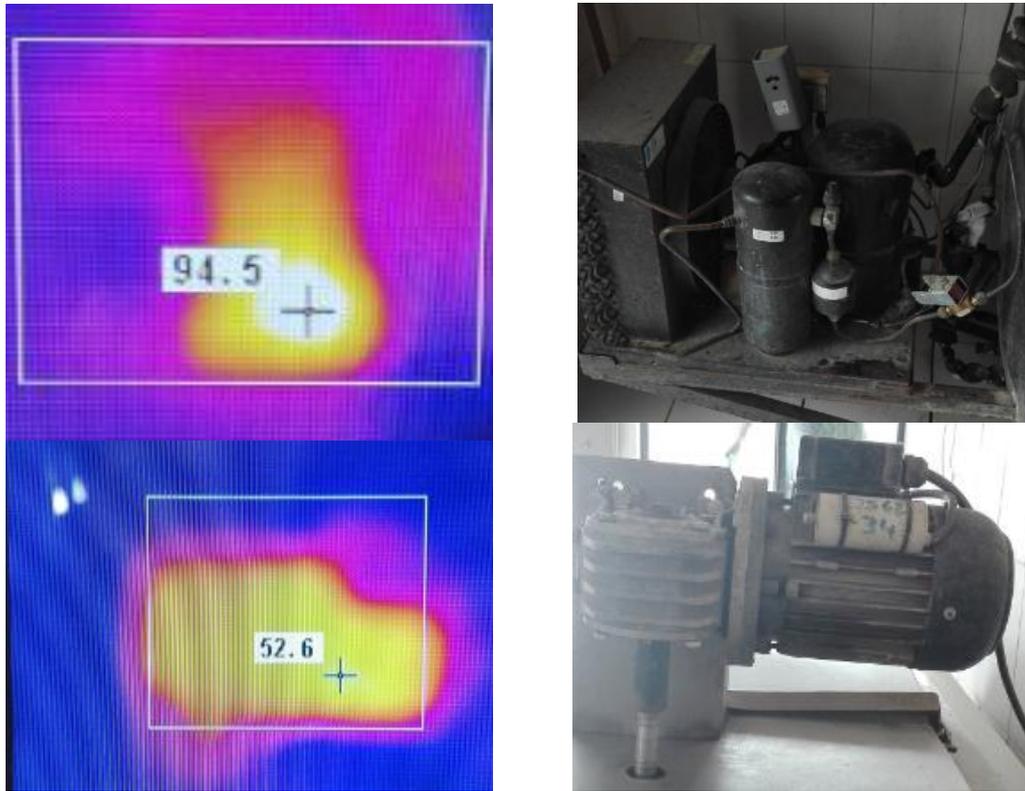
En la figura 1 se consideró un factor de emisividad 0.78 y se evidenció una temperatura de 63.4 grados centígrados en sus contactores, generando un riesgo de cortocircuito eléctrico.



**Figura 2:** Imagen térmica de Caja de Breakers.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

En la figura 2, se consideró un factor de emisividad 0.78 y se evidenció una temperatura de 28.9 grados centígrados en los empalmes de los conductores, generando pérdidas de energía eléctrica en forma de calor.



**Figura 3:** Imagen térmica de un Motor Eléctrico.  
Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

Para la figura 3, se consideró un factor de emisividad 0.78 y se evidenció una temperatura de 94.5 y 52.6 grados centígrados respectivamente, generada en la operación del motor eléctrico.

La imagen captada con la cámara térmica expresada en la figura 4, indica un valor de temperatura de 20.9 grados centígrados. Se consideró una instalación bien diseñada e implementada por que no se produjo ninguna clase eventualidad térmica que pudiese expresarse en calentamientos del conductor.



**Figura 3:** Imagen térmica de caja de breakers.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero

## ANEXO 10 DISEÑO DE BANCO DE BATERÍAS

En el diseño del banco de baterías, hay diferentes tipos según el material de sus componentes. Para aplicaciones en sistemas fotovoltaicos y eólicos se usa una gran cantidad las baterías a base de plomo. La mayoría se parecen a los que se usan en autos, pero son optimizadas para una aplicación diferente, la diferencia es que en los carros se necesita de mucha energía durante un tiempo muy corto, principalmente para arrancar el motor. Este alto flujo de amperios se logra con capas de plomo delgadas. En sistemas eólicas las baterías tienen que dar la energía sobre un tiempo relativamente largo con una descarga mucho mayor. Estas baterías de tipo ciclo profundo tienen capas de plomo gruesas que brindan la ventaja de aumentar significativamente su vida útil, pero son baterías relativamente grandes y pesadas por el plomo.



