



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE SUMINISTRO ELÉCTRICO TRIFÁSICO PERMANENTE Y OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO PARA LA AVÍCOLA “FLOR MARIA”

LUISA CRISTINA CAZCO BARBA

Trabajo de Titulación modalidad: Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAGÍSTER EN SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL**

Riobamba - Ecuador

Febrero – 2020

©2020, Luisa Cristina Cazco Barba

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

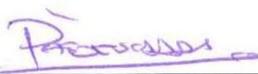
El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE SUMINISTRO TRIFÁSICO PERMANENTE Y OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO PARA LA AVÍCOLA “FLOR MARÍA”, de responsabilidad de la Ing. Luis Cristina Cazco Barba, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

Ing. Wilson Armando Zuñiga Vinueza; Mag
PRESIDENTE (DELEGADO)



Ing. Patricio Germán Encalada Ruiz; Mag
TUTOR PROYECTO TITULACIÓN



Ing. Gabriel Alfonso Delgado Oleas; Mag
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Javier José Gavilanes García; Mag
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Riobamba, febrero 2020

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Luisa Cristina Cazco Barba, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, y que el patrimonio intelectual generado por el mismo pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



LUISA CRISTINA CAZCO BARBA
No. Cédula: 060386444-8

Yo, Luisa Cristina Cazco Barba, declaro que el Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría.



LUISA CRISTINA CAZCO BARBA
No. Cédula: 060386444-8

DEDICATORIA

A mi hermana María Elisa que partió muy temprano pero su ejemplo, constancia y deseos de superación quedaron impregnados, a mis padres Gustavo y María del Carmen, mi hermana Antonieta y mis sobrinos María del Carmen y Raúl que con su apoyo incondicional e impulso siempre supieron brindar la palabra adecuada en el momento indicado.

A Darío por ser el compañero que me impulsó a culminar el presente trabajo y aunque hayas partido de este mundo esto es por ti amor.

A mis familiares y amigos quienes brindaron su apoyo incondicional.

Luisa Cristina

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme culminar este proyecto de vida

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por permitir mí desarrollo profesional.

A los tutores del presente Proyecto de Titulación por brindar su apoyo objetivo.

A la empresa Avícola “Flor María” por permitirme desarrollar el Proyecto de Titulación en sus instalaciones, y brindarme todas las facilidades del caso.

A mis padres, hermana, sobrinos y Darío.

Luisa Cristina

CONTENIDO

RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Situación Problemática	1
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.3. Preguntas Directrices o Específicas	2
1.4. Justificación.....	2
1.5. Objetivos de la Investigación	4
<i>1.5.1. Objetivo General.....</i>	<i>4</i>
<i>1.5.2. Objetivos Específicos</i>	<i>4</i>
1.6. Hipótesis	4
<i>1.6.1. Hipótesis General.....</i>	<i>4</i>
<i>1.6.2. Hipótesis Específicas</i>	<i>4</i>
<i>1.6.3. Identificación de Variables.....</i>	<i>5</i>
<i>1.6.4. Operacionalización De Variables.....</i>	<i>6</i>
<i>1.6.5. Matriz de Consistencia</i>	<i>7</i>

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Estado del Arte.....	9
2.2. Proceso de crianza de las aves en la Planta avícola “Flor María”	10
2.3. Descripción de la red y el Sistema Eléctrico.....	12
<i>2.3.1. Descripción de la Carga Instalada.....</i>	<i>12</i>
<i>2.3.1.1. Sistema de Iluminación.....</i>	<i>12</i>
<i>2.3.1.2. Sistema de alimentación de las aves.....</i>	<i>13</i>
<i>2.3.1.3. Sistema de calefacción.....</i>	<i>14</i>
<i>2.3.1.4. Sistema de ingreso de aire.....</i>	<i>15</i>
<i>2.3.1.5. Sistema de ventilación</i>	<i>16</i>
<i>2.3.1.6. Sistema de enfriamiento.....</i>	<i>17</i>
<i>2.3.2. Corrección de Factor de Potencia.....</i>	<i>18</i>
2.4. Software de comunicación entre los sistemas.....	18
<i>2.4.1. LabVIEW</i>	<i>18</i>

2.4.1.1.	<i>Programación en LabView</i>	19
2.4.1.2.	<i>LabVIEW y hardware</i>	20
2.4.2.	Protocolo Modbus RTU	20
2.4.2.1.	<i>Empaquetado de datos</i>	21
2.4.2.2.	<i>Estructura del mensaje</i>	21
2.4.2.3.	<i>Funciones y registros de Modbus</i>	22

CAPÍTULO III

3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y DISEÑO	24
3.1.	Tipo, método y enfoque de la investigación	24
3.2.	Diseño del Sistema de Optimización de Consumo Energético	24
3.2.1.	<i>Descripción del proyecto</i>	24
3.2.2.	<i>Datos de partida de los sistemas a optimizar</i>	25
3.2.2.1.	<i>Fallas en el suministro de energía</i>	25
3.2.2.2.	<i>Bajo factor de potencia</i>	26
3.3.	Sistema de transferencia automática	28
3.3.1.	<i>Dimensionamiento de la potencia del grupo electrógeno</i>	28
3.3.2.	<i>Diseño funcional general del sistema de transferencia</i>	30
3.3.3.	<i>Diseño funcional específico del sistema de transferencia para la planta avícola</i>	31
3.3.3.1.	<i>Controlador ATL 610</i>	32
3.3.3.2.	<i>Interruptor automático motorizado</i>	33
3.3.4.	<i>Lógica de control</i>	34
3.4.	Recolección de datos	36
3.5.	Diseño del Sistema de Corrección del factor de potencia	41
3.5.1.	<i>Compensación central con Banco Automático de Capacitores</i>	42
3.5.2.	<i>Cálculo de la capacidad reactiva para el dimensionamiento del banco de capacitores</i>	42

CAPÍTULO IV

4.	PRUEBAS Y RESULTADOS	47
4.1.	Resultados del Sistema de optimización de energía	47
4.1.1.	<i>Sistema de transferencia energética</i>	47
4.1.2.	<i>Mejora de factor de potencia</i>	51
4.2.	Docimasia de la hipótesis	55
4.3.	Costo y recuperación de la inversión del proyecto.	61
4.4.	Trabajos futuros	62

CAPÍTULO V

5.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	63
5.1.	Construcción del tablero del sistema de transferencia.....	63
<i>5.1.1.</i>	<i>Componentes a utilizar.....</i>	<i>63</i>
<i>5.1.2.</i>	<i>Construcción del Sistema de control.....</i>	<i>63</i>
<i>5.1.3.</i>	<i>Configuración del dispositivo ATL 610.....</i>	<i>64</i>
5.2.	Construcción del tablero de corrección de factor de potencia.....	68
<i>5.2.1.</i>	<i>Componentes a utilizar.....</i>	<i>68</i>
<i>5.2.2.</i>	<i>Controlador del factor de potencia.....</i>	<i>68</i>
<i>5.2.3.</i>	<i>Configuración del Dispositivo DCRL8.....</i>	<i>69</i>
5.3.	Integración de Sistemas de Control.....	71
<i>5.3.1.</i>	<i>Comunicación entre los dispositivos.....</i>	<i>72</i>
<i>5.3.2.</i>	<i>Configuración de los controladores.....</i>	<i>75</i>
<i>5.3.3.</i>	<i>Protocolo de comunicación Modbus RTU.....</i>	<i>77</i>
<i>5.3.3.1.</i>	<i>Acceso a los datos a través de Modbus.....</i>	<i>78</i>
<i>5.3.4.</i>	<i>Aplicación HMI.....</i>	<i>79</i>
	CONCLUSIONES.....	82
	RECOMENDACIONES.....	83
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Proyección del crecimiento de consumo de carne.....	1
Tabla 2-1: Identificación de variables.....	5
Tabla 3-1: Operacionalización de variables.....	6
Tabla 4-1: Matriz de consistencia.....	7
Tabla 1-2: Horario del sistema de iluminación.....	12
Tabla 2-2: Funciones Modbus y su respectivo código.....	22
Tabla 3-2: Estructura del mensaje pregunta (maestro)/respuesta (esclavo).....	23
Tabla 4-2: Valores de pregunta/respuesta de maestro a esclavo.....	23
Tabla 1-3: Resumen del consumo energético, factor de potencia del año 2017.....	26
Tabla 2-3: Cargas por galpón y carga total.....	28
Tabla 3-3: Datos de placa del grupo electrógeno.....	29
Tabla 4-3: Promedio del bajo factor de potencia.....	43
Tabla 1-4: Factores de potencia corregidos en el año 2018.....	52
Tabla 2-4: Factores de potencia del año 2019.....	53
Tabla 3-4: Total del servicio eléctrico en el año 2017.....	53
Tabla 4-4: Total del Servicio energético del año 2018.....	54
Tabla 5-4: Ahorro económico en dólares y en porcentaje.....	54
Tabla 6-4: Tabla comparativa del consumo energético de los años 2017 y 2018.....	55
Tabla 7-4: Reducción en KHW y en porcentaje % del consumo energético.....	55
Tabla 8-4: Docimasia de la hipótesis, Análisis T-student Potencia Con Compensación VS.....	59
Tabla 9-4: Docimasia de la hipótesis, valoración de variables.....	60
Tabla 10-4: Costo total del proyecto.....	61
Tabla 11-4: Tabla de amortización del proyecto.....	61
Tabla 1-5: Configuración de las salidas en el dispositivo ATL 610.....	66
Tabla 2-5: Configuración de las entradas en el dispositivo ATL 610.....	67
Tabla 3-5: Parámetros básicos que se deben configurar.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Sistema de iluminación de la planta avícola "Flor María"	13
Figura 2-2: Silo y Motor del silo	13
Figura 3-2: Tolvas, comederos y motores de las tolvas.....	14
Figura 4-2: Calefactor.....	14
Figura 5-2: Inlets y Motor de Inlets	15
Figura 6-2: Cortina	16
Figura 7-2: Extractores e Inlets.....	16
Figura 8-2: Funcionamiento de un panel húmedo	17
Figura 9-2: Bombas de paneles y panel	17
Figura 10-2: Estructura de empaquetado de un carácter serie RTU	21
Figura 11-2: Estructura de un mensaje RTU	21
Figura 1-3: Metodología para el diseño consumo energético.....	25
Figura 2-3: Factura mes de febrero del 2017 con factor de potencia bajo.....	27
Figura 3-3: Grupo electrógeno tipo abierto	29
Figura 4-3: Controlador del generador Módulo DSE 4510	30
Figura 5-3: Diagrama de bloques general del sistema de transferencia.....	31
Figura 6-3: Controlador Lovato ATL 610	32
Figura 7-3: Interruptor motorizado	33
Figura 8-3: Accionamientos motorizados del interruptor	34
Figura 9-3: Diagrama de bloques específico del sistema de transferencia	34
Figura 10-3: Diagrama de flujo de la lógica del sistema de transferencia.....	35
Figura 11-3: Pinza para medición AEMC 407	36
Figura 12-3: Triángulo de potencias.....	43
Figura 13-3: Capacitor requerido marca DISPROEL de 2.5 KVA	45
Figura 14-3: Capacitor requerido de 5 KVA	46
Figura 1-4: Luces indicadoras del tablero del Sistema de transferencia.....	48
Figura 2-4: Voltaje línea - neutro 127 V del generador.....	48
Figura 3-4: Voltaje línea - línea 220V del generador.	49
Figura 4-4: Energía pública restableciéndose, generador todavía encendido	49
Figura 5-4: Energía de la red pública restablecida, generador apagado	50
Figura 6-4: Línea 1 de la red encendida, tensión de la red línea a línea.	50
Figura 7-4: Módulo del generador voltaje en 0	51
Figura 1-5: Tablero de control del sistema de transferencia.....	64
Figura 2-5: Pantalla del menú principal del ATL 610	64

Figura 3-5: Pantalla del menú Configuraciones.....	65
Figura 4-5: Pantalla de la opción línea a línea.....	65
Figura 5-5: Opciones del sub-menú Conmutación de la carga.....	65
Figura 6-5: Opciones del parámetro Tipo de Conmutación.....	66
Figura 7-5: Pantalla de la configuración de las salidas del ATL 610.....	66
Figura 8-5: Pantalla de la configuración de las entradas del ATL 610.....	67
Figura 9-5: Dispositivo ATL 610 configurado.....	67
Figura 10-5: Tablero de control del sistema de corrección del factor de potencia.....	68
Figura 11-5: Regulador automático DCRL 8.....	69
Figura 12-5: Menú principal del dispositivo DCRL 8.....	70
Figura 13-5: Tipos de módulos EXP.....	73
Figura 14-5: Módulo EXP RS485 para comunicación con el DCRL 8.....	73
Figura 15-5: Módulo EXP Ethernet para comunicación con el HMI.....	73
Figura 16-5: ATL 610 con los módulos de comunicación Ethernet y RS-485.....	74
Figura 17-5: DCRL 8 con módulo de expansión y de comunicación RS-485.....	75
Figura 18-5: Arquitectura de comunicación entre dispositivos.....	75
Figura 19-5: Parámetros de comunicación del ATL 610.....	76
Figura 20-5: Parámetros de comunicación del controlador DCRL 8.....	77
Figura 21-5: Direcciones Modbus del controlador ATL 610.....	78
Figura 22-5: Direcciones Modbus del controlador DCRL 8.....	79
Figura 23-5: Pantalla Datos del Proceso de la Aplicación HMI.....	80
Figura 24-5: Segunda pantalla “Transferencia Automática” de la Aplicación HMI.....	80
Figura 25-5: Tercera pantalla “Regulado factor de potencia” de la aplicación HMI.....	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Curva de la potencia real (P)	37
Gráfico 2-3: Curva de la potencia reactiva	38
Gráfico 3-3: Curva de la potencia aparente (S).....	39
Gráfico 4-3: Curva del factor de potencia.....	40
Gráfico 5-3: Curvas de la potencia real, aparente y factor de potencia	41
Gráfico 1-4: F.P. del año 2017 antes de la implementación del sistema.....	51
Gráfico 2-4: F.P. del año 2018 después de la implementación del sistema	52
Gráfico 3-4: F.P. del año 2019, después de la implementación del sistema	53
Gráfico 4-4: Potencias activas con un consumo mínimo a plena carga	55
Gráfico 5-4: Potencias aparentes con un consumo mínimo a plena carga	56
Gráfico 6-4: Potencias aparentes con un consumo mínimo a plena carga	56
Gráfico 7-4: Corriente con un consumo mínimo a plena carga	57
Gráfico 8-4: Potencias aparentes con un consumo mínimo a plena carga	57
Gráfico 9-4: Cortes desde noviembre del 2017 a noviembre 2019.....	58

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Conexiones del Módulo DCE 4510 con el generador.

Anexo B. Manual del Módulo DCE 4510 ajustes de configuración.

Anexo C. Plano de las conexiones eléctrica del tablero automático de corrección del factor de potencia.

Anexo D. Modelo de Planilla de Servicio Eléctrico del 2017, 2018

Anexo E. Plano de las conexiones eléctricas del tablero automático de transferencia energética.

Anexo F. Manual del dispositivo ATL 610, ajustes de configuración

Anexo G. Manual del dispositivo de control DCRL 8, ajustes de parámetros

RESUMEN

En la Avícola “Flor María” se diseñó e implementó un sistema de transferencia automático para el suministro eléctrico trifásico permanente, en el consumo energético proveniente de la red pública, Empresa Eléctrica Riobamba (EERSA). Se utilizó un tablero de transferencia automática comandado por un controlador lovato ATL 610 que garantizó el suministro eléctrico de la EERSA o del Generador (MODASA MP- 1 10), un controlador lovato DCRL 8 que corrigió el bajo factor de potencia presente en la red, debido a la alta carga variable e inductiva y una pantalla HMI que monitorea la generación de energía en horas pico sobre los 50 kw. Como resultado se obtuvo un factor de potencia de 0.98, tiempo de respuesta de 5 segundos, reducción de consumo de potencias activa 18.80%, potencia aparente 23.81%, potencia reactiva 53.21%. La implementación mejoró el factor de potencia en diferentes consumos, permitió la generación de energía eléctrica en horas pico y redujo los costos de consumo energético anual a un 20.26 %, un ahorro energético anual del 7.13% y una disminución del consumo anual de diésel en un 80 %. La realización de los mantenimientos pertinentes en el sistema autónomo, permitió el correcto balance de cargas dando un funcionamiento ideal, erradicando posibles fallos.

Palabras clave: <AUTOMATIZACIÓN PLANTA AVÍCOLA>, <CORRECCIÓN FACTOR DE POTENCIA>, <SUMINISTRO ENERGÉTICO PERMANENTE>, <TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA>



ABSTRACT

In the "Flor María" Avicola, an automatic transfer system for permanent three-phase electricity supply was designed and implemented, in energy consumption from the public network. Empresa Eléctrica Riobamba (EERSA). An automatic transfer board commanded by a Lovato ATL 610 controller was used that guaranteed the power supply of the EERSA or the Generator (MODASA MP- 110), a Lovato DCRL 8 controller that corrected the low power factor present in the network, due to the high variable and inductive load, and an HMI screen that monitored the generation of energy in peak hours over 50 kw. As a result, a power factor of 0.98, response time of 5 seconds, reduction of active power consumption 18.80%, apparent power 23.81%, reactive power 53.21 % was obtained. The implementation improved the power factor in different consumptions, allowed the generation of electricity during peak hours and reduced annual energy consumption costs to 20.26%, an annual energy saving of 7.13% and a decrease in annual diesel consumption by 80% The realization of the relevant maintenance in the autonomous system, allowed the correct balance of loads giving an ideal operation, eradicating possible failures

Key words: <AVICOLA PLANT AUTOMATION>, <POWER FACTOR CORRECTION>, <PERMANENT ENERGY SUPPLY>, <AUTOMATIC TRANSFER>



CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

El crecimiento acelerado de la industria avícola en el mundo, siendo actualmente la de mayor producción y consumo, cuya proyección per cápita alcanzará los 35,3 kilos al 2030, como se denota en la Tabla 1; al 2030 requeriremos 82 millones de toneladas de aves de corral. (Avicultura.com, 2016), toda esta demanda conlleva al requerimiento de mayor tecnificación en el área, lo cual significa una mayor demanda de energía eléctrica para su correcto funcionamiento.

Tabla 1-1: Proyección del crecimiento de consumo de carne

Tipo de Carne	Toneladas/ 2010	Toneladas/ 2030
Res	14 M	39 M
Cordero	4 M	11 M
Cerdo	21 M	56 M
Aves de corral	22 M	82 M
Huevos	14 M	38 M

Fuente: FAO.org Requerimientos de carne al 2030 expresado en millones de Toneladas

La carne de pollo tan aceptada en el mundo por sus múltiples bondades proteicas, tiempos cortos y bajos costos de producción, además de ser la industria de carne más amigable con el ambiente por su baja emisión de gases efecto invernadero hace que sea considerada la carne del futuro, siendo la de mayor demanda mundial y en países de vía de desarrollo como el Ecuador.

A nivel Nacional en los últimos 25 años se ha pasado de un consumo de 9 a 32 kilos por persona al año, esta industria abastece el cien por ciento de la demanda de carne de pollo y huevos de consumo local, siendo la principal industria alimenticia de consumo y demanda de la población.

En el Ecuador la diversidad climática en la década de los 90's e inicios del siglo XX permitió al avicultor levantar un pollo competitivo de excelente calidad, pero con los avances genéticos para pollo de engorde se obtiene en menor tiempo un ave de mayor peso, llevando al avicultor a mejorar su tecnología.

En la actualidad se tiene un alto grado de industrialización de la región, llegando incluso a estándares internacionales, conllevando a importar tecnología que implica un suministro eléctrico

sin fallas y en caso de tenerlas poseer sistemas de backup aptos para entrar en funcionamiento evitando así pérdidas millonarias por mortalidad causada por fallo eléctricas.

1.2. Formulación del Problema

¿Un sistema automático de suministro eléctrico trifásico permanente eficiente, optimizando el consumo energético, reducirá costos y sanciones por parte de la Empresa Eléctrica Riobamba, además de estrechar al máximo la probabilidad de un fallo eléctrico en la Avícola “Flor María”?

1.3. Preguntas Directrices o Específicas

- ¿El sistema de autogeneración de la planta es un respaldo de energía ante cortes del suministro eléctrico de la red pública de forma autónoma y minimizando tiempos de respuesta sin energía eléctrica?
- ¿Mejorará el factor de potencia en la red de la planta avícola?
- ¿Es posible bajar el consumo de la energía de la red eléctrica pública de la avícola generando en horas pico y con aves en edad adulta?
- ¿El monitoreo de los sistemas de generación automática y corrección de factor de potencia mostrada mediante un HMI logra un suministro eficiente y sin cortes?
- ¿Cuál es el costo combustible vs energía de la red pública?

1.4. Justificación

La Avicultura Ecuatoriana ha dado un giro a su manera de producción de carne de pollo, pasando de un sistema de crianza manual a criaderos totalmente automáticos independientes y con exigencias de un suministro eléctrico eficiente y 24 horas al día 7 días a la semana.

El Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017 con el objetivo de “Impulsar la Transformación de la Matriz Productiva” menciona en una de sus políticas “Promover la intensidad tecnológica en la producción primaria, de bienes intermedios y finales”, teniendo como lineamiento “Tecnificar los encadenamientos productivos en la generación de materias primas y la producción bienes de capital, con mayor intensidad tecnológica en sus procesos productivos.” (SENPLADES, 2013)

Todo este progreso industrial no sería posible sin la Red eléctrica, por ello la necesidad de poseer un suministro confiable y de calidad que no tenga fallas en absoluto, ya que pese al cambio de la matriz productiva y un mejor servicio por parte de la Empresa Eléctrica Riobamba se debe tener alternativas para compensar los posibles cortes energéticos manteniendo así un suministro automático constante, independiente de la mano de obra humana.

En la actualidad el aumento de la demanda energética, muestra una serie de problemas como es afectación al medio ambiente, el encarecimiento progresivo de las energías fósiles tomando en cuenta las repercusiones sobre las economías y la falta de modelo energético en su mayoría lleva a un consumo ineficiente de la energía, que ha llevado a requerir un uso racional y consciente de la energía, o lo que es lo mismo, la necesidad de fuertes políticas de Eficiencia Energética.(Poveda, 2007)

En Ecuador en las normativas nacionales de las empresas suministradoras energéticas poseen reglamentos sobre su bajo factor de potencia los cuales generalmente tienen esta deficiencia cuando se tiene cargas inductivas (motores) como es el caso de las avícolas que su mayor requerimiento es la utilización de extractores para su eficiente ventilación, contrayendo la necesidad de corregir el bajo factor de potencia producido por los mismos.

Con este proyecto la Avícola “Flor María” además de obtener energía eficiente alargando tiempo de vida de sus motores, puede reducir costos de producción por pagos de Energía Eléctrica siendo los beneficiarios directos y teniendo como beneficiarios indirectos a la Empresa Distribuidora y usuarios aguas abajo de la red.

El presente tiene una contribución teórica siendo este el modelamiento mediante software utilizando algoritmos de decisión para tener un consumo energético eficiente y su contribución práctica es la implementación de la transferencia automática y corrección del factor de potencia de la planta.

1.5. Objetivos de la Investigación

1.5.1. Objetivo General

Diseñar e Implementar un sistema de transferencia automático para el suministro eléctrico trifásico permanente optimizando el consumo energético para la Avícola “Flor María”

1.5.2. Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema de transferencia automático que permita la generación eléctrica autónoma ante posibles cortes de suministro eléctrico.
- Mejorar el factor de potencia para los diferentes consumos de energía eléctrica de la planta Avícola.
- Implementar un sistema de conmutación que permita la generación de energía eléctrica en horas pico cuando el consumo sea a plena carga, para reducir los costos de consumo energético.
- Integrar y monitorear los datos entregados por los tableros de control, agrupando los valores de factor de potencia, carga de los galpones, horas pico, conexión a la red o al grupo electrógeno mediante un HMI.
- Comparar costos del consumo de energía eléctrica cuando la alimentación proviene de la red pública, actual y anterior a la implementación de los tableros.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

Mediante un sistema de transferencia automático de suministro eléctrico trifásico permanente permitirá la optimización del consumo energético de la Avícola “Flor María”, además de reducir la incidencia de cortes eléctricos evitando pérdidas económicas y disminuyendo los costos de lotes de producción

1.6.2. Hipótesis Específicas

- ¿Diseñar un sistema de transferencia automático que permita generación eléctrica autónoma ante posibles cortes evitando pérdidas por falta de suministro eléctrico?
- ¿Se mejora y corrige el factor de potencia con un sistema de control automático para los diferentes consumos de energía eléctrica de la planta Avícola en sus diferentes etapas de producción?
- ¿La Implementación de un sistema de control que permita la generación en horas pico, logra reducir los costos de consumo energético optimizando el consumo energético?
- ¿Los sistemas de generación automática y control de parámetros eléctricos mejorándolos en un sistema de monitoreo y control permanente logra un suministro eléctrico eficiente a las cargas inductivos de las naves?
- ¿El estudio comparativo entre el consumo de energía eléctrica conectada a la red pública y generación permitirá determinar el menor costo?

1.6.3. Identificación de Variables

En la tabla 2-1 se muestra las variables identificadas

Tabla 2-1: Identificación de variables

VARIABLE	TIPO	CONCEPTO
Elección del controlador	Dependiente Cualitativa	Conjunto de dispositivos que actúan juntos para lograr un objetivo de control.
Modelo del sistema	Independiente Cuantitativa	Representación abreviada de un Sistema elaborado para comprender, predecir y controlar el comportamiento de dicho sistema..
Parámetros eléctricos	Dependiente Cuantitativa	Son las potencias eléctricas necesarias para obtener parámetros medibles indicadores de eficiencia energética
Factor de Potencia	Dependiente Cuantitativa	Se utiliza para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo.
Costo energía eléctrica	Independiente Cuantitativa	Proceso de identificación de los recursos necesarios para llevar a cabo la labor o proyecto y dependientes

		del pliego tarifario vigente en el país
Integración de sistemas	Independiente Cuantitativa	Posibilitar la actuación conjunta desde un mismo punto o puesto de operación de un conjunto de instalaciones en un Interfaz de Usuario

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

1.6.4. Operacionalización De Variables

La tabla 3-1 Muestra los indicadores, técnicas e instrumentos utilizados de cada variable.

Tabla 3-1: Operacionalización de variables

VARIABLE	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Elección del controlador	Tipos de Controladores	Requerimientos del sistema, conceptos	Controladores disponibles en el mercado.
Modelo del sistema	% de fallas	Prueba y error	Transferencia Automática
Parámetros eléctricos	Potencia activa, aparente y reactiva	Medición de todas las potencias	Instrumento para medición de parámetros eléctricos
Factor de Potencia	UNIDAD	Medición a plena carga	Instrumentos para corrección de factor de potencia
Costo energía eléctrica	USD suministro empresa eléctrica vs generación propia	Análisis de Costos Lecturas mensuales	Facturas, planillas
Integración de sistemas	Tipos de Controladores	Interfaz de diferentes sistemas	Visualización en un solo sistema en un HMI

Realizado por: (CAZCO, Cristina, 2019)

1.6.5. Matriz de Consistencia

Tabla 4-1: Matriz de consistencia.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
GENERAL						
¿Un sistema automático de suministro eléctrico trifásico permanente eficiente, optimizando el consumo energético, reducirá costos y sanciones por parte de la Empresa Eléctrica Riobamba, además de estrechar al máximo la probabilidad de un fallo eléctrico en la Avícola “Flor María”?	Diseñar e Implementar un sistema de transferencia automático para un suministro eléctrico trifásico permanente optimizando el consumo energético para la Avícola “Flor María”	¿Mediante un sistema de transferencia automático de suministro eléctrico trifásico permanente permitirá la optimización del consumo energético de la Avícola “¿Flor María”, además de reducir la incidencia de cortes eléctricos evitando pérdidas económicas y disminuyendo los costos de los lotes de producción?	Elección del Controlador	Tipos de Controladores	Requerimientos del sistema, conceptos	Controladores disponibles en el mercado
ESPECÍFICAS						
¿El sistema de autogeneración de la planta es un respaldo de energía ante cortes del suministro eléctrico de la red pública de forma autónoma y minimizando tiempos de respuesta sin energía eléctrica?	Diseñar un sistema de transferencia automático que permita la generación eléctrica autónoma ante posibles cortes de suministro eléctrico.	¿Diseñar un sistema de transferencia automático que permita generación eléctrica autónoma ante posibles cortes evitando pérdidas por falta de suministro eléctrico?	Modelo del sistema	% de falla	Prueba y error	Transferencia automática

¿Mejorará el factor de potencia en la red de la planta avícola?	Mejorar el factor de potencia para los diferentes consumos de energía eléctrica de la planta Avícola.	¿Se mejora y corrige el factor de potencia con un sistema de control automático para los diferentes consumos de energía eléctrica de la planta Avícola en sus diferentes etapas de producción?	Factor de Potencia	UNIDAD	Medición a plena carga	Banco de capacitores
¿Es posible bajar el consumo de la energía de la red eléctrica pública de la avícola generando en horas pico y con aves en edad adulta?	Implementar un sistema de control que permita la generación en horas pico cuando el consumo sea a plena carga, para reducir los costos de consumo energético.	¿La Implementación de un sistema de control que permita la generación en horas pico, logra reducir los costos de consumo energético optimizando el consumo energético?	Parámetros eléctricos	Consumo en Kwh	Medición de todas las potencias	Instrumento para edición de parámetros eléctricos
¿El monitoreo de los sistemas de generación automática, control y corrección de factor de potencia mostrados mediante un HMI logra un suministro eficiente y sin cortes?	Controlar y monitorear los sistemas de generación automática, factor de potencia y potencias consumidas mediante un HMI	¿Los sistemas de generación automática y control de parámetros eléctricos mejorándolos en un sistema de monitoreo y control permanente logra un suministro eléctrico eficiente a las cargas inductivos de las naves?	Integración de sistemas	Controladores	Control de diferentes sistemas	Visualización en un solo sistema visibles en un HMI
¿Cuál es el costo combustible vs energía de la red pública?	Comparar costos del consumo de energía eléctrica conectada a la red pública y generación, demostrando la optimización y el progreso en base a la conversión alimenticia actual y anterior.	¿El estudio comparativo entre el consumo de energía eléctrica conectada a la red pública y generación permitirá determinar el menor costo?	Costo energía eléctrica	USD suministro empresa eléctrica vs generación propia	Análisis de Costos Lecturas mensuales	Facturas, planillas

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estado del Arte

En avicultura actualmente se encuentra infinidad de controles de climatización confortable para la crianza de aves de corral a gran escala en cualquier tipo de clima. El desarrollo de controladores y automatización conlleva una gran demanda y consumo energético añadiendo costos a la producción, disminuyendo su rentabilidad, ahora la tendencia se enfoca en la eficiencia del consumo energético, E. M. Barber, H. L. Classen y P. A. Thacker en su artículo sobre energía utilizada en la producción de aves de corral, indica la necesidad de generar energía para la producción de carne de cerdo y aves de corral para calefacción, ventilación, iluminación, alimentación, agua y manejo del estiércol. La información sobre cuánta energía se usa y sobre las cantidades de energía relacionadas utilizadas para cada propósito, está lejos de ser completa y las diferencias en las unidades de producción son grandes. Hay oportunidades de conservación de energía, pero la viabilidad económica y estaciones del proceso de producción lo hacen complejo. El artículo propone realizar un estudio de parámetros como temperatura, humedad, concentración y distribución del tamaño de la partícula de polvo transportado, esta información es utilizada para definir un modelo de sistema de control que optimice estos parámetros y mejore la eficiencia energética. (Barber, Classen, & Thacker, 1989)

Sefeedpari, Shahin Rafiee, Asadollah Akram, Kwok-wing Chau, Seyyed Hassan Pishgar-Komleh, muestra el estudio de un sistema de control inteligente basado en redes neuronales y lógica difusa, enseña una condición para ingresar diferentes parámetros como son consumo de alimento, horas hombre de trabajo, cantidad de gas utilizado, consumo eléctrico de la planta entre otros parámetros, concluyendo que la relación entre una producción eficiente y el consumo energético van de la mano para lo cual propone el concepto de eficiencia energética como medio para mejorar la producción avícola. (Sefeedpari, Rafiee, Akram, Chau, & Pishgar-komleh, 2016)

Otros autores han realizado investigaciones abordando el tema de cómo mejorar los índices de producción y eficiencia energética; Mohammad, Cañizares, Kankar en su artículo presentan un modelo matemático para la optimización de invernaderos que puede incorporarse fácilmente a los sistemas de gestión de centros de energía (EHMS) por sus siglas en inglés, el objetivo de esta investigación es minimizar los costos totales de energía y los cargos de demanda al considerar los

parámetros importantes de los invernaderos; en particular, temperatura y humedad relativa, concentración de CO₂ y niveles de iluminación deben mantenerse dentro de los rangos aceptables. El estudio se base en simulaciones Monte Carlo el resultado muestra la efectividad del modelo para reducir los costos totales de energía y al mismo tiempo mantener las restricciones operacionales requeridas. (Bozchalui & Cañizares, 2015)

Existen diferentes tipos de controles usados en los procesos de granjas avícolas, Mirzaee, Omid, Keyhani en su trabajo realizan una comparación entre modelos de control fuzzy y on/off el propósito en esta investigación fue monitorear la gestión del clima interior y comparar la lógica difusa y los controladores apagado encendido, los datos obtenidos comparan diferentes parámetros como: temperatura, humedad, CO₂, NH₃ y el consumo de potencia de los actuadores estos resultados son interesantes y muestran que al mejorar el control, el consumo de los actuadores que se consideran cargas considerables optimizan su eficiencia evitando conmutaciones permanentes y mejorando los parámetros Set Point en los galpones. (Mirzaee-ghaleh, Omid, Keyhani, & Dalvand, 2015)

Sherwin Amini, Navab Kazemi y Afshin Marzban en su estudio habla sobre la eficiencia energética realizado en Irán, en esta investigación realizan una comparación entre las granjas avícolas tradicionales y las modernas y algunos métodos desarrollados para el estudio de eficiencia energética. Utilizando un modelo de análisis desenvolvimiento de datos concluye que existe una mejora en la eficiencia del 11.67% al 3.57% con respecto a las granjas tradicionales esto se debe a la mejora en los procesos y sistemas de control. El enfoque de los autores de la investigación lustró que el combustible diésel, los piensos y la energía eléctrica tuvieron la mayor participación en el ahorro total de energía por el método DEA en ambos sistemas de producción de pollos de engorde. (Amini, Amini, Kazemi, & Marzban, 2015)

2.2. Proceso de crianza de las aves en la Planta avícola “Flor María”

Es importante conocer el proceso que atraviesan las aves en una planta avícola, así se puede determinar la maquinaria que se ocupa para su crianza.

- *Primera Semana: Edad de 0 a 7 días*

A la llegada del pollito bebe se debe garantizar una temperatura de 34°C para tener un buen levante de las aves, por el contrario, una baja temperatura (menos de 32°C) conlleva a que el

pollito tenga un peso bajo, una incorrecta reabsorción del vitelo y va a ser propenso a afecciones respiratorias con un sistema inmune deficiente.

- *Segunda Semana: Edad de 7 a 14 días*

En esta etapa se debe tener una correcta ventilación mínima que es el intercambio de aire por medio de los inlets y una temperatura según la tabla de temperaturas en base a la edad y con un correcto equilibrio entre ventilación y calefacción

- *Tercera Semana: Edad de 14 – 21 días*

En esta etapa todavía se debe cuidar la temperatura con una correcta ventilación, pero sin calefactores (esto varía según la época verano – invierno)

- *Cuarta semana: Edad 21-28 días*

A partir de 28 días se considera edad adulta y se debe ventilar correctamente para que no se concentre el amoníaco ni se dañe la cama de las aves que es una capa de 15 a 20 cm de tamo de arroz. Aquí ya no se regula y se deja totalmente abierto el portón que son las entradas de aire principales de ingreso de aire para pollo adulto.

- *Quinta Semana: Edad de 28 a 35 días*

A partir de 28 días empieza el uso del sistema de enfriamiento que es un panel húmedo parecido a los radiadores para mantener el galpón en un ambiente fresco para evitar que las aves jadeen y se estresen de lo contrario podría provocar un consumo de energía para enfriarse y por ende pérdida de peso

Lo ideal en un día calurosa es mantenerse entre 25°C y 26°C y no sobrepasar los 28°C al interior del galpón

- *Sexta Semana: Edad de 35 – 42 días*

A partir de 35 días se empieza al despacho de aves en machos pasado los 38 días y en hembras a partir de 40 días de acuerdo al peso requerido por la planta o ventas en pie.

Síntesis

Un pollito bebe tiene de 0 – 7 días, a esta edad la calefacción es fundamental. A partir de los 7 días se empieza un programa de iluminación leve para el correcto descanso y conversión de las aves. A los 21 días en adelante se realiza un programa de iluminación agresivo que consiste: en 8 horas de oscuridad y 16 horas de claridad con 10 luxes de intensidad para MACHOS y 5 horas de oscuridad y 19 horas de claridad con 10 luxes de intensidad para HEMBRAS.

2.3. Descripción de la red y el Sistema Eléctrico

La Planta Avícola Flor María se encuentra a 1200 msnm, con una capacidad de 110000 aves de engorde, su red es trifásica de 220 V que es suministrada por la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. (EERSA). El terreno donde se encuentra la planta está a 900 msnm y consta de dos naves de producción con 28000 y 25000 aves en cada una, para su funcionamiento tiene un sistema eléctrico totalmente automático e independiente con un transformador de 75 KVA.

2.3.1. Descripción de la Carga Instalada.

La Avícola Flor María consta de tres galpones dos de ellos operantes, cada galpón consta de la siguiente maquinaria.

2.3.1.1. Sistema de Iluminación

Es uno de los factores más importantes ya que estimula la alimentación en los pollos de engorde, la planta avícola consta de 120 focos por galpón, cada uno de 9 watts de potencia y 220 V de voltaje. El sistema de iluminación se opera según la edad y sexo de las aves.

Tabla 1-2: Horario del sistema de iluminación.

EDAD	INTENSIDAD	MACHOS	HORAS DIARIAS	HEMBRAS	HORAS DIARIAS
0-4 días	100%	0:00 - 23:59	24 horas	0:00 - 23:59	24 horas
4 -8 días	80%	0:00 - 21:00	21 horas	0:00 - 22:00	22 horas
8 – 12 días	60 %	2:00 - 21:00	19 horas	2:00 – 22:00	20 horas
12-15 días	30%	2:00 - 21:00	19 horas	2:00 – 22:00	20 horas
15 – 35 días	10 %	5:00 - 21:00	16 horas	3:00 – 22:00	19 horas
35 – 40 días	15%	4:00 - 21:00	15 horas	2:00 – 22:00	18 horas
Más de 40 días	15%	off	0 horas	2:00 – 22:00	18 horas

Realizado por: Cazco Luisa, 2020



Figura 1-2: Sistema de iluminación de la planta avícola "Flor María"
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

2.3.1.2. Sistema de alimentación de las aves

Silo.

En este se almacena el alimento con una capacidad de 14000 kg, está ubicado en el exterior del galpón, conectado a un motor de 2 hp por un sinfín de 75 mm introducido en una tubería PVC ubicada al interior del galpón con terminaciones en forma de T a cada una de las 4 tolvas internas



Figura 2-2: Silo y Motor del silo
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Comederos y Tolvas.

Cumple con la necesidad de suministrar el alimento de la manera más rápida y eficiente, evitando el desperdicio del alimento. Estos comederos están instalados en 4 filas a lo largo del galpón, y por medio de 4 motores de 0.5 Hp de potencia se distribuye el alimento por medio de un sin fin desde las tolvas con capacidad de 70 kg cada una



Figura 3-2: Tolvas, comederos y motores de las tolvas
 Realizado por: Cazco Luisa, 2020

2.3.1.3. Sistema de calefacción

Calefactor.

La temperatura es una de los factores más importantes en el rendimiento de la productividad avícola. Para controlar la temperatura se instala un sistema de calefacción, que consta de tres calentadores a motor cada uno con potencia de 1700 Watts y de 220 V, que son activados por medio de los sensores de temperatura RTD desde el controlador para adecuar la temperatura tomando como referencia la altura de las aves ya que son más sensibles al frío por las patas.



Figura 4-2: Calefactor
 Realizado por: Cazco Luisa, 2020

2.3.1.4. Sistema de ingreso de aire.

Los sistemas de ventilación forzada con extractores utilizan ventilación con presión negativa, significa que los extractores extraen el aire hacia afuera lo cual crea un vacío parcial o presión negativa dentro del galpón por lo que el aire es llevado hacia el interior de la nave por las entradas de aire existentes en el mismo

Inlets

También llamadas entradas de aire, la mayoría de los sistemas de ventilación forzada con extractores utilizan ventilación con presión negativa, significa que los extractores jalan el aire hacia afuera lo cual crea un vacío parcial o presión negativa dentro del galpón por lo que el aire es llevado hacia el interior de la nave a través de lo que se conoce como *inlets* colocadas en las paredes del galpón.



Figura 5-2: Inlets y Motor de Inlets
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Cortinas o portón

Es el ingreso principal de aire para edad adulta a partir de los 28 días permanecen siempre abiertas para controlar la presión generada por los extractores. Son grandes aberturas de 30 por 1.20 metros a cada lado del galpón al igual que los inlets poseen un sistema de poleas con un motor de 0.35 hp a 220v. Se encuentran siempre al otro extremo de los extractores formando así el túnel de ventilación.



Figura 6-2: Cortina
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

2.3.1.5. Sistema de ventilación

Extractores

Son aparatos con aspas giratorias que extraen el aire del recinto y lo trasladan a otro sitio, provee la ventilación requerida al galpón que posee 14 extractores y cada extractor tiene una potencia de 1.5 HP.



Figura 7-2: Extractores e Inlets
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

2.3.1.6. Sistema de enfriamiento.

Panel húmedo

También llamada pared evaporativa, consiste en hacer circular aire con un determinado contenido de humedad por una superficie mojada (panel), este aire al pasar por el panel evapora el agua bajando la temperatura del mismo.

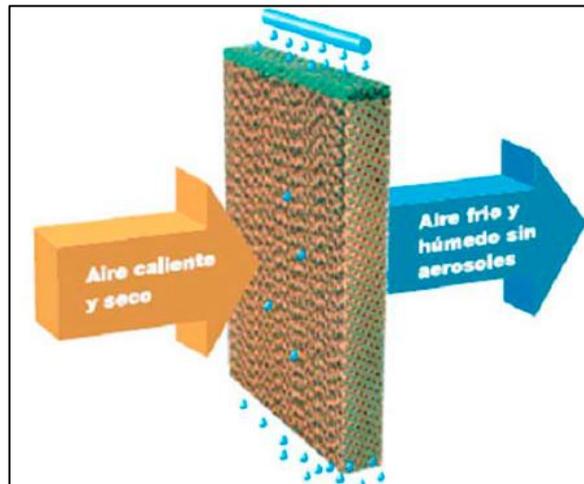


Figura 8-2: Funcionamiento de un panel húmedo

Fuente: <https://siloscordoba.com/es/blog-es/material-ganadero>

Es un sistema de enfriamiento para verano o invierno, consiste en 2 bombas de presión de agua de 0.75 Cv, tuberías de PVC o tuberías de polietileno suspendidas en la parte superior del panel que son cartones en forma de panel, los cuales son humedecidos para que el aire esté frío y de esta forma bajar la temperatura al interior del galpón



Figura 9-2: Bombas de paneles y panel

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

2.3.2. Corrección de Factor de Potencia

Cuando se tienen que conducir una cierta potencia y su correspondiente energía de un lugar a otro, entre más bajo sea el valor del factor de potencia del circuito eléctrico, se necesitará mayor corriente, para la misma potencia.

Un bajo factor de potencia tiene las siguientes desventajas:

- Se necesitará un conductor más grueso para conducir la misma energía por que la corriente necesaria para la potencia será mayor.
- Se obtendrá una mayor caída de voltaje para conducir la energía con los mismos conductores, debido a la mayor corriente.
- Se tendrán mayores pérdidas de potencia y energía manifestadas en el calentamiento de cables, embobinados y transformadores de distribución.
- La operación del circuito será más cara, porque o se aumenta el conductor o se tienen mayores pérdidas, o ambas.

En general, al mejorar el factor de potencia, se reduce la corriente total, como resultado de reducir la corriente reactiva, y a su vez, la regulación de voltaje es mucho más eficiente, y los equipos electromagnéticos van a trabajar a la potencia real demandada. Existen diferentes métodos de compensar un bajo factor de potencia, tales como:

1. Abasteciendo de potencia reactiva localmente con capacitores o condensadores síncronos.
2. Des-energizando motores y transformadores, al hacerlos trabajar en vacío o con poca carga.

Llevando un control de los requerimientos de potencia reactiva de las máquinas para adquirir equipos con menor necesidad de potencia reactiva.