**Figura 1:** Batería Ultracell 12 VDC - 150Ah

*Fuente: Energías Renovables Ecuador "PRO-VIENTO S.A."*

Para un buen diseño se debe escoger una batería adecuada, considerando la carga diaria y el tiempo que se necesita almacenar. Por ello se ha recurrido a optar por una batería de la marca ULTRACELL de 12 V a 150Ah con una profundidad de descarga de 60%, tiene un precio aproximado de 490 dólares en el mercado ecuatoriano, expresada en la figura 6.5.

Se considera un día de almacenamiento y una carga diaria de 20 kWh

$$E_{bateria} = \frac{\text{Energía A.}}{\text{eficiencia}} \quad (1)$$

$$E_{bateria} = \frac{20 kWh}{0.6} = 33.3 kWh \quad (2)$$

Con lo que la capacidad de las baterías en amperios será:

$$capacidad = \frac{E_{baterias}}{Tension} = \frac{33.3 kWh}{12 V} \quad (3)$$

Para dos días tendremos:

$$capacidad = 2777.8Ah \quad (4)$$

El número de baterías es igual a:

$$\#baterias = \frac{Capacidad}{Amperios} = \frac{2777.8Ah}{150Ah} \quad (5)$$

$$\#baterias = 18.51 \quad (6)$$

Con lo que se necesitará 19 baterías y su costo será de:

$$Costo baterias = 19 * 490 \$ \quad (7)$$

$$Costo baterias = 9310 \$ \quad (8)$$

El tiempo de vida de las baterías es de 7 años por lo que se necesitará cambiar 3 veces en toda la vida útil de los aerogeneradores y esto tendrá un costo total de:

$$Costo total baterias = \$ 9310 * 3 \quad (9)$$

$$Costo total baterias = \$ 27930 \quad (10)$$

- **Recuperación de la inversión para el Banco de Baterías**

Para determinar el número de años en el que se recuperará la inversión de las baterías, se considera el método del tiempo de recuperación de la inversión, mediante la ecuación 11, Interviene la inversión total y el ahorro anual.

$$\text{tiemp\_Recuper\_Inver} = \frac{\text{Inversion\_Total}}{\text{Ahorro\_Anual}} \quad (11)$$

Para estimar el ahorro anual que aportará el banco de baterías a la granja se toma en cuenta el costo del kilo-vatio regulado por el CONELEC, anexo 6.3, valor de 9.39 CUSD/KWH.

En el diseño se consideró un día de almacenamiento y una carga diaria de 20 kWh, con un factor de descarga del 60 por ciento.

Se consideró un día para recargar al máximo el estado de las baterías, entonces se tiene un total de 183 días al año de aporte eléctrico.

Con estas consideraciones contribuirá anualmente un total de 3660 KWh y en la vida útil del parque un total de 73200 KWh.

Con el costo del kilovatio hora de 9.39 centavos y la aportación de las baterías, se tiene un ahorro económico de 6873 dólares durante la vida útil.

$$\text{tiemp\_Recuper\_Inver} = \frac{27930 \text{ USD}}{6873.48 \text{ USD}} \quad (12)$$

$$\text{tiemp\_Recuper\_Inver} = 4.06 \text{ Años} \quad (13)$$

Mediante esta metodología la inversión será recuperada en unos 4 años aproximadamente, pero este valor puede variar considerando el número de carga y descarga por día.

## ANEXO 11 ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE LOS AEROGENERADORES

- **Estructura de soporte de los Aerogeneradores**

Mediante una inspección en el lugar de la incorporación de los aerogeneradores se observó las torres en los que se encuentran soportados, cada uno con su respectiva placa de fabricación.



**Figura 1:** Placa de fabricación, altura de la torre, aerogenerador Horizontal.

*Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.*



**Figura 2:** Placa de fabricación, altura de la torre, aerogenerador Vertical.

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.