2.4. Software de comunicación entre los sistemas.

2.4.1. LabVIEW

Es el acrónimo de Plataforma de trabajo de Instrumentos de Ingeniería Virtuales de Laboratorio, en inglés Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench, es un escenario de desarrollo

para el diseño de sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico orientado a sistema de hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado real o embebido. (Wikipedia, 2019) Las aplicaciones van desde control simple de actuador encendido/apagado hasta control avanzado de ciclo cerrado con múltiples entradas y salidas, comúnmente se utiliza en la adquisición de datos para automatizar la operación de procesos y maquinaria sin interacción humana, su complemento de hardware de denomina DAQ. Tiene mayor aplicación en sistemas de medición, por ejemplo: monitoreo de procesos y aplicaciones de control; laboratorios didácticos, procesos de control industrial; se extiende además en procesamiento digital de señales (wavelets, FFT, Total Distorsion Harmonic TDH), manipulación de imágenes y audio, diseño de filtros digitales, monitoreo en tiempo real de aplicaciones biomédicas.

2.4.1.1. Programación en LabView

La programación se realiza con iconos de acuerdo a su funcionalidad que van relacionados entre ellos mediante líneas conectoras o también llamados cables representado el flujo de datos. Los programas implementados se denominan Instrumentos Virtuales o abreviando VI's, todos estos programas poseen dos ventanas: diagrama de bloques y panel frontal; las cuales poseen además paletas que son barras de herramientas con opciones para crear o modificar los VI's

Panel Frontal

Representa la pantalla de control del programa, es decir, la interfaz gráfica donde el usuario interactúa con el programa como el ingreso los datos a manipular y la visualización las salidas del algoritmo. Se puede encontrar entre sus herramientas botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc. Existen dos grupos a los que pueden pertenecer: Controles, que sirven para la instrucción de parámetros; e Indicadores que revelan los resultados generados, dependerá de su propósito.

Diagrama de bloques.

Es el código fuente de los VI's, es donde se edita la programación para ejecutar procesos concretos utilizado los parámetros de entrada y salida declarados en el panel frontal, también incorpora paletas donde se encuentran las funciones y librerías que utiliza LabView.

2.4.1.2. *LabVIEW y hardware*

Posee múltiples librerías que permiten comunicarse y adquirir datos mediante el siguiente hardware: Buses VXI, PXI, Compacto PCI, PCI; USB, FireWire, Serie.

La comunicación puede realizarse a través de los siguientes protocolos:

- ✓ VXI, PXI, Compact PCI,
- ✓ PCI express, PXI express,
- ✓ PCI
- ✓ USB, FireWire,
- ✓ serie RS 232, 422, 485 etc.
- ✓ TCP/IP, UDP
- ✓ Modbus RTU, Modbus TCP, Profibus, otros protocolos industriales.
- ✓ Bluetooth, WIFI.

2.4.2. *Protocolo Modbus RTU*

Modbus es un protocolo de comunicaciones, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Se convirtió en un protocolo estándar en la industria debido a que es público y gratuito, de fácil implementación y requiere poco desarrollo (maneja bloques de datos sin suponer restricciones). Es el protocolo de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales.

La versión RTU del protocolo Modbus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo, un equipo de medición temperatura y humedad puede comunicar los resultados a un ordenador. Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión de adquisición de datos (SCADA). Es la implementación más común, se utiliza en la comunicación serie y hace uso de una representación binaria compacta de los datos para el protocolo de comunicación. El formato RTU sigue a los comandos/datos con una suma de comprobación de redundancia cíclica (CRC) como un mecanismo de comprobación de errores para garantizar la fiabilidad de los datos. Un mensaje Modbus RTU debe transmitirse continuamente sin vacilaciones entre caracteres. Los mensajes Modbus son entramados (separados) por períodos inactivos (silenciosos).

2.4.2.1. Empaquetado de datos

En todos los mensajes es la misma estructura, varía el tamaño del mensaje dependiendo en el campo de datos. Los datos se envían dentro del campo de información de la siguiente manera: cada carácter se empaqueta en un carácter serie RTU, ver figura 10-2, comienza un 1 bit de inicio y 8 bits de datos, es decir un byte de información, 1 bit de paridad (opcional), 1 o 2 bits de fin dependiendo de si hay o no paridad.

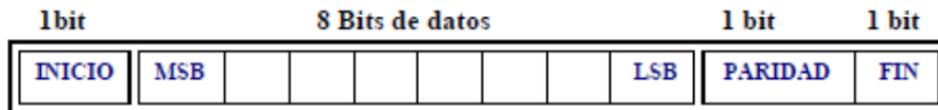


Figura 10-2: Estructura de empaquetado de un carácter serie RTU
Fuente: (RUIZ Enrique, 2014)

El empaquetado del código será el campo de datos en el mensaje Modbus que se enviará, que es de tamaño variable dependiendo de los datos que se envían.

2.4.2.2. Estructura del mensaje



Figura 11-2: Estructura de un mensaje RTU
Fuente: (RUIZ Enrique, 2014)

Inicio: El mensaje empieza con delimitador de Inicio de trama, en este intervalo no hay transmisión ninguna es un silencio de una duración de 3.5 veces el tiempo de transmisión de un carácter de Modbus RTU. El cálculo de este intervalo se realiza esperando el tiempo de transmisión de un carácter que es inversamente proporcional a la velocidad en baudios, este valor se multiplica por 3.5.

Dirección: delimita el número del dispositivo esclavo con el que se quiere comunicar, en caso de ser 0 envía a todos los dispositivos de la red, su tamaño es de un 1 byte.

Función: se trata de la acción que debe realizar el esclavo, el tamaño de este campo es de 1 byte.

Datos: En esta parte del mensaje se adjuntan los datos a enviar al esclavo/s, generalmente son los registros del esclavo que se quiere modificar o leer, el tamaño de este campo es variable y depende de la función utilizada en el campo anterior (N* bytes).

Chequeo: Es un control de errores que permite transmitir la información de manera efectiva, el tamaño de este campo es de 2 bytes, utiliza el método CRC 16 o control de redundancia cíclica, CRC- byte menos significativo y CRC+ byte más significativo.

Fin: Es similar al campo de inicio, es un tiempo de silencio cuya duración depende del tiempo de transmisión de un carácter. Tiene la misma duración que el campo de inicio. (Ruiz, 2018).

2.4.2.3. Funciones y registros de Modbus

Los registros que maneja Modbus son cuatro, sobre estos se escribe o se lee un valor dependiendo de las necesidades.

- Discrete Inputs: Entradas tipo bit
- Coil Outputs: Salidas tipo bit
- Input Registers (Input Data): entradas tipo palabra (2 bytes)
- Holding Registers (Output Data): salidas tipo palabra (2 bytes)

Para la comunicación con los demás dispositivos Modbus posee las siguientes funciones explicadas en la tabla 2-2

Tabla 2-2: Funciones Modbus y su respectivo código.

CÓDIGO	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
01(01H)	Read Coil	Leer Bobina
03(03H)	Read Holding Registers	Leer Registros de Espera
04(04H)	Read Input Registers	Leer Registros de Entrada
05(05H)	Write Single Coil	Escribir Bobina Simple
06(06H)	Write Single Register	Escribir Registro Simple
15(0FH)	Write Single Coil	Escribir Bobina Simple
16(10H)	Write Multiple Registers	Escribir Múltiples Registros
17(11H)	Report Slave ID	Informar ID de esclavo

Fuente: Adaptado de "Control mediante LABVIEW de un horno de laboratorio", de Ruiz, E., (2014)

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

La función "Read Holding Registers" está diseñada para leer un registro del dispositivo el valor que tenga asignado, En la tabla 3-2 se indica como debe ser la estructura del mensaje "Query" pregunta que hace el maestro al dispositivo esclavo, y el mensaje "response" respuesta que devuelve el esclavo.

Tabla 3-2: Estructura del mensaje pregunta (maestro)/respuesta (esclavo)

PREGUNTA (MAESTRO)	RESPUESTA (ESCLAVO)
Dirección del esclavo	Dirección del esclavo
Función	Función
Dirección del registro (Byte High)	Campo byte count
Dirección del registro (Byte Low)	Dato 1 (byte low)
Número de Registros a leer (Byte High)	Dato 1 (byte high)
Número de registros a leer (Byte Low)	Dato 2 (byte low)
CRC-	CRC-
CRC+	CRC+

Fuente: Adaptado de "Control mediante LABVIEW de un horno de laboratorio", de Ruiz, E., (2014)

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Si por ejemplo se quiere leer el registro 253 y los datos que se tiene son: Dirección de esclavo: 1 = 01h (1 byte), Código de función: 3 = 03h (1 byte), Dirección de registro: 253 = 00FD h (2 bytes), Número de registros a leer: 1 = 001h (2 bytes), CRC: FA15 h (2 bytes). Por lo tanto, los valores son los siguientes:

Tabla 4-2: Valores de pregunta/respuesta de maestro a esclavo.

PREGUNTA (MAESTRO)	VALOR	RESPUESTA (ESCLAVO)	VALOR
Dirección del esclavo	01H	Dirección del esclavo	01H
Función	03H	Función	03H
Dirección del registro (Byte High)	00H	Campo byte count	02H
Dirección del registro (Byte Low)	FDH	Dato 1 (byte low)	00H
Número de Registros a leer (Byte High)	00H	Dato 1 (byte high)	01H
Número de registros a leer (Byte Low)	01H		
CRC-	FA	CRC-	84
CRC+	15	CRC+	79

Fuente: Adaptado de "Control mediante LABVIEW de un horno de laboratorio", de Ruiz, E., (2014)

Realizado por: (CAZCO Luisa, 2019)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y DISEÑO

3.1. Tipo, método y enfoque de la investigación

La presente investigación es de tipo experimental porque se expone a las variables identificadas en el capítulo uno: elección del controlador, modelo del sistema, parámetros eléctricos, costo de energía eléctrica e integración de sistemas; a los efectos en los que debe desenvolverse el sistema como cortes energéticos de la red pública y consumo excesivo de energía en horas pico, se busca mejorar el valor de dichas variables; al mismo tiempo se considera una investigación aplicada porque se requiere encontrar un método de compensación para mejorar el factor de potencia y así evitar penalizaciones.

Además, utilizará los siguientes métodos: método inductivo y deductivo, el primero porque se modelará en base a datos adquiridos, mediante medición de los parámetros eléctricos como la corriente y potencias: activa, aparente y reactiva a plena carga; y el segundo método, porque se aplicará sistemas de control desarrollado específicamente para lograr un suministro eléctrico eficiente que permitan su correcto funcionamiento de la carga inductiva presente en la planta. Al ser una investigación experimental posee un enfoque cuantitativo, su alcance se considera de tipo descriptivo.

En los siguientes apartados se desglosa la población de estudio, la unidad de análisis, las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección y procesamiento de datos incluidos en el desarrollo mismo del proyecto.

3.2. Diseño del Sistema de Optimización de Consumo Energético

3.2.1. Descripción del proyecto

Por medio de la implementación de un sistema de corrección del factor de potencia que además brinde un control para tener un suministro constante de energía a la planta gracias a un generador cuando existan cortes por parte de la empresa proveedora, se busca maximizar la producción de

la planta al evitar paros innecesarios que pueden afectar en los tiempos de cada etapa de la avícola o daños en la maquinaria por cortes bruscos de tensión.

El beneficio de tener un control sobre el abastecimiento de energía constante se verá reflejado en la ganancia económica mostrada en el aumento de producción y disminución de la tarifa eléctrica en las planillas mensuales.

Para lograr este sistema que aproveche al máximo la potencia de la planta se utilizará dos módulos integrados, uno con el DCRL8 LOVATO como cerebro para lograr la corrección del factor de potencia a 0.98 evitando las multas que mensualmente paga la avícola como penalización; en el otro módulo se usa el ATL 610 y un generador externo para tener un control del abastecimiento de energía de forma inmutable a la planta para precautelar la integridad de los equipos eléctricos (ventiladores, calentadores, etc) y disminuyendo al máximo la pérdida de tiempo en el ciclo productivo de la planta avícola.

El desarrollo del proyecto se muestra el siguiente esquema de bloques lineal que muestra los procesos que se seguirán.



Figura 1-3: Metodología para el diseño consumo energético
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

3.2.2. *Datos de partida de los sistemas a optimizar*

3.2.2.1. *Fallas en el suministro de energía*

Al trabajar en una planta avícola automática, donde una falla en el suministro energético sea por un breve momento puede desencadenar daños irreparables en la maquinaria, mucho más si el

corte de energía se extiende indefinidamente, las pérdidas a nivel económico son elevadas. Una falla eléctrica puede provocar:

- Mortalidad: Las aves en edad adulta (21 días), 10 minutos en un galpón tipo túnel sin ventilación causaría del 10 % al 100 % de mortalidad dependiendo del tiempo de exposición y condiciones climáticas, con secuelas de afectaciones respiratorias debido a la cantidad de amoníaco generado por la cama de las aves.
- Tarjetas de control averiadas: con la variación de voltaje las tarjetas de control junto con la protección ante descargas atmosféricas se quemaron.
- Disminución de vida útil de los motores debido al voltaje demasiado variable.
- El factor económico se ve afectado porque implica que al haber un corte de energía toda la planta quedaría paralizada y el sistema de calefacción estaría inactivo, cabe recalcar que dicho sistema es muy importante para el desarrollo y crecimiento del ave.

3.2.2.2. Bajo factor de potencia

Un bajo factor de potencia se considera por debajo del 0.92 según el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC). Para realizar este estudio se utiliza las facturas de consumo energético de los meses de febrero a diciembre del 2017 que indican las siguientes cantidades organizadas en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Resumen del consumo energético, factor de potencia del año 2017

MES	CONSUMO		DEMANDA		FACTOR DE POTENCIA	FACTOR PENALIZACIÓN	COSTO PENALIZACION
	KWH	USD	KW	USD			
FEB	1303	135	4	67.06	0.86	0.07	14.20
MAR	5547	610.29	23	110.17	0.79	0.16	118.79
ABR	3569	381.53	21	100.59	0.82	0.12	58.97
MAY	6962	767.02	26	124.54	0.79	0.16	146.94
JUN	2663	276.72	6	76.64	0.84	0.10	33.79
JUL	8396	940.05	46	220.34	0.79	0.16	191.18
AGO	4611	614.3	44	210.76	0.71	0.30	244.45
SEP	4678	448.88	33	158.07	0.9	0.02	13.52
OCT	4622	494.89	36	172.44	0.83	0.11	72.51
NOV	8539	788.67	50	239.5	1		
DIC	2659	246.97	6	143.7	1		

Fuente: Planillas de luz, Anexo 9
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

La tabla explica el consumo de cada mes con su respectivo valor energético de acuerdo al consumo y a su demanda, también se encuentra el factor de potencia y las dos últimas columnas son calculadas con las fórmulas establecidas en el artículo 27 de la codificación del reglamento de tarifas “Cargos por bajo factor de potencia” del CONELEC. El factor de penalización es la división entre el factor de potencia requerido (0.92) y el factor de potencia obtenido, a esta relación se le resta uno.

$$F. Pe = \left(\frac{F.P. \text{Requerido}}{F.P. \text{obtenido}} \right) - 1$$

Ec. 1

Para el caso del mes de febrero los valores a calcular son:

$$F. Pe = \left(\frac{0.92}{0.86} \right) - 1$$

$$F. Pe = 0.07$$

El resultado es multiplicado por la suma del consumo más la demanda y el costo de comercialización, en la planilla de luz se conoce este valor como subtotal servicio eléctrico.

Nombre: CAZCO CEPEDA GUSTAVO ANTONIO
 Código Único Nacional: 1502060127
 Dir. Servicio: GUAMANPATA
 Provincia: CHIMBORAZO
 Desde: 20161230
 Medidor: ZDE-279057

CI/RUC: 0601126055
 Tarifa: COMERCIAL CON DEMANDA
 Tipo Lectura: LECTURA
 Cantón: ALAUSI
 Hasta: 20170130

Factor de Penalización 0.86

1. FACTURACIÓN DE SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unidades	
Energía Medida	16125	14822	1303	kWh	
Energía Activa	16125	14822	1303	kWh	
Demanda			4	kW	
Máximo			4	kW	
Venta de Energía					135,00
Demanda					67,06
Comercialización					1,41
Subtotal Servicio Eléctrico					203,47
Subtotal Alumbrado Público					31,72
Base IVA 12%					0,00
Base IVA 0%					235,21
IVA 12%					0,00
IVA 0%					0,00
Total Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)					235,21

Figura 2-3: Factura mes de febrero del 2017 con factor de potencia bajo

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

El costo de penalización calcula mediante la ecuación Ec. 2

$$\text{Costo Pe} = (C + D + Com.) * F. Pe$$

Ec. 2

$$\text{Costo Pe} = (135.00 + 67.06 + 1.41) * 0.07$$

$$\text{Costo Pe} = 14.20$$

Esta cantidad es el valor adicional que se debe pagar por el bajo factor de potencia, en el mes de febrero es un costo relativamente pequeño, pero a medida que el factor de potencia decrece la

multa es mayor, como se puede ver en la Tabla 1-3 el mes agosto donde el valor adicional a pagar es de 244.45 dólares, un valor muy significativo.

3.3. Sistema de transferencia automática

La transferencia de energía de un grupo electrógeno o de la red pública es un proceso en que compensa la falta o falla de electricidad en la planta operativa, debido a que su suministro energético es vital para el funcionamiento de la misma y una interrupción no se puede admitir por ningún motivo, es imprescindible establecer una automatización para dicha transferencia. Antes que nada, se debe determinar el tipo de grupo electrógeno, como bien se sabe este equipo se compone de un generador eléctrico accionado por un motor térmico para este caso un motor de combustión a diésel y acoplado en el mismo eje los dispositivos de control y comando. Para conocer la potencia que requiere el generador se realiza el respectivo dimensionamiento.

3.3.1. Dimensionamiento de la potencia del grupo electrógeno

Dimensionar el grupo electrógeno permitirá que el generador funcione lo más eficaz posible evitando el desperdicio de energía o la sobrecarga de la misma.

Los datos esenciales para calcular la potencia necesaria son la suma total de todos los KW que consume la planta, para esto se realiza una lista de la maquinaria utilizada en cada galpón, cada máquina tiene una utilidad, potencia y voltaje requerido. En la Tabla 2-3 se puede observar de forma más detallada esta información.

Tabla 2-3: Cargas por galpón y carga total.

Utilidad	Equipo	Cantidad	Potencia	Voltaje	Potencia Total	Potencia Total (KW)
Extractores	Motor	16	1.5 Hp	220 v	24 Hp	17.90
Cortinas	Motor	1	0.25 Hp	220 v	0.25 Hp	0.19
Comederos	Motor	4	0.5 Hp	220 v	2 Hp	1.49
Inlets	Motor	1	0.5 Hp	220 v	0.5 Hp	0.37
Tolva	Motor	1	0.75 Hp	220 v	0.75 Hp	0.56
Nebulización	Bomba	1	0.75 Cv	220 v	0.75 Cv	0.55
Panel Húmedo	Bomba	2	0.75 Cv	220 v	1.5 Cv	1.10
Iluminación	Focos	125	9 W	220 v	1125 W	1.125
Calentador	Motor	3	1700 W	220 v	5100 W	5.1
Extras		2		220 v	5000 W	5
POTENCIA REAL TOTAL						33.39

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

El consumo total por galpón es de 33.39 Kw como son 2 galpones los que están operativos el consumo resultante es de 66.78 Kw, se prevé que en el futuro funcionen 3 galpones por lo que la potencia total necesaria es de 100.17 Kw. Obtenida la potencia total de trabajo o potencia real se procede a calcular la potencia aparente mediante el siguiente calculo.

$$\text{Potencia Real} / \cos(\phi) = \text{Potencia Aparente}$$

Ec. 3

$$100.17 / 0.81 = 123.67 \text{ KVA}$$

En consecuencia, el equipo electrógeno seleccionado para trabajar es de la marca MODASA modelo MP-110 cuyos datos de placa relevantes se exponen en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Datos de placa del grupo electrógeno.

MODELO	POTENCIA	VOLTAJE	FRECUENCIA	FACTOR DE POTENCIA	AMPERAJE
MP-110	Prime: 100 Kw/ 125 KVA Stand by: 108 Kw/135KVA	220 V	60 Hz	0.8	329 A

(1) Potencia Prime: Potencia disponible con carga variable durante un número ilimitado de horas al año (ISO8528-1). Acepta sobrecargas del 10% más de la potencia por una hora cada 12 horas.
 (2) Potencia Stand by: Potencia disponible con carga variable para el caso de que la red comercial falle. No acepta sobrecargas (ISO8528-3); tiene un límite de uso de 500 horas anuales o 300 horas continuas.

Fuente: (MODASA, 2018)



Figura 3-3: Grupo electrógeno tipo abierto

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Además, se encuentra equipado con un módulo de control digital electrónico de última generación, el cual permite el arranque, control, protección y parada del grupo electrógeno en los modos manual y automático. (MODASA, 2018)



Figura 4-3: Controlador del generador Modulo DSE 4510
Fuente: (MODASA, 2018)

Las respectivas conexiones con el generador se encuentran detalladas en el Anexo A de igual manera los respectivos ajustes del módulo se pueden encontrar en el Anexo B.

3.3.2. *Diseño funcional general del sistema de transferencia.*

La conmutación entre las dos fuentes de alimentación se realiza de tal manera que garantice la continuidad del servicio a la planta.

Para que la conmutación entre las dos fuentes principal y de emergencia ocurra de forma automática existe una supervisión y monitoreo de los parámetros eléctricos de las fuentes. Los eventos a controlar son:

- Tensión y frecuencia anormales de la red
- Sobrecarga de la red
- Tensión y frecuencia del generador
- Sobre carga del generador
- Falla del generador

Es relevante tener en cuenta que el sistema automático también debe ser capaz de funcionar manualmente en caso de ser requerido.

Todo sistema de transferencia automático se lo divide en tres partes: el grupo de conmutación o de potencia, grupo de control y grupo de señalización.

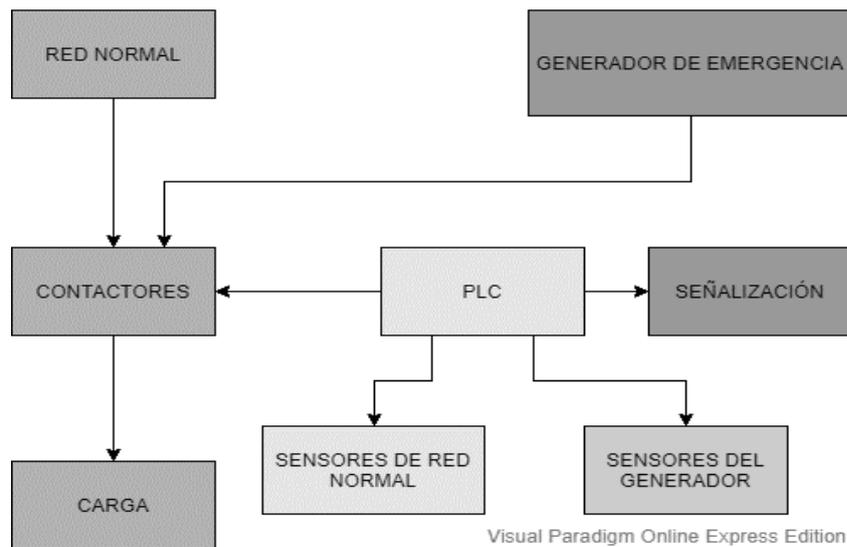


Figura 5-3: Diagrama de bloques general del sistema de transferencia
 Realizado por: Cazco Luisa, 2020

En el grupo de potencia se puede utilizar interruptores motorizados o contactores, la elección depende de la cantidad de corriente que el generador pueda suministrar o de la corriente requerida por la carga.

El grupo de control, comanda las transferencias mediante: elementos de control clásico (relés, temporizadores, etc.), elementos lógicos (compuertas) y los comúnmente usados los controladores lógicos programables (PLC) y tarjetas con microprocesador dedicado.

El grupo de señalización está compuesto los leds indicadores de estado.

3.3.3. *Diseño funcional específico del sistema de transferencia para la planta avícola*

Tanto el bloque de PLC como el de señalización que se describen en el diagrama general se los ha asignado en un solo dispositivo, el ATL 610 que al igual que un controlador programable posee entradas y salidas específicas para controlar la conmutación; monitorea además fallas o cortes de voltaje incluida la frecuencia; la pantalla LCD permita visualizar los datos en tiempo real, también posee 2 led de alarma y 4 leds indicadores, línea 1 si la alimentación es la red y línea 2 si proviene del generador.

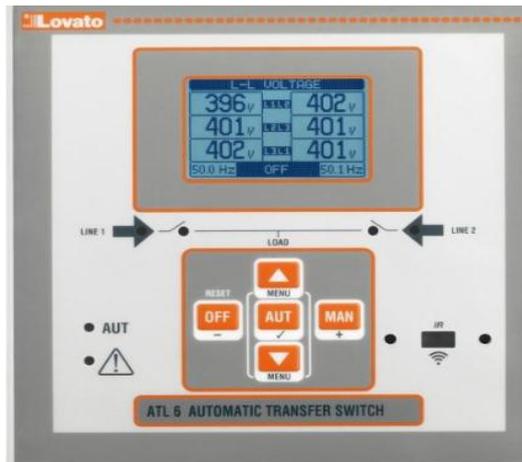


Figura 6-3: Controlador Lovato ATL 610
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

3.3.3.1. Controlador ATL 610

El diseño de la unidad ATL610 incorpora las funciones más avanzadas para aplicaciones de supervisión y conmutación automática entre dos líneas de alimentación trifásica. Las fuentes pueden ser redes o grupos electrógenos. Con carcasa específica de dimensiones extraordinariamente compactas, de fácil montaje. La pantalla gráfica LCD proporciona una interface de usuario clara e intuitiva.(Lovato Electric, 2014). Entre sus características están:

- 2 versiones disponibles:
 - ATL600: versión básica, alimentación de CA, no ampliable con módulos EXP
 - ATL610: versión ampliable (2 ranuras para módulos EXP) con doble alimentación (CA/CC)
- Pantalla gráfica LCD de 128x80 píxeles, retroiluminada, 4 niveles de gris
- 5 teclas de función y configuración
- 4 LED indicadores del sistema (estado de fuentes e interruptores)
- 2 LED de indicación de alarma y modo automático activo
- Texto de medidas, configuración y mensajes en 5 idiomas
- Funciones de E/S avanzadas programables
- Propiedades de las alarmas que puede definir por completo el usuario
- Conmutación entre líneas, línea y generador o generadores
- Control de interruptores motorizados, conmutadores motorizados o contactores
- Control de redes trifásicas, bifásicas o monofásicas
- Control de tensión entre fases y/o de fase
- Controles de tensión mínima, tensión máxima, pérdida de fase, asimetría, frecuencia mínima, frecuencia máxima, con activación y retardo de intervención independientes

- Funcionamiento con batería de 12-24 V CC (ATL610)
- Interface de programación óptico frontal, aislado galvánicamente, de alta velocidad, impermeable y compatible con unidad USB (CX01) y Wi-Fi (CX02).
- 6 entradas digitales programables (negativas)
- 6+1 salidas digitales:
 - 6 relés con contacto NA, 250 V CA, 8 A
 - 1 relé con contacto conmutado, 250 V CA, 8 A
- Almacenamiento de los 100 últimos eventos (Lovato Electric, 2014)

3.3.3.2. Interruptor automático motorizado.

Para el bloque de potencia se utiliza un interruptor automático, consta de una unidad de conmutación de 3 o 4 polos y un disparador de sobre intensidad. (Anexo C)



Figura 7-3: Interruptor motorizado
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Los interruptores automáticos pueden dotarse de circuitos auxiliares como en este caso de 2 accionamientos motorizados para la conmutación entre la red pública y el generador.



Figura 8-3: Accionamientos motorizados del interruptor
 Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Por lo tanto, el diagrama de bloques es el siguiente:

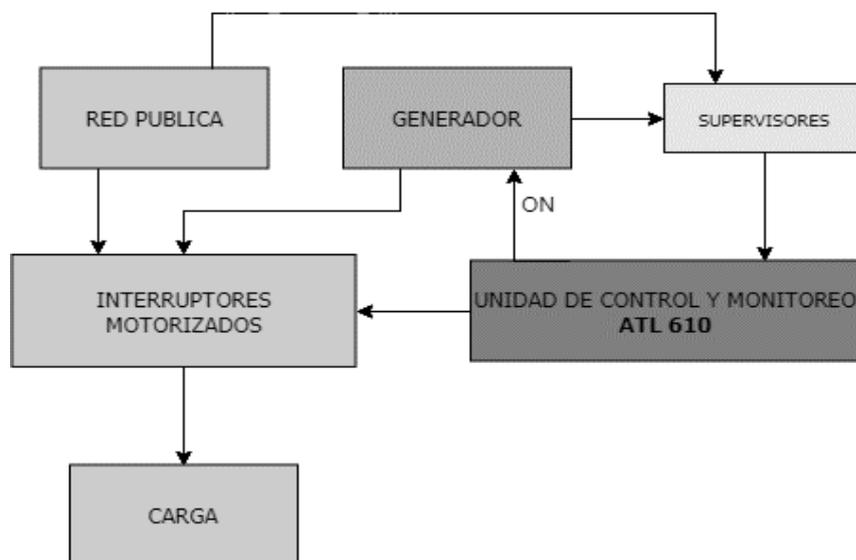


Figura 9-3: Diagrama de bloques específico del sistema de transferencia
 Realizado por: Cazco Luisa, 2020

3.3.4. *Lógica de control*

Al momento de ocurrir la falla de energía de la red pública se sigue una determinada secuencia tanto para el momento de arranque como para el momento de que cese su funcionamiento. El momento de arranque se da cuando se ha detectado la carencia de voltaje por parte de la red comercial, el ATL 610 verifica en sus entradas si existe o no señal, trasmite la información con cierto tiempo de retardo, para evitar un arranque fallido cuando la energía se interrumpe en intervalos muy breves.

El momento de parada en cambio, verifica el restablecimiento de la energía eléctrica que provee la empresa eléctrica, sin embargo, el grupo queda funcionando en vacío un determinando tiempo

luego de que la carga se haya transferido a la red principal. El siguiente diagrama de flujo obedece la lógica de acuerdo a la configuración establecida al dispositivo ATL,

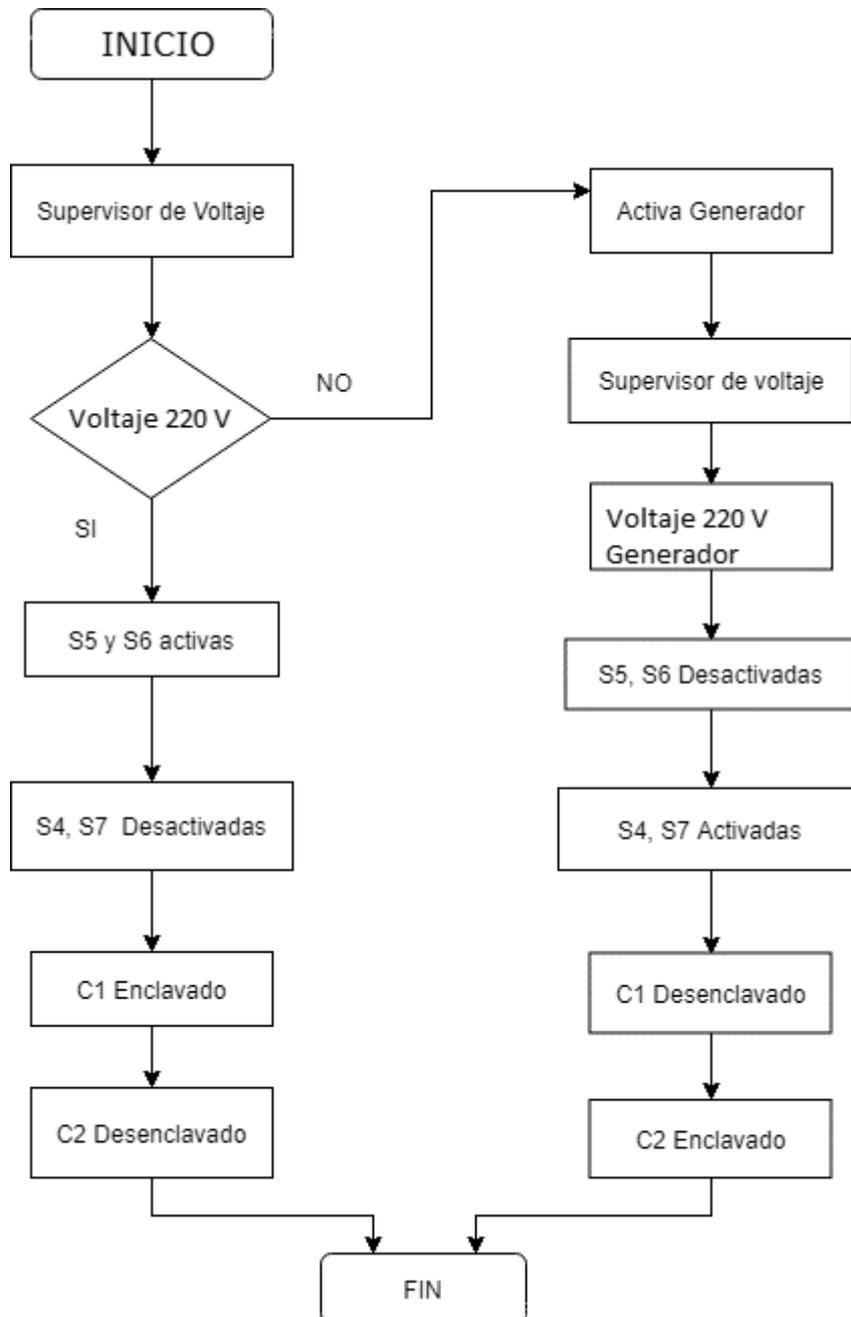


Figura 10-3: Diagrama de flujo de la lógica del sistema de transferencia
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Una de las entradas del ATL 610 supervisa si existe voltaje de la red pública, en caso de haberlo las salidas S5 Y S6 del dispositivo se activan, de esta manera S5 activa la señal de cierre del contactor de la red pública C1 y S6 activa la señal para abrir el contactor del generador C2. Si por el contrario no existiera el voltaje de red pública se activaría el generador, otra entrada del dispositivo supervisaría el voltaje del generador, S5 y S6 se desactivan dando paso a las salidas S4 y S7, las cuales activan la señal de apertura de C1 y la señal de cierre de C2 respectivamente.

3.4. Recolección de datos

Para la recolección de datos de potencia activa (Kw), reactiva (Va) y aparente (Var) además el factor de potencia pico y de desplazamiento se utilizó la pinza AEMC 407 que me permite medir las siguientes magnitudes eléctricas y guardar los datos en una memoria para luego transferirlos de forma inalámbrica por medio de bluetooth a una computadora para generar reportes o analizar los datos obtenidos.

- Medida de intensidad
- Medida de corriente de inserción/sobreintensidad (True-Inrush);
- Medida de tensión;
- Medida de frecuencia;
- Medida de la distorsión armónica total (THD) por rango;
- Prueba de continuidad con zumbador
- Medida de resistencia;
- Medida de las potencias (W, VA, var y PF), de Energía;
- Medida del Factor de pico (CF), del Factor de potencia de desplazamiento (DPF), de tasa de Ondulación (RIPPLE);



Figura 11-3: Pinza para medición AEMC 407
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

A continuación, se muestra los datos obtenidos en potencia y el factor de potencia en el intervalo de 1 hora.

Fecha de inicio del registro 11/10/2017

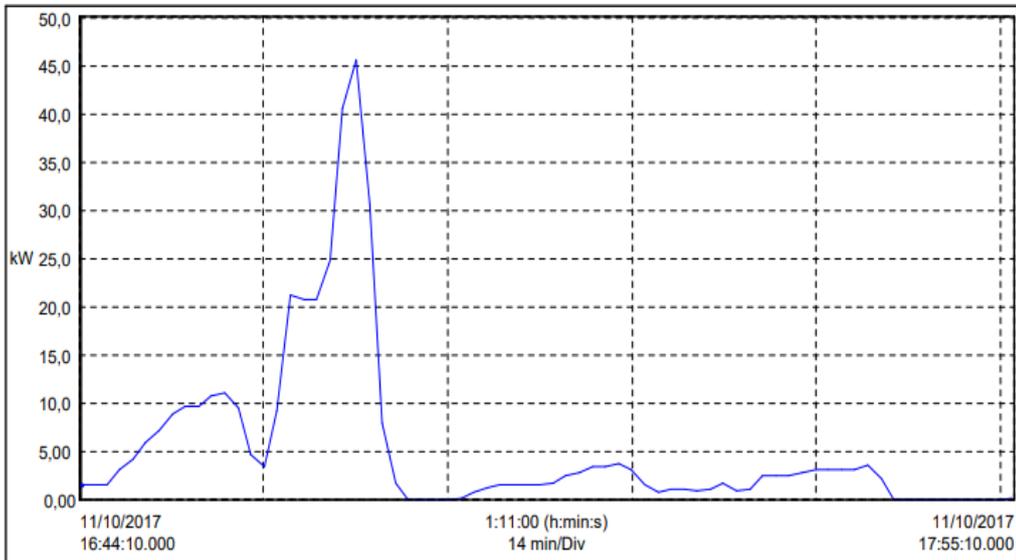
Duración grabación 1:12:00 (h:min:s)

Instrumento ID 407 - 409145 2.11

Configurar instrumento Tipo de conexión: Monofásico AC

Potencia Real o Activa(P):

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Unidades	MIN	MÁX	PROM
W	11/10/2017	16:44:10.000	1:12:00	(h:min:s)	0,058	45,580	5,385



W (W)			
Fecha	Hora	Val	Unidades
11/10/2017	16:44:10.000	1,5350	k W
11/10/2017	16:45:10.000	1,6850	k W
11/10/2017	16:46:10.000	1,5350	k W
11/10/2017	16:47:10.000	3,2240	k W
11/10/2017	16:48:10.000	4,1960	k W
11/10/2017	16:49:10.000	5,9410	k W
11/10/2017	16:50:10.000	7,3040	k W
11/10/2017	16:51:10.000	9,0090	k W
11/10/2017	16:52:10.000	9,7630	k W
11/10/2017	16:53:10.000	9,6730	k W
11/10/2017	16:54:10.000	10,770	k W
11/10/2017	16:55:10.000	11,070	k W
11/10/2017	16:56:10.000	9,5310	k W
11/10/2017	16:57:10.000	4,7270	k W

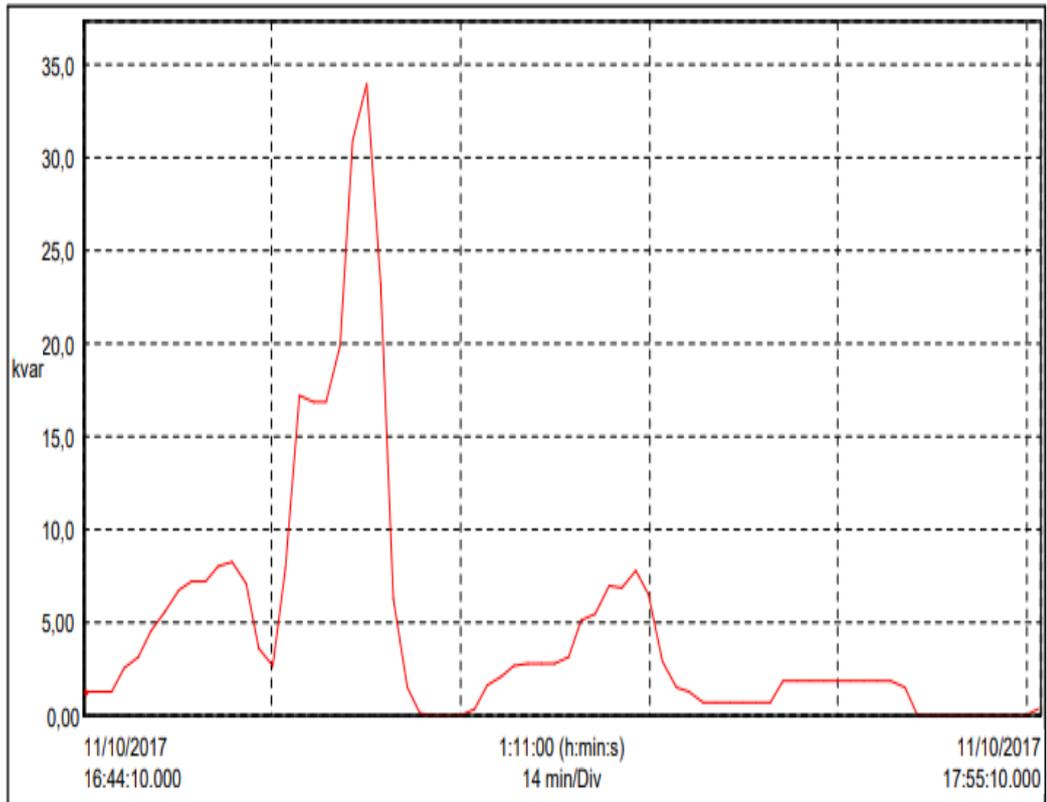
11/10/2017 - 16:44:10.000
 Valor
 1,535k — W

Gráfico 1-3: Curva de la potencia real (P)

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Potencia Reactiva (Q)

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Unidades	MÍN	MÁX	PROM
var	11/10/2017	16:44:10.000	1:12:00	(h:min:s)	0.061	33,890	4.636



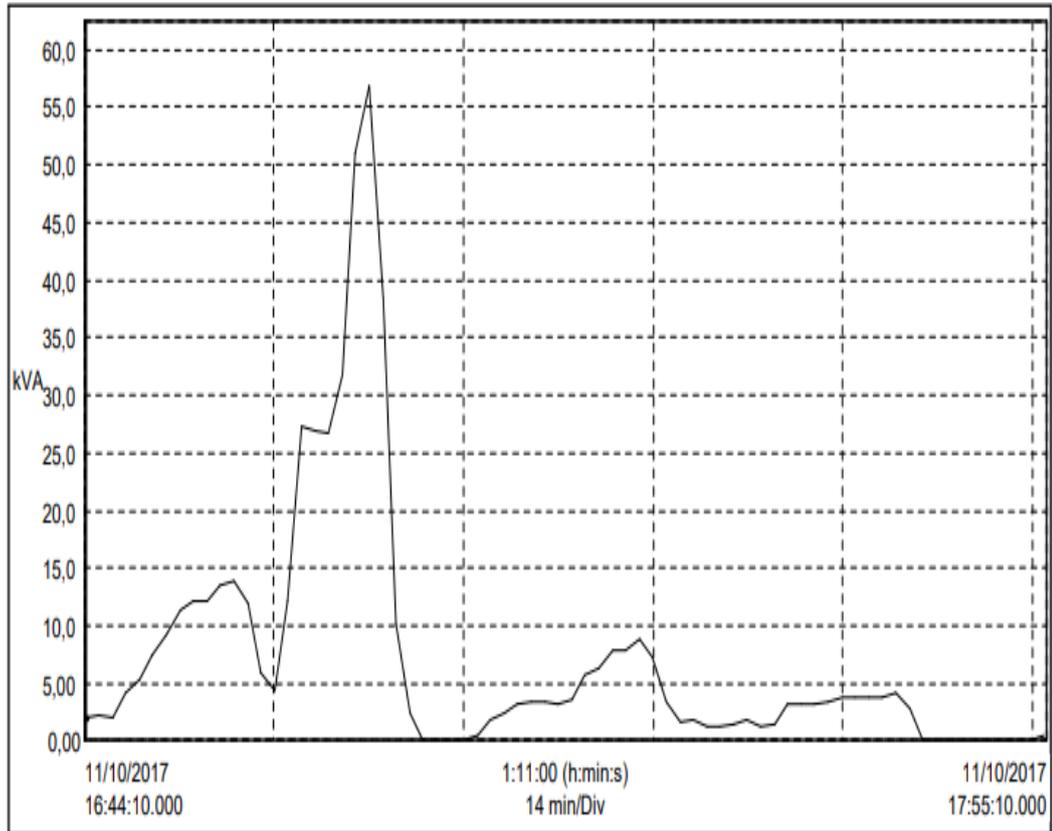
var (var)			
Fecha	Hora	Val	Unidades
11/10/2017	16:44:10.000	1,3110	k var
11/10/2017	16:45:10.000	1,3540	k var
11/10/2017	16:46:10.000	1,2970	k var
11/10/2017	16:47:10.000	2,5820	k var
11/10/2017	16:48:10.000	3,1950	k var
11/10/2017	16:49:10.000	4,6110	k var
11/10/2017	16:50:10.000	5,6400	k var
11/10/2017	16:51:10.000	6,7960	k var
11/10/2017	16:52:10.000	7,2380	k var
11/10/2017	16:53:10.000	7,2400	k var
11/10/2017	16:54:10.000	8,0050	k var
11/10/2017	16:55:10.000	8,2370	k var
11/10/2017	16:56:10.000	7,1460	k var
11/10/2017	16:57:10.000	3,7010	k var

11/10/2017 - 16:44:10.000
 Valor
 1,311k — var

Gráfico 2-3: Curva de la potencia reactiva
 Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Potencia Aparente (S)

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Unidades	MIN	MAX	PROM
VA	11/10/2017	16:44:10.000	1:12:00	(h:min:s)	0,084	56,800	7,194