**Figura 3:** Aerogeneradores "IRQUIS"

Fuente: Realizado por: Pablo Idrovo, Ramiro Romero.

## ANEXO 12 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA DENSIDAD DEL AIRE

- **Influencia de la temperatura en la densidad del aire**

Para el análisis de la densidad del aire se tomó datos de la tabla (influencia de la temperatura en la densidad del aire) considerando una temperatura promedio de 15 grados centígrados.

Temperatura (° C)	Densidad (Kg/m3)	Contenido de Energía
-20	1,394	114
-10	1,341	109
0	1,292	105
10	1,247	102
15	1,225	100
20	1,204	98
30	1,164	95
40	1,127	92

**Figura 1:** Influencia de la temperatura en la densidad del aire.

Fuente: Apuntes de clase – Energías Renovables 2016.

## ANEXO 13 PRECIOS DE LA ENERGÍA PRODUCIDA CON RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES NO CONVENCIONALES

- Precios de la energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales

Mediante la regulación (009/06) emitida por el CONELEC, establece los costos por cada kilovatio hora de generación, mediante las distintas fuentes de energía.

CENTRALES	PRECIO (CUSD/KWH) TERRITORIO CONTINENTAL.
Eólicas	9,39
Fotovoltaicas	52,04
Biomasa y biogás	9,67
Geotérmicas	9,28
Pequeñas centrales hidroeléctricas hasta 5mw	5,8
Pequeñas centrales hidroeléctricas mayores a 5mw hasta 10 MW	5

**Figura 1:** Precios de la energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales.

Fuente: regulación (009/06) emitida por el CONELEC.

## BIBLIOGRAFÍA

- Chiluisa, Agama; Mesías, Claudio; Peralta, Sinailín; Gonzalo, Lucio; (diciembre de 2011).
- <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1030> Electric, S. (s.f). Schneider Electric. Obtenido de
- [http://www.schneiderelectric.com.ar/documents/solutions/catalogo\\_soluciones.pdf](http://www.schneiderelectric.com.ar/documents/solutions/catalogo_soluciones.pdf)
- <http://www.fluke.com/fluke/eces/products/calidad-energia-electrica> Humana, E. M. (2014).
- <http://www.cancilleria.gob.ec/programa-de-canje-de-deuda-ecuador-espana-financia-el-desarrollo-y-la-investigacion-cientifica-en-universidades-ecuatorianas/> Legarreta, X. Z. (2012). Manual Práctico de Auditorías Energéticas en la Edificación. Navarra.
- Merizalde, L. C. (23 de 05 de 2001). CONELEC. Obtenido de CONELEC: <https://www.andec.com.ec/documentos/Regulacion%20No.%20CONELEC%20004-01%20Calidad%20del%20Servicio%20Electrico%20de.pdf> Noboa, I. J. (2013).
- Nuñez, F. M. (noviembre de 2005). Auditoría Energética de la Escuela Politécnica del Ejército. Latacunga: Escuela Politécnica del Ejército.
- S.A., E. E. (2008). Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la comunidad de Madrid. Madrid.
- Seguí, P. (marzo de 2014). Construction21, España. Obtenido de <http://www.construction21.org/espana/articulos/es/como-realizar-una-auditoria-energetica-y-no-perderse.html>
- Serra, J. (septiembre de 2009). CIRCUTOR, Tecnología para la Eficiencia Energética. Obtenido de [http://circutor.com/docs/GUIA\\_EEE\\_SP-LR.pdf](http://circutor.com/docs/GUIA_EEE_SP-LR.pdf)
- Serra, J. (septiembre 2009). Guía Técnica de Eficiencia Energética Eléctrica. España: Comunicación e Imagen, CIRCUTOR S.A.

- Webmaster. (04 de mayo de 2013). El Blog de la Energía Sostenible. Obtenido de <http://www.blogenergiasostenible.com/que-es-auditoria-energetica/>
- WordPress.com. B. d. (s.f.). Ingeniería Internacional. Obtenido de Ingeniería
- <https://ingenieriainternacional.wordpress.com/ingenieria-internacional-e-informatica-2/%C2%BFsabias-que/calidad-de-energia/>