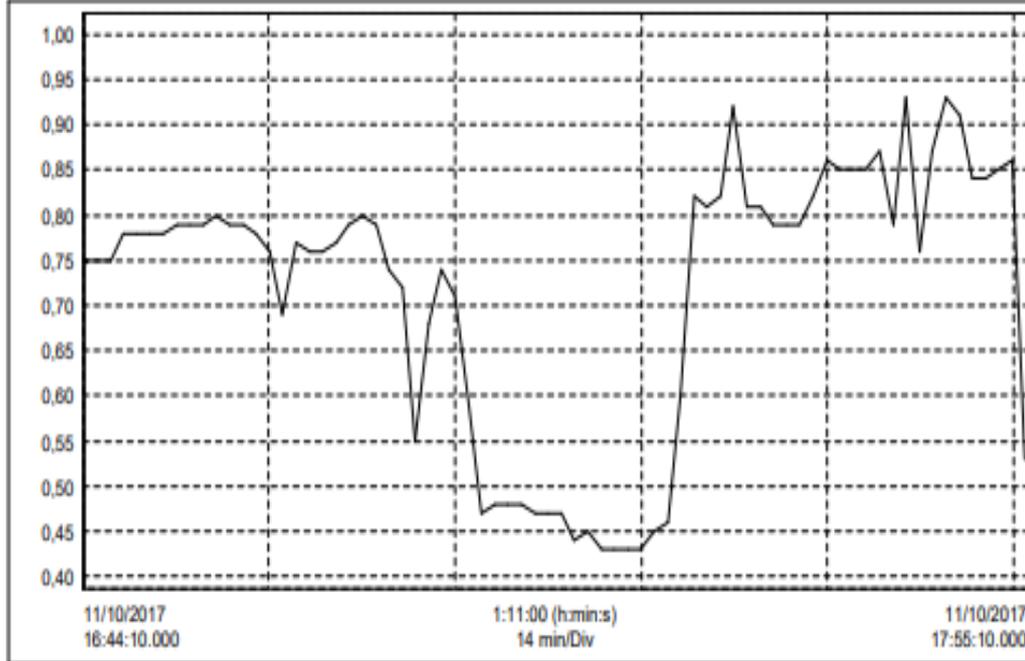
VA (VA)			
Fecha	Hora	Val	Unidades
11/10/2017	16:44:10.000	2,0200	k VA
11/10/2017	16:45:10.000	2,1720	k VA
11/10/2017	16:46:10.000	2,0090	k VA
11/10/2017	16:47:10.000	4,1340	k VA
11/10/2017	16:48:10.000	5,2770	k VA
11/10/2017	16:49:10.000	7,5180	k VA
11/10/2017	16:50:10.000	9,2220	k VA
11/10/2017	16:51:10.000	11,280	k VA
11/10/2017	16:52:10.000	12,150	k VA
11/10/2017	16:53:10.000	12,080	k VA
11/10/2017	16:54:10.000	13,410	k VA
11/10/2017	16:55:10.000	13,800	k VA
11/10/2017	16:56:10.000	11,910	k VA
11/10/2017	16:57:10.000	6,0030	k VA

11/10/2017 - 16:44:10.000
 Valor
 2,020k — VA

Gráfico 3-3: Curva de la potencia aparente (S)
 Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Factor de Potencia:

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Unidades	MIN	MAX	PROM
DPF	11/10/2017	16:44:10.000	1:12:00	(h:min:s)	0.430	0.930	0.716



DPF ()			
Fecha	Hora	Val	Unidades
11/10/2017	16:44:10.000	0,750	
11/10/2017	16:45:10.000	0,750	
11/10/2017	16:46:10.000	0,750	
11/10/2017	16:47:10.000	0,780	
11/10/2017	16:48:10.000	0,780	
11/10/2017	16:49:10.000	0,780	
11/10/2017	16:50:10.000	0,780	
11/10/2017	16:51:10.000	0,790	
11/10/2017	16:52:10.000	0,790	
11/10/2017	16:53:10.000	0,790	
11/10/2017	16:54:10.000	0,800	
11/10/2017	16:55:10.000	0,790	
11/10/2017	16:56:10.000	0,790	
11/10/2017	16:57:10.000	0,780	

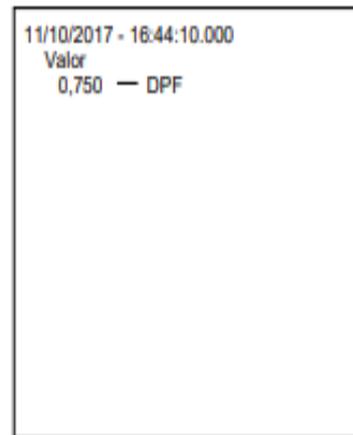


Gráfico 4-3: Curva del factor de potencia
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

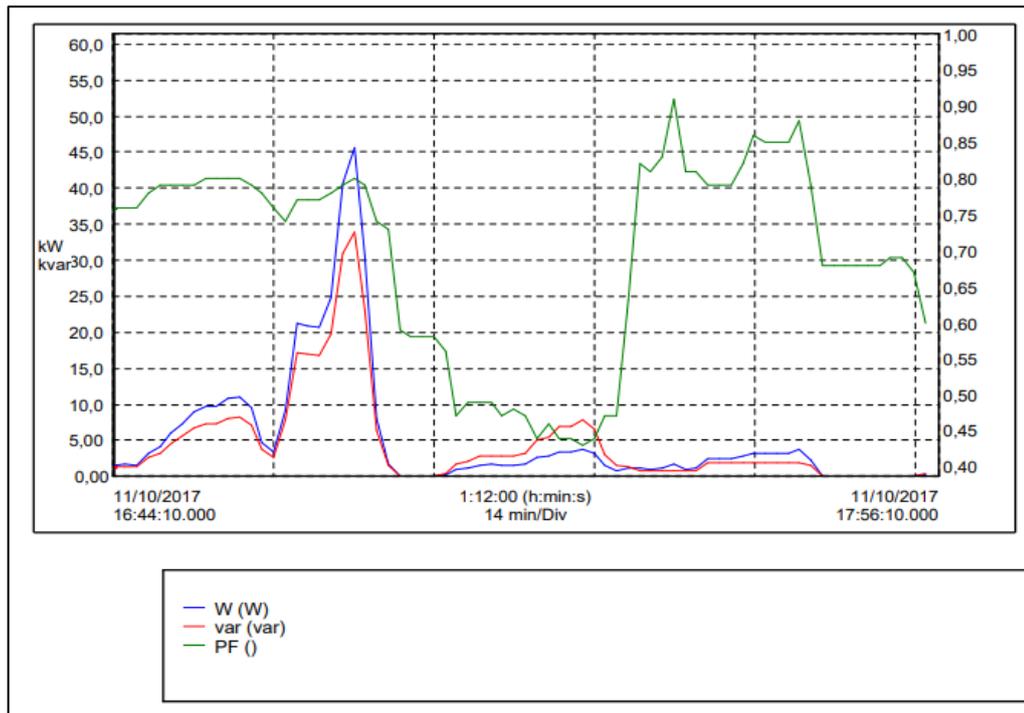


Gráfico 5-3: Curvas de la potencia real, aparente y factor de potencia
 Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Como se puede observar en el gráfico 5-3 la curva de color verde que representa el factor de potencia PF ($\cos \phi$), en el tiempo que trascurrió la medición, se conserva por debajo del valor óptimo de 0,92, al inicio de la medición se ubica entre 0,70 y 0,85 luego se desploma hasta llegar al 0,45, cambia bruscamente para alcanzar el valor óptimo, pero vuelve a encontrarse entre 0,80 y 0,90, finalmente decrece a 0,70 y 0,6. Los resultados obtenidos de esta medición dan constancia a más de la factura de la empresa eléctrica que existe un bajo factor de potencia que corregir.

3.5. Diseño del Sistema de Corrección del factor de potencia

Los inconvenientes que sobrelleva la AVICOLA “FLOR MARIA” al igual que la gran mayoría de las industrias afectadas por un bajo factor de potencia es el incremento innecesario en su gasto eléctrico, pérdidas por efecto joule en alimentadores, motores, transformadores, al aumentar la intensidad aumentan también las caídas de tensión, lo que complica la regulación de la tensión, dando problemas de estabilidad en la red.

Por lo que es necesario utilizar los dispositivos de corrección eléctrica para compensar el factor potencia, estos equipos comúnmente se instalan en los sistemas eléctricos de mediana y alta tensión, de esta manera el factor potencia se mantiene en los márgenes adecuados y se evitan los gastos innecesarios por penalizaciones también ayudan durante el arranque de motores y mantienen un perfil de tensión adecuado.

La solución más común y segura es la implementación de un banco de capacitores para la compensación de los requerimientos de potencia reactiva y elevación de tensión en el sistema de potencia de la planta avícola.

3.5.1. *Compensación central con Banco Automático de Capacitores*

La compensación de la reactiva puede realizarse en cualquier punto de una instalación. Cada método donde se instale deberá seguir una estrategia diferente para conseguir la mejora del factor de potencia.(CIRCUTOR, 2013). Recalcando, el banco de capacitores puede ser instalado en cualquier punto de la red de distribución de una planta y además se distinguen tres tipos de instalación: compensación individual, compensación en grupo y compensación central.

La compensación individual como lo indica su nombre se refiere a instalar un condensador por cada consumidor de potencia inductiva; en cambio, la compensación en grupo es el tipo de instalación que permite compensar la potencia de un grupo de cargas que están conectadas simultáneamente y demandan potencia reactiva constante.

La compensación central funciona de tal manera que la potencia total de banco de capacitores se divide en varios bloques que están conectados a un regulador automático de energía reactiva, que conecta y desconecta los capacitores que sean necesarios para obtener el factor de potencia previamente programado en dicho controlador. (Arcos & Diego, 2015)

Este último tipo de compensación ofrece una solución generalizada para corregir el factor de potencia ya que la potencia total del banco de capacitores se instala en la acometida cerca de los tableros de distribución de energía, los cuales suministran la potencia reactiva demandada por diversos equipos con diferentes potencias y tiempos de operación. (Arcos & Diego, 2015)

Por consiguiente, se prevé utilizar un controlador automático denominado módulo DCRL 8 y un banco de capacitores automático con funcionalidad por pasos.

3.5.2. *Cálculo de la capacidad reactiva para el dimensionamiento del banco de capacitores*

El factor de potencia que tiene la avícola antes de la instalación del banco de capacitores es en promedio de 0.85 de acuerdo al pliego tarifario del año 2017, explicado en la tabla 4-3 que se basa en el sub capítulo datos de partida.

Tabla 4-3: Promedio del bajo factor de potencia.

MES	FACTOR DE POTENCIA
FEBRERO	0.86
MARZO	0.79
ABRIL	0.82
MAYO	0.79
JUNIO	0.84
JULIO	0.79
AGOSTO	0.71
SEPTIEMBRE	0.9
OCTUBRE	0.83
NOVIEMBRE	1
DICIEMBRE	1
PROMEDIO	0.85

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Para el dimensionamiento del banco de capacitores necesarios para corregir el factor de potencia a 0.98 que es el valor óptimo que requiere el sistema eléctrico de la avícola Flor María, es necesario hallar la potencia reactiva (Q).

La potencia aparente (S) en KVA en un circuito de corriente alterna es la suma fasorial de la potencia útil (P_a) medidos en KW y la potencia reactiva (Q) cuya unidad es KVAR. El coseno del ángulo de fase entre S y P_a representa el factor de potencia de la carga ($\cos \phi$) como se muestra en la Figura 12-3.

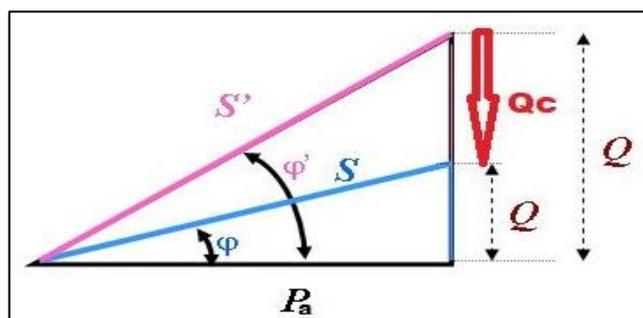


Figura 12-3: Triángulo de potencias

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Se encuentra el valor de ϕ inicial (ϕ'), es decir el ángulo entre la potencia activa (P_a) y la potencia aparente inicial (S'), estos son los datos actuales con los que se va trabajar.

$$FP_i = \cos \varphi' \quad \text{Ec. 4}$$

$$FP_i = 0.85$$

$$\cos \varphi' = 0.85$$

$$\varphi' = \cos^{-1} 0.85$$

$$\varphi' = 31.79$$

Luego se halla el Phi final (φ), que no es más que el factor de potencia requerido y representa el valor optimo al que se quiere llegar.

$$FP_{req} = \cos \varphi \quad \text{Ec. 5}$$

$$FP_{req} = 0.98$$

$$\cos \varphi = 0.98$$

$$\varphi = \cos^{-1} 0.98$$

$$\varphi = 11.48$$

Después se calcula la potencia aparente inicial con el factor de potencia inicial.

$$S' = \frac{Pa}{\cos 31.79} = \frac{66.78 \text{ KVA}}{0.85} \quad \text{Ec. 6}$$

$$S' = 78.56 \text{ KVA}$$

Del mismo modo se calcula la potencia aparente final con el factor de potencia requerido.

$$S = \frac{Pa}{\cos 11.48} = \frac{66.78 \text{ KVA}}{0.98} \quad \text{Ec. 7}$$

$$S = 68.14 \text{ KVA}$$

Una vez obtenido finalmente se puede calcular la potencia reactiva (Q), tal como se ha venido haciendo primero se encuentra la potencia reactiva inicial y luego la final con los respectivos valores de Phi.

$$Q' = S' * \sin \varphi' = 78.56 * \sin 31.79 \quad \text{Ec. 8}$$

$$Q' = 41.39 \text{ KVAR}$$

$$Q = S * \sin \varphi = 68.14 * \sin 11.48 \quad \text{Ec. 9}$$

$$Q = 13.56 \text{ KVAR}$$

La potencia reactiva necesaria viene dada por la diferencia entre la potencia reactiva inicial menos la potencia reactiva final.

$$Q_c = Q' - Q = 41.39 - 13.56 \quad \text{Ec. 10}$$

$$Q_c = 27.83 \text{ KVAR}$$

Como último paso se tiene que calcular la capacitancia total del banco y esto se hace mediante la siguiente formula:

$$C = \frac{Q_c}{2\pi * f * V^2} = \frac{27.83}{2\pi * 60 * 220^2} \quad \text{Ec. 11}$$

$$C = 1525.026 \mu f$$

Como se muestra en los resultados obtenidos la potencia reactiva necesaria para corregir el factor de potencia es de 27.83 KVAR, pero es forzoso encontrar en el mercado un tipo de condensador que genere en la suma exactamente esta magnitud, entre las marcas conocidas comúnmente en el mercado se hallan condensadores que se ajustan a las necesidades de espacio y funcionalidad se encuentran los 2.5 KVAR y de 5 KVAR



Figura 13-3: Capacitor requerido marca DISPROEL de 2.5 KVA
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Los capacitores que se muestran en la figura 13-3, son de 2.5KVA y tienen una capacitancia de 45.7 micro faradios al ser trifásico su capacidad total es 137.1 micro faradios, de estos se utilizan 8, obteniendo 1096.8 micro faradios de capacitancia.



Figura 14-3: Capacitor requerido de 5 KVA
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

La figura 14-3, muestra el capacitor de 5 KVA con 91.3 micro faradios de capacitancia, multiplicado por 3 resulta 273.9 micro faradios por cada uno, se utiliza para el fin 2 dando un total de 547.8 microfaradios.

La sumatoria de los 8 capacitores de 2.5 KVA más los 2 capacitores de 5 KVA es en total de 1644.6 micro faradios.

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1. Resultados del Sistema de optimización de energía

4.1.1. Sistema de transferencia energética

El sistema de transferencia energético funciona para evitar paros en la producción en el momento que falla el suministro eléctrico de la EERSA.

Pruebas

El sistema opera en modo automático y se enciende bajo las siguientes condiciones:

- El voltaje de la red comercial ha sobrepasado el límite de la tolerancia establecido.
- Pérdida de una o más fases de la red comercial.
- Al detectar la falla debe transcurrir cinco segundos antes de arrancar el grupo electrógeno o grupo de emergencia.
- Al operar el grupo de emergencia el controlador verifica que el voltaje y frecuencia sean los correctos, antes de energizar y enviar carga
- Al retornar la energía de la red pública se verifica el voltaje y número de fases estabilizadas, para después de 1 minuto realizar la transferencia del grupo de emergencia a la red comercial.
- Si la transferencia Red – Generador o Generador – Red no se realiza con éxito, el control automático discriminará esta falla y realizará la transferencia de carga a la fuente de energía existente y disponible, se encenderá la luz de alarma del dispositivo ATL 610 que indica falla de mecanismo.
- Mediante un botón OFF/Reset se reiniciará el control cuando se requiera.

A continuación, en las siguientes figuras se puede observar cuando está funcionando el generador se enciende la luz indicadora roja, así como también la del módulo ATL610 el led de la línea 2 (Figura 1-4). También se puede observar la pantalla del módulo del generador que indica el voltaje: línea a neutro (Figura 2-4), y voltaje: línea a línea (Figura 3-4).



Figura 1-4: Luces indicadoras del tablero del Sistema de transferencia
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

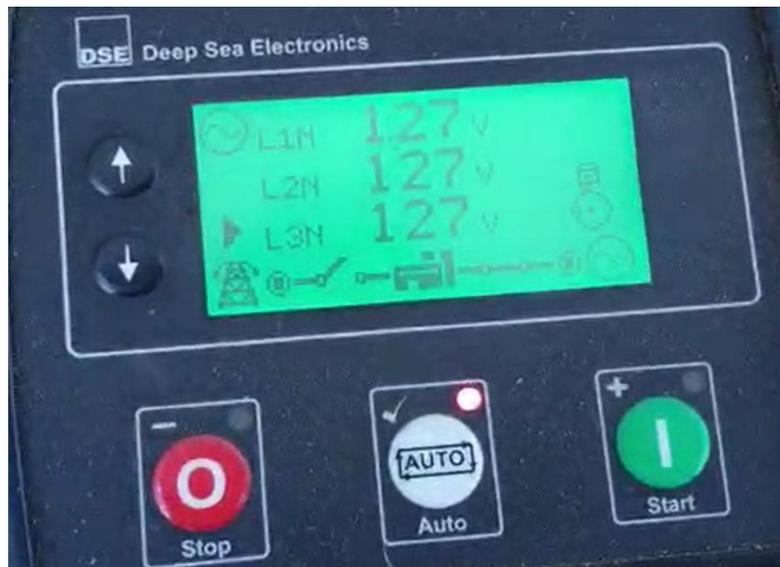


Figura 2-4: Voltaje línea - neutro 127 V del generador
Realizado por: Cazco Luisa, 2020



Figura 3-4: Voltaje línea - línea 220V del generador
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Al restablecerse la energía de la red pública en el tablero de transferencia las luces indicadoras: se enciende la luz verde en el tablero y en el ATL610 el led de la línea 1, la pantalla del generador muestra valores en 0 al apagarse el mismo.



Figura 4-4: Energía pública restableciéndose, generador todavía encendido
Realizado por: Cazco Luisa, 2020



Figura 5-4: Energía de la red pública restablecida, generador apagado
 Realizado por: Cazco Luisa, 2020



Figura 6-4: Línea 1 de la red encendida, tensión de la red línea a línea
 Realizado por: Cazco Luisa, 2020

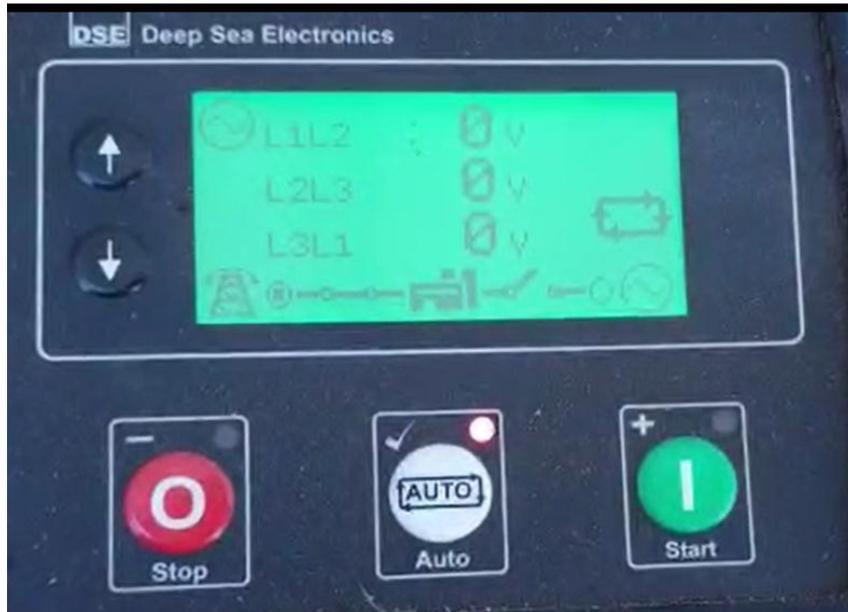


Figura 7-4: Módulo del generador voltaje en 0
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

4.1.2. Mejora de factor de potencia

Al medir y analizar el bajo factor de potencia reflejado también en las planillas de energía eléctrica se pudo observar el comportamiento de dicho factor y a ser tan irregular se procedió a instalar un tablero de control con un banco de capacitores automático por pasos que permita compensar los reactivos que demanda la planta avícola. Se logró mejorar el factor de potencia como se muestra en las siguientes figuras.

Se realiza las mediciones del factor de potencia en la planta antes de implementar el sistema, los datos obtenidos concuerdan con los datos expuestos en las planillas de energía eléctrica de la Empresa Eléctrica Riobamba EERSA.



Gráfico 1-4: F.P. del año 2017 antes de la implementación del sistema
Realizado por: (CAZCO, Cristina, 2020) datos extraídos de las planillas de luz Anexo D.

Para el siguiente año 2018, luego de la implementación del banco de capacitores, el factor de potencia incrementa a un promedio de 0.96 anual

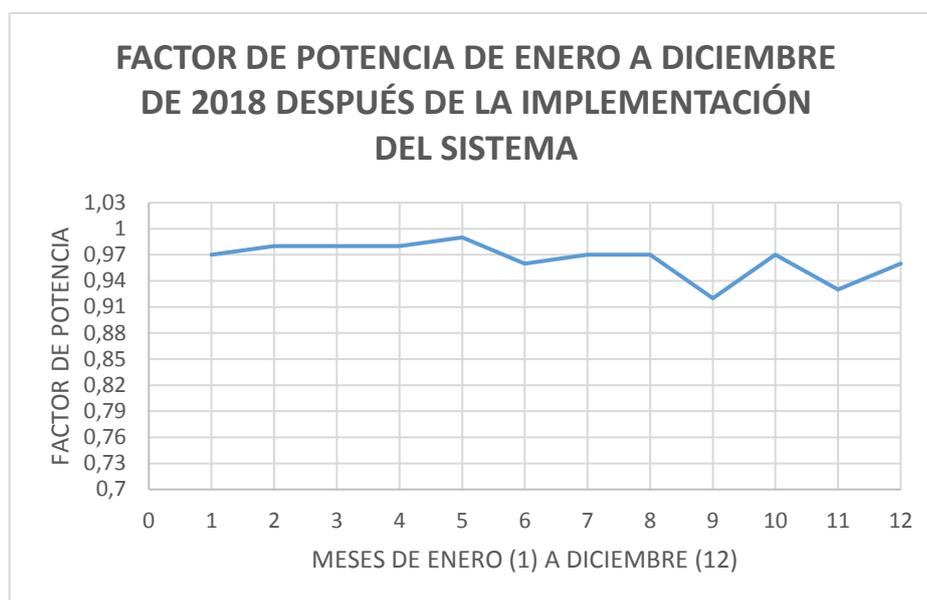


Gráfico 2-4: F.P. del año 2018 después de la implementación del sistema
Realizado por: Cazco Luisa, 2020 datos extraídos de las planillas de luz Anexo D.

A lo largo del año 2018 se puede observar un factor de potencia por arriba del valor óptimo como lo muestra en el Gráfico 1-4, valores que se aprecian mejor en la Tabla 1-4 junto con sus respectivo consumos y demandas, obtenidos de las planillas eléctricas.

Tabla 1-4: Factores de potencia corregidos en el año 2018

MES	CONSUMO		DEMANDA		FACTOR DE POTENCIA
	KWH	USD	KW	USD	
ENERO	7347	679.05	48	229.92	0.97
FEBRERO	5082	469.4	22	143.7	0.98
MARZO	14842	1367.57	53	253.87	0.98
ABRIL	4943	458.65	51	244.29	0.98
MAYO	8289	765.82	51	244.29	0.99
JUNIO	8528	785.94	19	153.28	0.96
JULIO	10875	1003.12	50	239.5	0.97
AGOSTO	2420	225.22	24	153.28	0.97
SEPTIEMBRE	11123	1026.07	52	249.08	0.92
OCTUBRE	2324	216.41	30	153.28	0.97
NOVIEMBRE	13283	1224.27	51	244.29	0.93
DICIEMBRE	3255	301.87	27	153.28	0.96

Realizado por: (CAZCO, Cristina, 2020) datos extraídos de las planillas de luz Anexo D.

Este aumento en el factor de potencia prevalece hasta el presente año con 0.96.

Tabla 2-4. Factores de potencia del año 2019.

MES	CONSUMO		DEMANDA		FACTOR DE POTENCIA
	KWH	USD	KW	USD	
ENERO	10898	1005.03	48	229.92	0.97
FEBRERO	2754	255.88	26	153.28	0.96
MARZO	15237	1403.55	50	239.5	0.97
ABRIL	1601	149.94	16	148.49	0.94
MAYO	12311	1134.75	48	229.92	0.97
JUNIO	1879	175.46	12	148.49	0.98
JULIO	5264	486.21	12	148.49	0.94

Realizado por: Cazco Luisa, 2020 datos extraídos de las planillas de luz Anexo D.

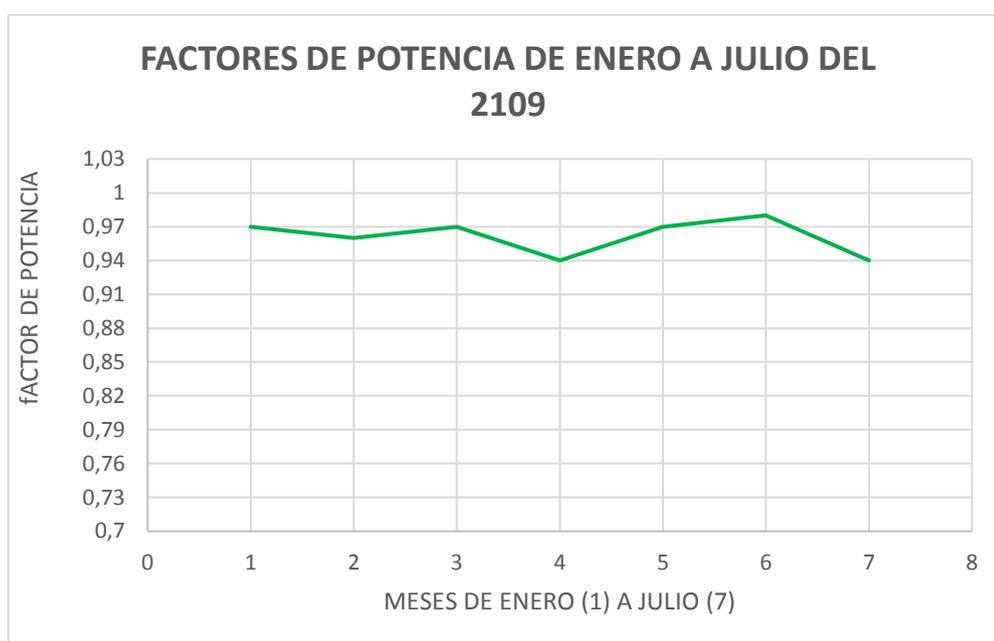


Gráfico 3-4: F.P. del año 2019, después de la implementación del sistema

Realizado por: Cazco Luisa, 2020 Tomado de las planillas de luz Anexo D.

Para calcular el ahorro económico se extrae los valores del total del sector eléctrico de la planilla de luz, se suma los totales de todo el año 2017 antes de la implementación del sistema. Así se tiene la Tabla 3-4.

Tabla 3-4: Total del servicio eléctrico en el año 2017.

MES	MES DE CONSUMO	TOTAL, PLANILLA (1 Galpón)	2 GALPONES
FEB	Enero 2017	240.84	481.68
MAR	Febrero 2017	839.9	1679.8
ABR	Marzo 2017	565.8	1131.6
MAY	Abril 2017	1040.14	2080.28
JUN	Mayo 2017	423.29	846.58

JUL	Junio 2017	1351.58	2703.16
AGO	Julio 2017	963.1	1926.2
SEP	Agosto 2017	710.42	1420.84
OCT	Septiembre 2017	780.37	1560.74
NOV	Octubre 2017	*1198.4	1198.4
DIC	Noviembre 2017	*459.86	459.86
ENE	Diciembre 2017	*1060.31	1060.31
TOTAL ANUAL 2017			16549.45
* A partir del mes de octubre operan los 2 galpones.			

Realizado por: Cazco Luisa, 2020 datos extraídos de las planillas de luz Anexo D.

En la tabla 4-4 se detalla el total del servicio eléctrico correspondiente al año 2018 después de la implementación.

Tabla 4-4: Total del Servicio energético del año 2018.

MES	MES DE CONSUMO	TOTAL, PLANILLA
FEB	Enero 2018	717.7
MAR	Febrero 2018	1885.86
ABR	Marzo 2018	821.78
MAY	Abril 2018	1177.64
JUN	Mayo 2018	1095.51
JUL	Junio 2018	1447
AGO	Julio 2018	445.92
SEP	Agosto 2018	1487.62
OCT	Septiembre 2018	435.71
NOV	Octubre 2018	1708.75
DIC	Noviembre 2018	535.72
ENE	Diciembre 2018	1438.11
TOTAL, ANUAL		13197.32

Realizado por: Cazco Luisa, 2020 datos extraídos de las planillas de luz Anexo D.

Se destaca que en el año 2017 antes de la implementación del tablero de corrección del factor de potencia, la planta tuvo un gasto de 16549.45 dólares, luego de la implementación en el año 2018 el gasto energético es de 13197.32 por lo tanto el ahorro económico anual es de 20.26 % como lo indica la Tabla 5-4.

Tabla 5-4: Ahorro económico en dólares y en porcentaje.

2017	2018	Ahorro (\$)	Ahorro (%)
16549.45	13197.32	3352.13	20.26

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

4.2. Docimasia de la hipótesis

Una de las principales variables por evaluar para la comprobación de la hipótesis es el consumo energético.

Tabla 6-4: Tabla comparativa del consumo energético de los años 2017 y 2018.

MES	MES DE CONSUMO	CONSUMO KWH (2017)	X 2 GALPONES	CONSUMO KWH (2018)
FEBRERO	Enero	1303	2606	5082
MARZO	Febrero	5547	11094	14842
ABRIL	Marzo	3569	7138	4943
MAYO	Abril	6962	13924	8289
JUNIO	Mayo	2663	5326	8528
JULIO	Junio	8396	16792	10875
AGOSTO	Julio	4611	9222	2420
SEPTIEMBRE	Agosto	4678	9356	11123
OCTUBRE	Septiembre	4622	9244	2324
NOVIEMBRE	Octubre	8539	8539	13283
DICIEMBRE	Noviembre	2659	2659	3255
ENERO	Diciembre	7347	7347	10898
TOTAL			103247	95862

Realizado por: Cazco Luisa, 2020 datos extraídos de las planillas de luz Anexo D

Tabla 7-4: Reducción en KWH y en porcentaje % del consumo energético.

KWH 2017	KWH 2018	Reducción KWH	Reducción %
103247	95862	7385	7.13

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

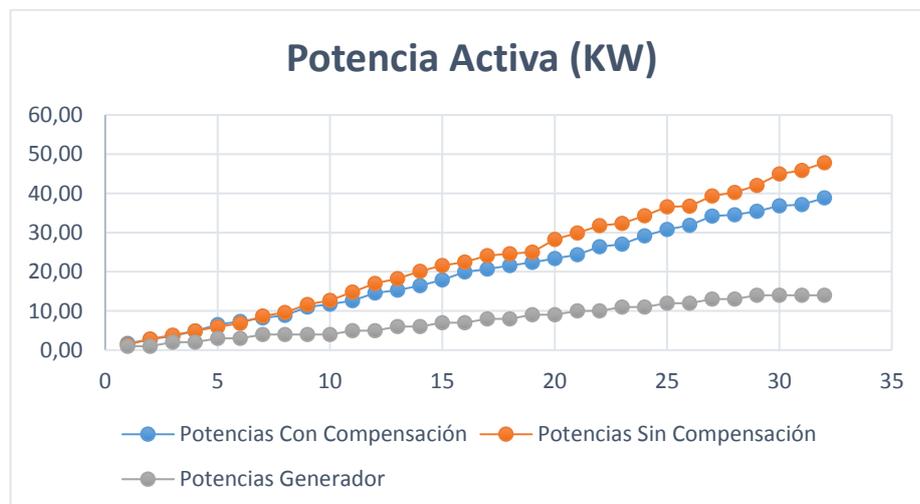


Gráfico 4-4: Potencias activas con un consumo mínimo a plena carga

Realizado por: (CAZCO Luisa, 2020) datos extraídos del controlador DCRL8

En la Gráfico 4-4 denota una comparación de Potencias Activas obtenidas de la medición de un consumo mínimo a plena carga, donde la potencia activa sin compensación a plena carga es de 47,80 kw y con compensación es 38,81 lo que muestra un consumo inferior de 8,99 kw reduciendo el consumo en un 18,80%.

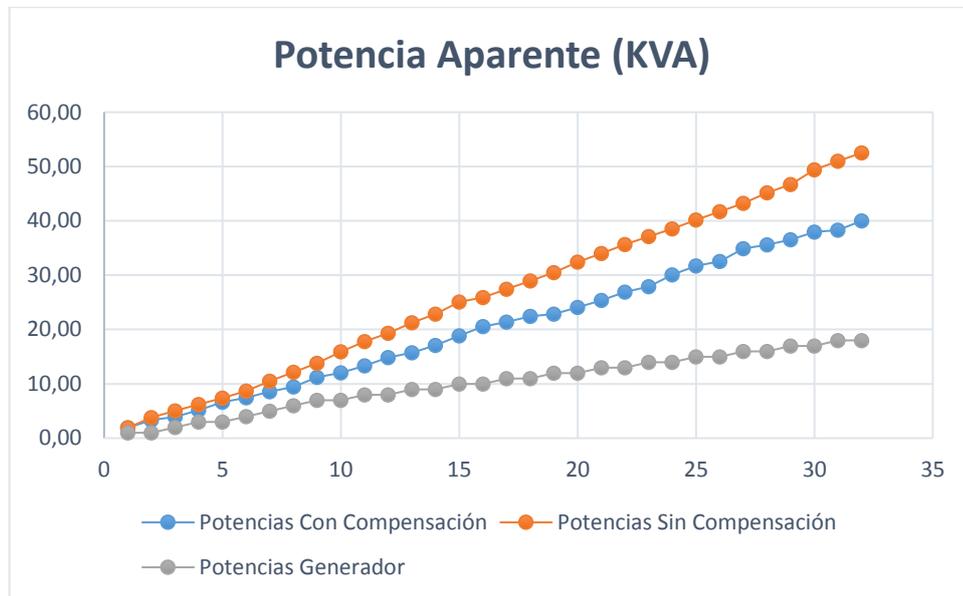


Gráfico 5-4: Potencias aparentes con un consumo mínimo a plena carga
Realizado por: (CAZCO Luisa, 2020) datos extraídos del controlador DCRL8

En la Gráfico 4-5 se compara las Potencias Aparentes obtenidas de la medición de un consumo mínimo a plena carga, donde la potencia aparente sin compensación a plena carga es de 52,53 kva y con compensación es 40,02, reduciendo el consumo en 12,51Kva, lo que muestra una reducción de 23,81%.

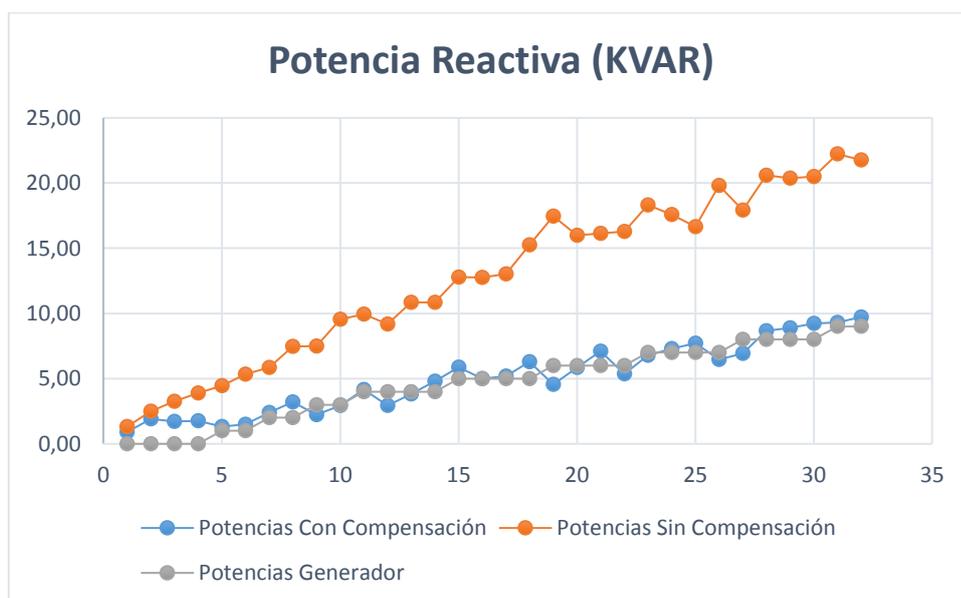


Gráfico 6-4: Potencias aparentes con un consumo mínimo a plena carga
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

En la Gráfico 6-4 se compara las potencias reactivas obtenidas de la medición de un consumo mínimo a plena carga, donde la potencia reactiva sin compensación a plena carga es de 22,22 kvar y con compensación es 9,73, evidenciando un consumo inferior de 12.49 Kvar, con una reducción en 53,21%.

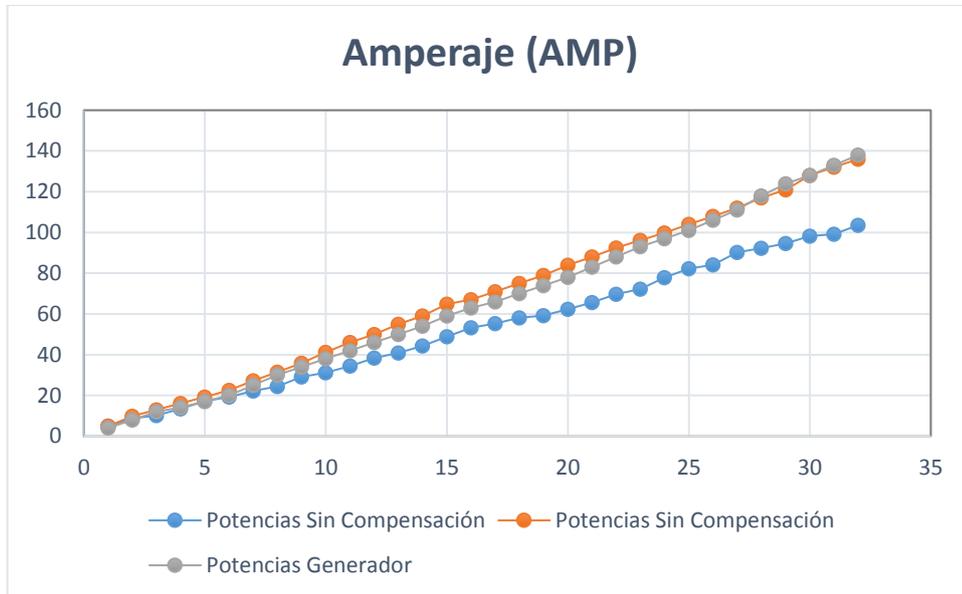


Gráfico 7-4: Corriente con un consumo mínimo a plena carga
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

En la Gráfico 7-4 se puede apreciar la medición de un consumo mínimo a plena carga, donde la Corriente sin compensación a plena carga es de 136 Amp, con compensación es 103,6 lo que muestra una reducción de 32,40 Amp que equivale a una disminución de 23.82%.

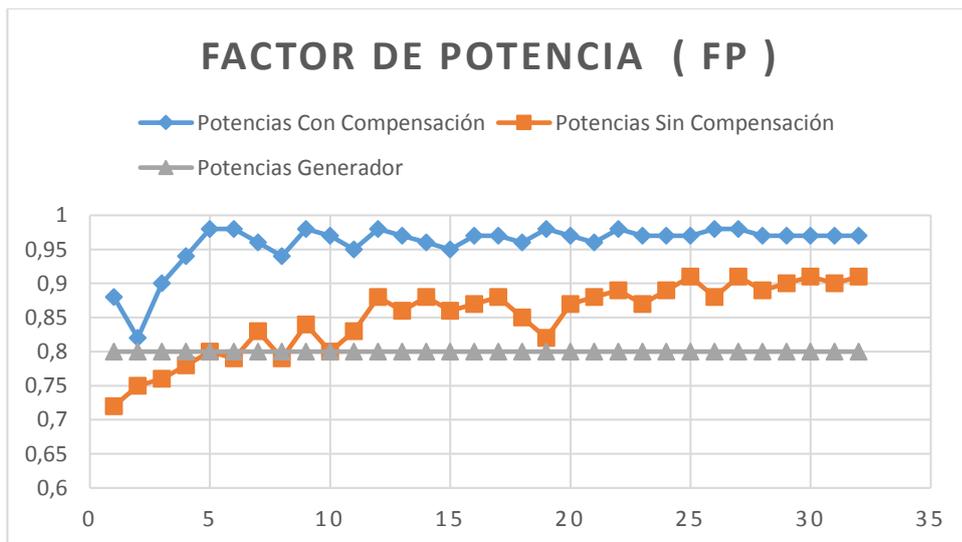


Gráfico 8-4: Potencias aparentes con un consumo mínimo a plena carga
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

En la Gráfico 8-4 se puede notar el factor de potencia cuando se compensa se estabiliza estando en el rango mayor a 0.92 para evitar altas sanciones.

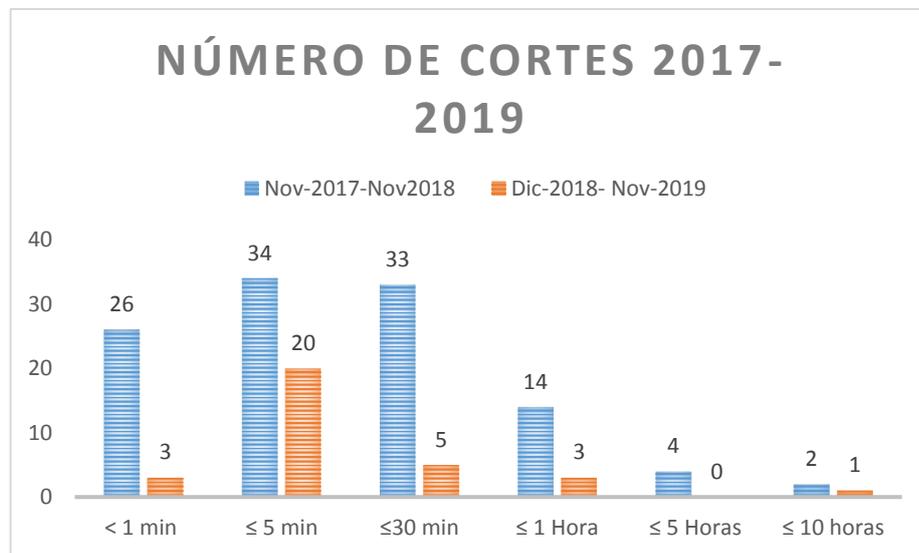


Gráfico 9-4: Cortes desde noviembre del 2017 a noviembre 2019
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

En la Gráfico 9-4 se muestra los cortes eléctricos con el rango de tiempo según su la durabilidad del corte y a los daños que pudiere causar.

Adicionalmente se analiza el costo combustible vs el costo de la red eléctrica para generación en horas pico para lo cual se analiza rangos

- Menor o igual a 1 minuto
- Mayor a 1 y menor igual a 5 minutos
- Menor igual a 30 minutos
- Menor igual 1 Hora
- Menor igual a 4 horas
- Menor igual a 8 horas
- Mayor de 12 horas

En el año 2018 se procede a generar en horas pico:

- 6h00 am – 10h00 am
- 12h00 am – 16h00 pm
- 18h00pm – 20h00 pm

Obteniendo un consumo de 54 galones por día a partir de los 28 días de producción teniendo un consumo de 810 galones por lote, que representa un costo de \$834.30 dólares americanos con un costo anual de \$5005,8 dólares en el año

En el año 2019 se procede a realizar un cambio del programa de iluminación en el bloque B teniendo como resultado la generación solo si el consumo sobrepasa los 50Kw en las siguientes horas pico:

- De 28 - 35 Dias
 - 12h00 – 14h00pm
- A partir de 35 dias
 - 12h00 – 16h00pm

Con esto se logra reducir el consumo de diésel a 162 galones, con un costo de \$166,86 dólares por lote y \$1001,16 dólares anuales, lo que denota un ahorro de 4004,64 dólares para el presente año con una reducción del 80% en costo de combustible, mejorando así la eficiencia de la planta avícola en consumo energético y adicional con un programa de ventilación e iluminación se logra reducir un promedio de 4 puntos de conversión en comparación al año 2018 y 5% de mortalidad al remate de los diferentes lotes en el año.

El proyecto tiene un costo de \$15800 dólares, se proyecta recuperar la inversión en 5 años, en el primer año se obtiene un ahorro de \$3352,13 dólares equivalente al 20,23% con lo que estamos cumpliendo la hipótesis proyectada.

Tabla 8-4: Docimasia de la hipótesis, Análisis T-student Potencia Con Compensación VS Sin Compensación

Condiciones	Amperaje	Potencia Activa	Potencia Aparente	Potencia Reactiva	Factor de Potencia
Media	53.30±11.07	19.93±2.40	20.59±4.28	5.06±5.43	0.85±0.077
Observaciones	32	32	32	32	32
Coefficiente de correlación de Pearson	0.9986	0.9983	0.9986	0.9543963	0.6785
Diferencia hipotética de las medias	0	0	0	0	0
Grados de libertad	31	31	31	31	31
Estadístico t	9.26	6.97	9.26	11.28	-16.03
P(T<=t) una cola	9.77515E-11	4.07119E-08	9.77515E-11	8.33769E-13	7.49811E-17

Valor crítico de t (una cola)	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70
P(T<=t) dos colas	1.95503E-10	8.14239E-08	1.95503E-10	1.66754E-12	1.49962E-16
Valor crítico de t (dos colas)	2.04	2.04	2.04	2.04	2.04

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Se valora las variables descritas en la tabla 3-1 del primer capítulo.

Tabla 9-4: Docimasia de la hipótesis, valoración de variables.

VARIABLES	VALOR	CRITERIO DE EVALUACIÓN	HIPOTESIS ACEPTADA/ RECHAZADA
ELECCIÓN DEL CONTROLADOR	Controlador Lovato ATL 610 Controlador Lovato DCRL 8	Permite la optimización del consumo energético Reduce la incidencia de cortes eléctricos. Evita pérdidas económicas. Disminuye el costo de lotes de producción	Aceptada
MODELO DEL SISTEMA	Transferencia automática % de fallas Grafica 9-4 Cortes desde el año noviembre 2017 -2018 y 2018 -2019	Permite generación eléctrica autónoma ante posibles cortes evitando perdidas por falta de suministro eléctrico	Aceptada
PARAMÉTRICOS ELÉCTRICOS	Tabla 6-4. Tabla comparativa del consumo energético de los años 2017 y 2018. Tabla 7-4. Reducción en KWH y en porcentaje % del consumo energético.	Permite la generación en horas pico, Logra reducir los costos de consumo energético Optimiza el consumo energético	Aceptada
FACTOR DE POTENCIA	Tabla 1-4. Factores de potencia corregidos en el año 2018	Corrige el factor de potencia con un sistema de control automático para los diferentes consumos de energía	Aceptada
COSTO DE ENERGÍA	Tabla 5-4. Ahorro económico en dólares y en porcentaje.	El estudio comparativo entre el consumo de energía eléctrica conectada a la red pública y generación permitirá determinar el menor costo	Aceptada
INTEGRACIÓN DE SISTEMAS	HMI	Los sistemas de generación automática y control de parámetros eléctricos mejorándolos en un sistema de monitoreo y control permanente logra un suministro eléctrico eficiente a las cargas inductivos de las naves	Aceptada

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

4.3. Costo y recuperación de la inversión del proyecto.

El costo total del proyecto se define en la tabla 6-4, donde se calcula una inversión de 17250 dólares, además se proyecta un costo de mantenimiento anual de 500 dólares con un tiempo de vida útil de 10 años a partir de la fecha de instalación.

Tabla 10-4: Costo total del proyecto

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tablero de transferencia	1	5500	5500
Tablero de corrección de factor de potencia	1	6000	6000
Tablero general de Integración y HMI	1	2000	2000
Instrumentos de medición de parámetros eléctricos	1	750	750
Horas Hombre	500	5	2500
Elaboración Documentación	1	100	100
Imprevistos	1	400	400
TOTAL			17250

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

La inversión total se recuperaría de acuerdo a la tabla 7-4 en 10 años, pero si se toma en cuenta el ahorro anual que se obtiene a partir del 2018, como se presenta en la Tabla 5-4 de 3352.13 dólares, se recuperaría la inversión en 5.14 años, es decir, 5 años 2 meses.

Tabla 11-4: Tabla de amortización del proyecto.

Tabla de amortización	
Fecha	valor
nov-17	\$ 17.250,00
nov-18	\$ 15.525,00
nov-19	\$ 13.800,00
nov-20	\$ 12.075,00
nov-21	\$ 10.350,00
nov-22	\$ 8.625,00
nov-23	\$ 6.900,00
nov-24	\$ 5.175,00
nov-25	\$ 3.450,00
nov-26	\$ 1.725,00
nov-27	\$ -

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

4.4. Trabajos futuros

- La expansión de la planta avícola a tres galpones con la utilización del actual sistema de suministro energético permanente y optimización del factor de potencia, solo con la reprogramación de los módulos, como es el caso del tablero que controla el factor de potencia donde se debe aumentar más capacitores y expandir en el dispositivo DCRL 8 el número de pasos programados de 10 a los necesarios para compensar la potencia reactiva que requieren dichos galpones.
- Centralización de los datos proporcionados por los controladores, para un análisis histórico.
- Descarga de datos. Ambos dispositivos ATL 610 y DCRL 8 cuentan con un puerto USB para la migración de datos a una computadora que sirva como un almacén de información que pueda ser procesada y analizada para varios fines como reportes mensuales o anuales.
- Visualización de una gráfica en tiempo real de la curva de consumo de potencia con la integración de una pantalla HMI incorporada en el tablero, utilizando un programa que tome los datos de factor de potencia y consumo energético.

CAPÍTULO V

5. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

5.1. Construcción del tablero del sistema de transferencia

5.1.1. *Componentes a utilizar*

- Dispositivo ATL 610
- Interruptor automático SIEMENS 3VT 630 A
 - 2 accionamientos motorizados 230V AC/ 220V DC modelo: 3VT9 300-3MQ10
- 10 Interruptores con fusible
- 2 switch termo magnéticos de protección.
- Batería, Mantenedor de batería.
- Rele indicador de corriente.

5.1.2. *Construcción del Sistema de control*

Siguiendo el esquema de conexiones en el Anexo E, se procede a conectar según el plano. Los interruptores termo magnéticos se conectan entre la red pública - circuito de control y el generador – circuito de control, de esta manera se protege la instalación.

El interruptor automático posee un conmutador y disparador de intensidad, su objetivo es conmutar el suministro de energía entre la red pública o el generador, pero nunca ambas. Sus accesorios son dos módulos de accionamiento motorizado son los que se enclavan y desenclavan de acuerdo a la conmutación.

Un módulo de accionamiento de la red externa posee en su borne de salida un relé o supervisor de corriente, gracias a este se puede verificar si existe o no corriente por parte de la red y se lo comunica la entrada del ATL 610 además del relé que activa el encendido del generador.

El mantenedor de batería, es el encargado de conservar energizada la batería, se encuentra conectado a la red pública, cuando ocurre el fallo es la batería cargada la que alimenta a todo el tablero.

Los interruptores con fusible protegen de cualquier fallo a los dispositivos conectados entre sí.



Figura 1-5: Tablero de control del sistema de transferencia
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

5.1.3. Configuración del dispositivo ATL 610

El dispositivo ATL 610 posee una gran variedad de configuraciones, se selecciona la más apropiada y la que mejor se adapta a la tensión, el tipo de conexión y el tipo y elementos de conmutación que se tiene en el tablero. Para realizar las respectivas configuraciones se basó en el manual del dispositivo ATL 610 que se encuentra en el Anexo F.

- ✓ Para acceder al menú principal se pulsa al mismo tiempo las teclas de arriba y abajo. ▼+▲
- ✓ Con las mismas flechas se desplaza hasta seleccionar *menú de configuración* se pone aceptar con la tecla AUT.

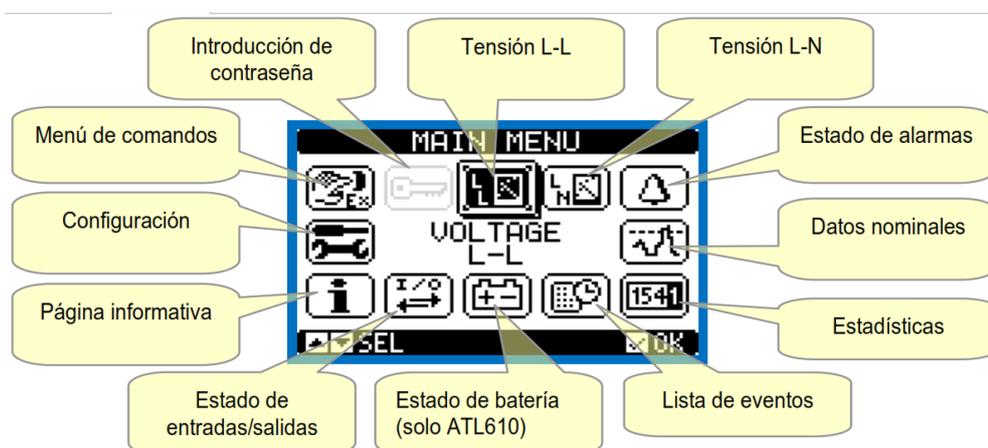


Figura 2-5: Pantalla del menú principal del ATL 610
Fuente: (Lovato Electric, 2014)

- ✓ El sub menú M01 *Utility* tiene la opción de configurar el lenguaje, se selecciona *español*, para salir del sub menú se presiona OFF.

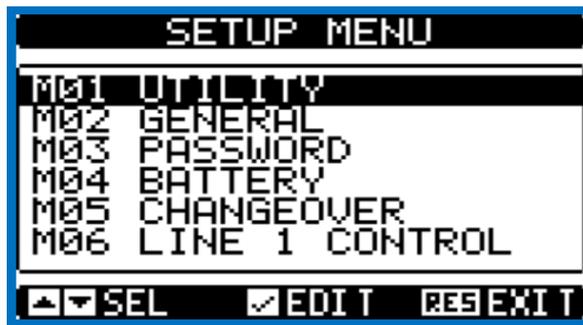


Figura 3-5: Pantalla del menú Configuraciones
Fuente: (Lovato Electric, 2014)

- ✓ El siguiente sub menú es M02 *General* y aquí se establece la tensión nominal, viene preconfigurada con 400 V por lo que le cambiamos al voltaje con el que opera la planta que es de 220 V, también se establece el tipo de conexión, al trabajar con un sistema trifásico la opción seleccionada es *L1 – L2- L3 – N*. Además, se elige el *tipo de control* que será *línea – línea*

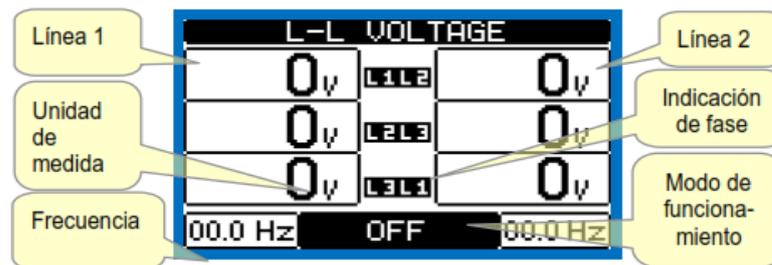


Figura 4-5: Pantalla de la opción línea a línea
Fuente: (Lovato Electric, 2014)

- ✓ La siguiente configuración es el sub menú M05 *Conmutación*, la primera opción es el tipo de conmutación y se elige *Red – Generador (U-G)*. la siguiente opción es la *línea prioridad* y se la deja en *línea 1*.

M05 – CONMUTACIÓN DE LA CARGA		UdM	Defecto	Rango
P05.01	Tipo de aplicación		U-G	U-G U-U G-G
P05.02	Selección de la línea principal		-1-	-1- Línea 1 -2- Línea 2

Figura 5-5: Opciones del sub-menú Conmutación de la carga
Fuente: (Lovato Electric, 2014)

- ✓ En el *tipo de conmutación* se debe seleccionar el conmutador que se esté ocupando en este caso *Contactores*.

P05.07	Tipo de dispositivos de conmutación		Int. imp.	Int. imp. Int. con. Conn. imp. Conn. con. Contactores
--------	-------------------------------------	--	-----------	---

Figura 6-5: Opciones del parámetro Tipo de Conmutación
Realizado por: (Lovato Electric, 2014)

- ✓ Finalmente se configura las salidas en el menú M11 *Configuración de salidas digitales*.

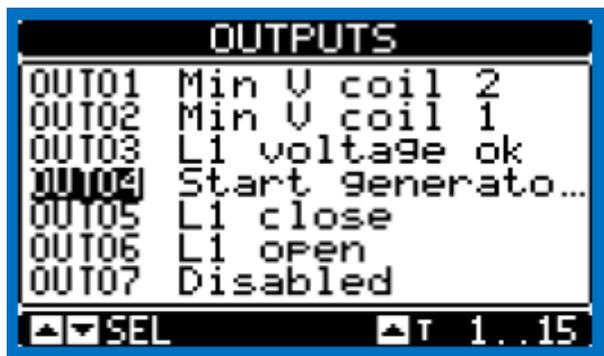


Figura 7-5: Pantalla de la configuración de las salidas del ATL 610
Fuente: (Lovato Electric, 2014)

Tabla 1-5: Configuración de las salidas en el dispositivo ATL 610

SALIDA	CONFIGURACIÓN
OUT 1	Start Generador 2
OUT 4	Apertura de línea 1
OUT 5	Cierre de línea 1
OUT 6	Apertura de línea 2
OUT 7	Cierre de línea 2

Fuente: (Lovato Electric, 2014)
Realizado por: (CAZCO Luisa, 2019)

- ✓ De igual manera se puede configurar las entradas en el menú M10 *Configuración de entradas digitales*. Se las programa para que sean una confirmación de cierre para la línea 1 y línea 2.

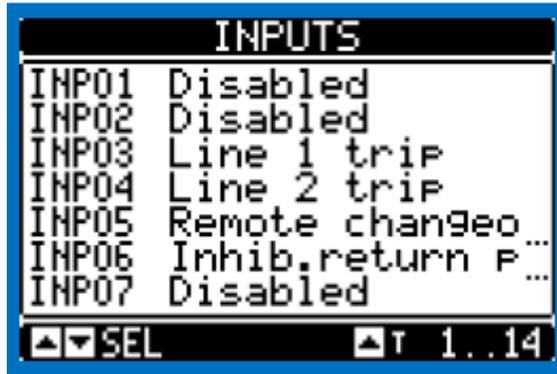


Figura 8-5: Pantalla de la configuración de las entradas del ATL 610

Fuente: (Lovato Electric, 2014)

Tabla 2-5: Configuración de las entradas en el dispositivo ATL 610

ENTRADA	CONFIGURACIÓN
INP 1	Feedback línea 1
INP 2	Feedback línea 2

Fuente: (Lovato Electric, 2014)

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

- ✓ Se reinicia.
- ✓ Para que funcione en modo automático se mantiene presionada la tecla AUT hasta que en la pantalla aparezca AUT y en vez de OFF



Figura 9-5: Dispositivo ATL 610 configurado

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

5.2. Construcción del tablero de corrección de factor de potencia

5.2.1. Componentes a utilizar

- Controlador DCRL 8
- 8 Capacitores de 2.5 KVAR, 3 ϕ 45.7 microfaradios marca DISPROEL modelo 3tc22025
- 2 Capacitores de 5 KVAR, 3 ϕ 91.3 microfaradios marca DISPROEL modelo 3tc22050
- 8 Contactores SIRIUS 3RT2024
- 2 Contactores de potencia SIRIUS 3RT2026
- Fusibles SASSIN, RT18 – 32X, 32 A y 500 V
- 1 Interruptor automático 3VT1710 – 2DC36, 100 A y 690 V
- 10 Interruptores de circuito 5SL3316-7, 400 V 4.5 KVA y 16 A
- 2 Repartidores de carga LEGRAND 04888

Las conexiones del tablero se pueden apreciar en el Anexo G.

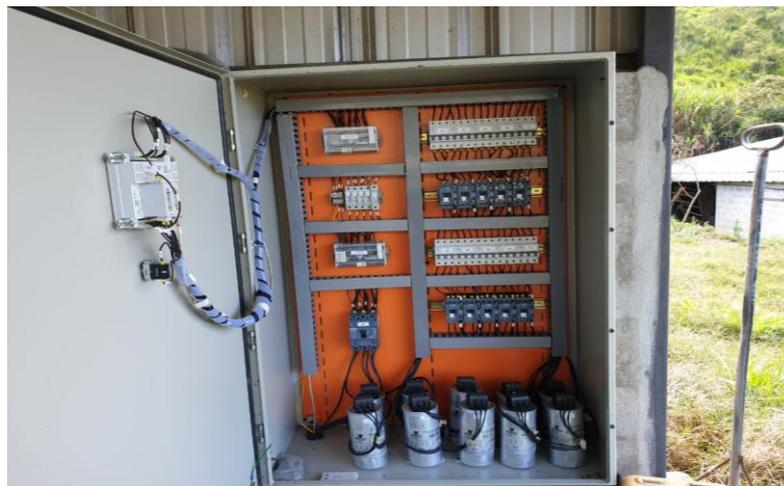


Figura 10-5: Tablero de control del sistema de corrección del factor de potencia

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

5.2.2. Controlador del factor de potencia

El objetivo del controlador es medir el factor de potencia inicial del sistema eléctrico, posteriormente asignara las conexiones a los contactores para elevar el factor de potencia y llegar al valor asignado en el controlador (0.98) conectando los diferentes pasos, de acuerdo al diseño del banco capacitores se requiere 27.83 KVAR de potencia reactiva la cual se obtiene con 10 pasos del banco de condensadores, los 8 primeros pasos de 2.5 KVAR y los últimos 2 con pasos de 5 KVAR, brindando una capacitancia total de 1644.6 micro faradios, muy por encima de la

requerida, lo que permite la funcionalidad del banco en el probable caso de que alguno de los demás capacitores fallara hasta su arreglo, sin que la potencia y capacitancia se reduzcan.

5.2.3. Configuración del Dispositivo DCRL8



Figura 11-5: Regulador automático DCRL 8
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Descripción

El diseño del regulador automático del factor de potencia DCRL8 incorpora las funciones más avanzadas para aplicaciones de corrección del factor de potencia, además de contar con una carcasa especial de dimensiones extremadamente compactas, el DCRL8 combina el moderno diseño del panel frontal con una instalación práctica y la posibilidad de expansión por la parte posterior, en la que se pueden alojar dos módulos de expansión EXP. La pantalla LCD proporciona una interface de usuario clara e intuitiva. (Lovato electric, 2014)

Características

- Controlador automático del factor de potencia.
- Montaje en panel, carcasa estándar de 144x144 mm.
- Pantalla LCD con iconos retroiluminada.
- Versiones: DCRL8 con 8 pasos, ampliable a 14 máx.
- 5 teclas de navegación para funciones y configuración.
- Mensajes de alarma con texto en 6 idiomas (italiano, inglés, francés, español, portugués y alemán).
- Bus de expansión con 2 ranuras para módulos de expansión EXP:
 - Interfaces de comunicación RS232, RS485, USB y Ethernet.
 - Salidas de relé adicionales.
- Medida de verdadero valor eficaz (TRMS) de alta precisión.

- Gran variedad de medidas disponibles, incluidas THD de tensión y corriente, con análisis de armónicos de orden 15 como máximo.
- Entrada de medida de tensión separada de la alimentación, para uso con TV en aplicaciones de tensión media.
- Alimentación auxiliar con amplio rango de tensión (100-440 V CA).
- Interface de programación óptica frontal, aislada galvánicamente, de alta velocidad, impermeable y compatible con llave de programación (dongle) USB y WiFi.
- Programación por panel frontal, con un ordenador o tableta/Smartphone.
- Protección de la configuración por contraseña de 2 niveles.
- Copia de seguridad de la configuración original.
- Sensor de temperatura incorporad
- Montaje sin necesidad de usar herramienta. (Lovato electric, 2014)

Configuración

La configuración de este dispositivo se basa en el Anexo G. La programación del equipo se lo realiza por medio del panel frontal que sirve como interfaz con el usuario además se puede utilizar una portátil o un teléfono inteligente (smartphone): para su funcionamiento cuenta con 3 modos: **Modo Manual** cuando el modulo es nuevo y aun no se ha programado ningún parámetro, pero sirve para comprobar las conexiones de las salidas de los relés.

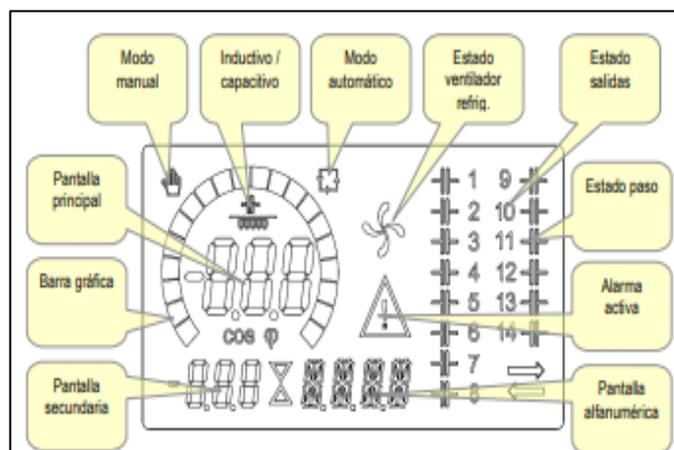


Figura 12-5: Menú principal del dispositivo DCRL 8
Fuente: (Lovato electric, 2014)

Modos MAN cuando el dispositivo se encuentra en el modo manual, es posible seleccionar un paso y conectarlo o desconectarlo de forma manual con la ayuda de las teclas ▲ o ▼ para seleccionar un paso. La configuración manual de los pasos se mantendrá, aunque se corte la corriente y recuperarán su estado original cuando se restablezca el suministro eléctrico.

Modo AUT el módulo determina cuál es la configuración óptima de los pasos para obtener el **cosφ** establecido tomando en cuenta muchas variables: potencia de cada paso, número de maniobras, tiempo total en marcha, tiempo de reconexión, etc. Para que el dispositivo inicie una corrección automática, debe producirse una demanda media de potencia reactiva (delta-kvar) superior al 50% del paso más pequeño y el **cosφ** medido no debe coincidir con el configurado como valor de referencia.

Se describe en forma de tabla los parámetros básicos programados para puesta en marcha del dispositivo.

Tabla 3-5: Parámetros básicos que se deben configurar

PARÁMETRO	VALOR PROGRAMADO
Coseno de phi o factor de potencia	0.98
Valor del primario del transformador de corriente	75 KVAR
Fase de lectura de transformador de corriente	L1-L2
Fase de lectura de tensión	L1-L2
Potencia del paso más pequeño	2.5 KVAR
Tensión nominal de condensadores	220 V
Función de paso 1	2.5 KVAR
Función de paso 2	2.5 KVAR
Función de paso 3	2.5 KVAR
Función de paso 4	2.5 KVAR
Función de paso 5	2.5 KVAR
Función de paso 6	2.5 KVAR
Función de paso 7	2.5 KVAR
Función de paso 8	2.5 KVAR
Función de paso 9	5 KVAR
Función de paso 10	5 KVAR

Fuente: (Lovato electric, 2014)

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

5.3. Integración de Sistemas de Control

El sistema implementado busca lograr una eficiencia energética en la planta avícola y para poder visualizar los resultados obtenidos se observa una pantalla HMI que muestra en tiempo real datos y gráficas para entender de forma clara los cambios producidos con la implementación del sistema.

En el HMI se puede mostrar el funcionamiento del módulo Lovato ATL 610 que realiza la transferencia automática; módulo Lovato DCRL 8 para corregir el factor de potencia y del generador MODASA MP – 110.

Revela las lecturas del consumo de los dos galpones cada uno con 16 extractores y adicional los demás equipos como ventiladores, calefactores, entre otros ya descritos anteriormente, estos valores se adquieren de una tabla de Excel proporcionada por el equipo que controla cada tablero y es variable debido a que la carga es consecuente al consumo de energía como es prender y apagar la temperatura según edad y condiciones climáticas.

El módulo de transferencia de energía además de proporcionar un abastecimiento constante en el momento de algún corte o variación de voltaje también va a regular el consumo de energía y tomará el control en los siguientes casos.

Cuando la lectura de consumo de potencia sobrepasa los 45 KVA el tablero de transferencia energética encenderá el generador para aliviar este consumo de la red eléctrica de la EERSA; para complementar esta acción el generador también entra en funcionamiento en las horas pico definidas dentro de los siguientes horarios 6:00 a 8:00; 12:00 a 16:00 y de 18:00 a 22:00.

5.3.1. Comunicación entre los dispositivos.

Una de las características principales de los controladores LOVATO es poseer dos ranuras que sirven para incorporar módulos de expansión o comunicación. La versión ATL 610 está equipada con dos ranuras de expansión para módulos de la serie EXP para agregar más entradas y salidas digitales y funciones de comunicación, como USB, RS232, RS485, Ethernet para controlar de forma remota el panel de interruptores ATS mediante el software de supervisión. La posibilidad de añadir varios módulos del mismo tipo (por ejemplo, dos interfaces de comunicación) hace que haya varios menús de configuración relacionados, que se identifican mediante un número progresivo. (Lovato Electric, 2014) En la figura 28-3 se indica el número de módulos de cada tipo que pueden instalarse al mismo tiempo y las ranuras en las que pueden montarse. El número total de módulos debe ser menor o igual que 2.

TIPO DE MÓDULO	CÓDIGO	FUNCIÓN	Nº Máx.
COMUNICACIÓN	EXP 10 10	USB	2
	EXP 10 11	RS-232	2
	EXP 10 12	RS-485	2
	EXP 10 13	Ethernet	1
	EXP 10 14	Profibus® DP	A definir
E/S DIGITALES	EXP 10 00	4 ENTRADAS	2
	EXP 10 01	4 SALIDAS ESTÁTICAS	2
	EXP 10 02	2 ENTRADAS + 2 SALIDAS EST.	2
	EXP 10 03	2 RELÉS CONMUTADOS	2
	EXP 10 06	2 RELÉS NA	2
	EXP 10 07	3 RELÉS NA	2
	EXP 10 08	2 ENTRADAS + 2 RELÉS NA	2

Figura 13-5: Tipos de módulos EXP

Fuente: (Lovato Electric, 2014)

En la práctica, al controlador ATL 610 se le incorpora dos módulos de comunicación uno Ethernet para la conexión con el HMI y el RS-485 para el regulador DCRL8, que se describe a continuación en las Figuras 14-5 y 15-5.

	EXP1012 LOVATO ELECTRIC Interfaz RS485 opto-aislada	
	Peso (g)	50
	Dimensiones	084 x 027 x 107
	Volumen (cm ³)	242.6
	Código de Barras (EAN13)	8013975180693
	Código HS	85389091

Figura 14-5: Módulo EXP RS485 para comunicación con el DCRL 8

Fuente: LOVEXP1012

	EXP1013 LOVATO ELECTRIC Interfaz Ethernet opto-aislada con función de servidor web	
	Peso (g)	60
	Dimensiones	084x027x107
	Volumen (cm ³)	242.6
	Código de Barras (EAN13)	8013975180709
	Código HS	85389091

Figura 15-5: Módulo EXP Ethernet para comunicación con el HMI

Fuente: LOVEXP1013.

Se coloca los módulos mientras el controlador este apagado, cuando se vuelve a encender el ATL reconoce automáticamente los dispositivos conectados y muestra en pantalla la configuración actual: el número, tipo y estado de los módulos conectados.

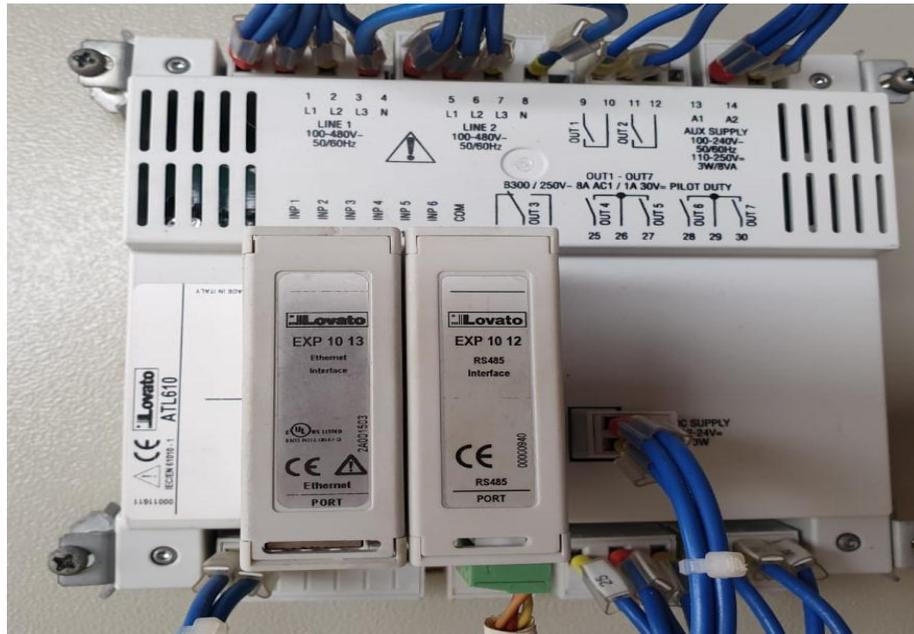


Figura 16-5: ATL 610 con los módulos de comunicación Ethernet y RS-485
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Los canales de comunicación son totalmente independientes tanto en hardware como en protocolos de comunicación esto les permite funcionar de manera simultánea. Al activar la función puerta de enlace el ATL 610 puede tener un puerto Ethernet y un puerto RS-485 que sirve de vínculo con otro dispositivo que solo incorpora un puerto RS-485, en este caso con el controlador DCRL 8. (Lovato Electric, 2014)

De la misma forma, el controlador DRCL 8 reconoce los módulos incorporados y su configuración es casi automática, uno de los módulos es de pasos adicionales, debido a que normalmente el controlador solo posee 8 pasos con su aneXión se expande hasta 14.

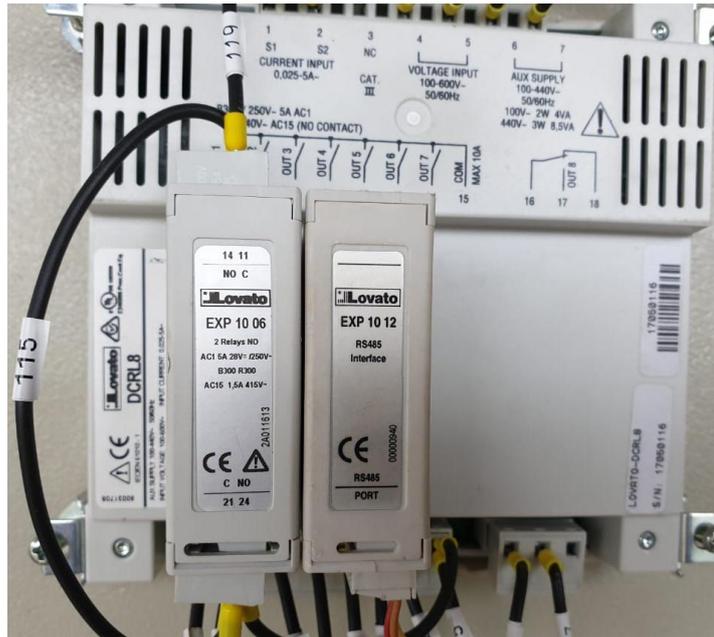


Figura 17-5: DCRL 8 con módulo de expansión y de comunicación RS-485
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Existen parámetros que se deben configurar manualmente en los controladores para lograr una comunicación efectiva entre los dispositivos.

5.3.2. Configuración de los controladores

La configuración de los controladores DRCL 8 y ATL 610 se realiza por medio de los parámetros de comunicación estipulados en sus propios manuales, el enlace entre los controladores DRCL 8 y ATL 610 con el HMI posee una arquitectura de comunicación descrita en las Figuras 18-5, el protocolo de comunicación a ser utilizado es Modbus RTU.

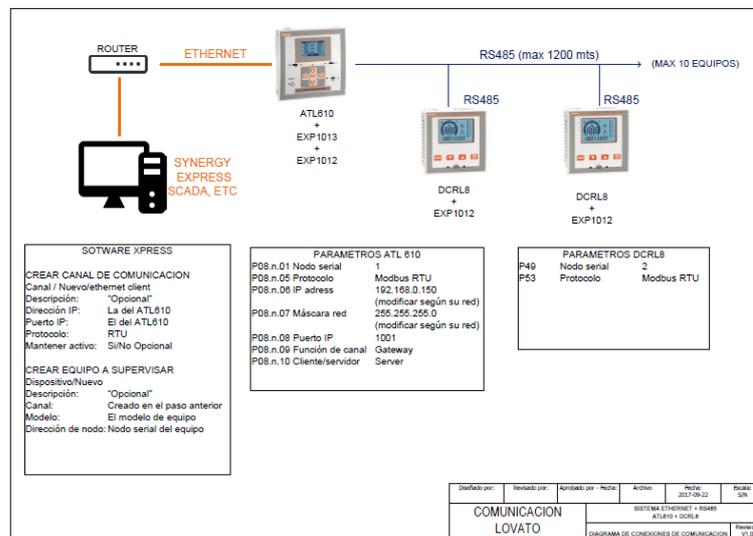


Figura 18-5: Arquitectura de comunicación entre dispositivos
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Tal como se describe en la figura de arriba esta arquitectura de comunicación permite configurar los controladores la comunicación a través del protocolo Modbus RTU. En la figura 19-5 se indica los parámetros que se debe modificar para el respectivo enlace.

M08- COMUNICACIÓN (COMn, n=1 a 2) (solo ATL 610)		UdM	Defecto	Rango
P08.n.01	Dirección serie de nodo		01	01-255
P08.n.02	Velocidad en serie	bps	9600	1200 2400 4800 9600 19200 38400 57600 115200
P08.n.03	Formato de datos		8 bits - n	8 bits, sin paridad 8 bits, impar 8 bits, par 7 bits, impar 7 bits, par
P08.n.04	Bit de parada		1	1-2
P08.n.05	Protocolo		Modbus RTU	Modbus RTU Modbus ASCII Modbus TCP
P08.n.06	Dirección IP		192.168.1.1	000.000.000.000 - 255.255.255.255
P08.n.07	Máscara de subred		0.0.0.0	000.000.000.000 - 255.255.255.255
P08.n.08	Puerto IP		1001	0-32000
P08.n.09	Función de canal		Esclavo	Esclavo Puerta de enlace
P08.n.10	Cliente/Servidor		Servidor	Cliente Servidor
P08.n.11	Dirección IP remota		000.000.000.000	000.000.000.000 - 255.255.255.255
P08.n.12	Puerto IP remoto		1001	0-32000
P08.n.13	Dirección IP de puerta de enlace		000.000.000.000	000.000.000.000 - 255.255.255.255

Figura 19-5: Parámetros de comunicación del ATL 610
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Para el controlador ATL 610 se le asignara una dirección de nodo que es el enlace para el controlador DCRL 8 de igual manera se le asignara una dirección IP para la comunicación con el HMI

M16 – COMMUNICATION (COMn, n=1...2)		UoM	Default	Range
P16.n.01	Node serial address		01	01-255
P16.n.02	Serial speed	bps	9600	1200 2400 4800 9600 19200 38400 57600 115200
P16.n.03	Data format		8 bit – n	8 bit, no parity 8 bit, odd 8bit, even 7 bit, odd 7 bit, even
P16.n.04	Stop bits		1	1-2
P16.n.05	Protocol		(various)	Modbus RTU Modbus ASCII Modbus TCP
P16.n.06	IP address		192.168.1.1	000.000.000.000 – 255.255.255.255
P16.n.07	Subnet mask		255.255.255.0	000.000.000.000 – 255.255.255.255
P16.n.08	IP port		1001	0-9999
<p><i>Note: this menu is divided into 2 sections for communication channels COM1..2. The front IR communication port has fixed communication parameters, so no setup menu is required.</i></p> <p>P16.n.01 – Serial (node) address of the communication protocol. P16.n.02 – Communication port transmission speed. P16.n.03 – Data format. 7 bit settings can only be used for ASCII protocol. P16.n.04 – Stop bit number. P16.n.05 – Select communication protocol. P16.n.06, P16.n.07, P16.n.08 – TCP-IP coordinates for applications with Ethernet interface. Not used with other types of communication modules.</p>				

Figura 20-5: Parámetros de comunicación del controlador DCRL 8

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

5.3.3. Protocolo de comunicación Modbus RTU

El protocolo Modbus RTU es el medio de comunicación que permite el intercambio de datos entre controladores y ordenador, los dispositivos electrónicos intercambian información a través de líneas en serie utilizando este protocolo, es ampliamente aceptado y se utiliza comúnmente en la construcción de sistemas de gestión de edificios y sistemas de automatización industrial, su adopción se ha visto impulsada por su facilidad de uso, confiabilidad y el hecho de que es de código abierto y puede usarse sin costos en cualquier dispositivo o aplicación. (Weis, 2019)

Modbus RTU (Unidad Terminal Remota) es uno de los dos modos de transmisión definidos en la especificación Modbus original: Modbus RTU y ASCII, ambos diseñados para usarse con dispositivos serie que admiten los protocolos RS232, RS485 y RS422. Una característica distintiva de Modbus RTU es que usa codificación binaria y una fuerte verificación de los errores CRC. (Weis, 2019) Es decir, un protocolo de solicitud-respuesta implementado usando una relación maestro-esclavo, donde la comunicación siempre se produce en pares, esto significa que el dispositivo debe iniciar una solicitud y luego esperar una respuesta. Particularmente, el maestro es la interfaz humano-máquina (HMI) y el esclavo son los controladores DCRL 8 y ATL 610.

5.3.3.1. Accesso a los datos a través de Modbus

Para acceder a los datos por medio de Modbus es necesario utilizar los registros de datos o rangos de dirección descritos en el capítulo anterior: bobinas, entradas discretas, registros de retención y registros de entrada.

Se debe obtener los valores que se describen en la tabla 3-2, para esto se recurre a los manuales adicionales de los controladores DCRL8, ATL 610 en los cuales se muestran las tablas Modbus de los controladores que indican las direcciones donde se almacenan los valores que se desea mostrar en la pantalla del HMI, se los puede observar en la figura 21-5 (controlador ATL 610) y figura 22-5 (controlador DCRL8) resaltados de amarillo.

INDIRIZZO ADDRESS	WORDS	MISURA	MEASURE	UNITA' UNIT	FORMATO FORMAT
02h	2	Tensione Linea 1 L1-N	Voltage of line 1 L1-N	V	Unsigned long
04h	2	Tensione Linea 1 L2-N	Voltage of line 1 L2-N	V	Unsigned long
06h	2	Tensione Linea 1 L3-N	Voltage of line 1 L3-N	V	Unsigned long
08h	2	Tensione Linea 1 L1-L2	Voltage of line 1 L1-L2	V	Unsigned long
0Ah	2	Tensione Linea 1 L2-L3	Voltage of line 1 L2-L3	V	Unsigned long
0Ch	2	Tensione Linea 1 L3-L1	Voltage of line 1 L3-L1	V	Unsigned long
0Eh	2	Tensione Linea 2 L1-N	Voltage of line 2 L1-N	V	Unsigned long
10h	2	Tensione Linea 2 L2-N	Voltage of line 2 L2-N	V	Unsigned long
12h	2	Tensione Linea 2 L3-N	Voltage of line 2 L3-N	V	Unsigned long
14h	2	Tensione Linea 2 L1-L2	Voltage of line 2 L1-L2	V	Unsigned long
16h	2	Tensione Linea 2 L2-L3	Voltage of line 2 L2-L3	V	Unsigned long
18h	2	Tensione Linea 2 L3-L1	Voltage of line 2 L3-L1	V	Unsigned long
1Ah	2	Frequenza linea 1	Frequency of line 1	Hz/10	Unsigned long
1Ch	2	Frequenza linea 2	Frequency of line 2	Hz/10	Unsigned long
1Eh	2	Tensione batteria (alimentazione DC)	Battery voltage (DC power supply)	VDC / 10	Unsigned long
20h	2	Tempo di lavoro totale	Total operation time	s	Unsigned long
22h	2	Tempo totale linea 1 ok	Line 1 ok total time	s	Unsigned long
24h	2	Tempo totale linea 2 ok	Line 2 ok total time	s	Unsigned long
26h	2	Tempo totale linea 1 non ok	Line 1 not ok total time	s	Unsigned long
28h	2	Tempo totale linea 2 non ok	Line 2 not ok total time	s	Unsigned long
2Ah	2	Tempo totale interruttore linea 1 chiuso	Line 1 breaker closed total time	s	Unsigned long
2Ch	2	Tempo totale interruttore linea 2 chiuso	Line 2 breaker closed total time	s	Unsigned long
2Eh	2	Tempo totale interruttori aperti	Breaker opened total time	s	Unsigned long
30h	2	(non usato)	(not used)	--	Unsigned long
32h	2	Numero commutazioni interruttore 1 in AUT	Number of operations of line 1 breaker in AUT	nr	Unsigned long
34h	2	Numero commutazioni interruttore 2 in AUT	Number of operations of line 2 breaker in AUT	nr	Unsigned long
36h	2	Numero commutazioni interruttore 1 in MAN	Number of operations of line 1 breaker in MAN	nr	Unsigned long
38h	2	Numero commutazioni interruttore 2 in MAN	Number of operations of line 2 breaker in MAN	nr	Unsigned long
3Ah	2	Numero allarmi commutazione interruttore 1	Number of switching alarms of breaker 1	nr	Unsigned long
3Ch	2	Numero allarmi commutazione interruttore 2	Number of switching alarms of breaker 2	nr	Unsigned long
3Eh	2	(non usato)	(not used)	--	Unsigned long
40h	2	Allarmi	Alarms	bits	Unsigned long
50h	2	Tensione batteria minima	Minimum battery voltage	V	Unsigned long

Figura 21-5: Direcciones Modbus del controlador ATL 610

Realizado por: Cazco Luisa, 2020

INDIRIZZO ADDRESS	WORDS	MISURA	MEASURE	UNITA' UNIT	FORMATO FORMAT
02h	2	Cosfi attuale ①	Actual cos-phi ①		Unsigned long
04h	2	Tensione	Voltage	V	Unsigned long
06h	2	Corrente	Current	A / 1000	Unsigned long
08h	2	Delta-kvar ②	Delta-kvar ②	kvar	Signed long
0Ah	2	Fattore di potenza medio settimanale	Weekly average power factor	/100	Unsigned long
0Eh	2	Temperatura quadro ②	Panel temperature ②	°C	Signed long
10h	2	Stato uscite	Output status		Unsigned long
12h	2	Sfasamento	Phase angle offset	° / 4	Unsigned long
14h	2	Fattore di potenza attuale	Actual power factor	/5000	Signed long
16h	2	Stato bit di errore ③	Error bits status ③		Unsigned long
18h	2	MAX tensione	MAX voltage	V	Unsigned long
1Ah	2	MAX corrente	MAX current	A / 100	Unsigned long
1Ch	2	MAX sovraccarico condensatori	MAX capacitor overload	%	Unsigned long
1Eh	2	MAX temperatura ②	MAX temperature ②	°C	Unsigned long
32h	2	Potenza Attiva	Active power	W	Signed long
34h	2	Potenza Reattiva	Reactive power	VAr	Signed long
36h	2	Potenza Apparente	Apparent power	VA	Unsigned long
200h	2	Tempo di inserzione gradino 1	Time insertion step 1	min	Unsigned long

21Ah	2	Tempo di inserzione gradino 14	Time insertion step 14	min	Unsigned long
2005h	1	Corrente sovraccarico condensatori %	Capacitor current overload %	%	Unsigned integer
2020h	1	Numero inserzioni gradino 1	Number of insertion step 1		Unsigned integer
---	---	---	---	---	---
202Dh	1	Numero inserzioni gradino 14	Number of insertion step 14		Unsigned integer
2040h	1	Potenza residua step 1	Step 1 residual power	%	Unsigned integer
---	---	---	---	---	---
204Dh	1	Potenza residua step 14	Step 14 residual power	%	Unsigned integer
2008h	1	THDV	THDV	% /10	

Figura 22-5: Direcciones Modbus del controlador DCRL 8
Realizado por: Cazco Luisa, 2020

Con estas direcciones se llena el campo de direcciones del registro, se agrega además el código de la función puede ser de lectura y escritura, y de este modo se puede enviar los valores de tensiones y frecuencia del ATL y potencias junto con el factor de potencia del DCRL 8 al HMI.

Como se ha mencionado el protocolo Modbus entrega un solo valor por cada dirección requerida por ende para la aplicación se ha configurado el HMI para que solicite los valores necesarios por cada dirección programada en un tiempo definido por el usuario.

5.3.4. Aplicación HMI

Las aplicaciones HMI de los diferentes proyectos se deben realizar bajo la Normativa de implementación de aplicaciones HMI que exige ciertas características descritas en su totalidad en el Anexo 8. La aplicación consta de tres pantallas, en la primera pantalla “Datos del proceso” se encuentran el grupo de los *Indicadores*, los cuales son información recolectada de los tableros automáticos de corrección y transferencia, es decir los datos de salida y son: carga de galpones, red eléctrica en funcionamiento, existencia de un corte de energía, hora pico y el valor del factor de potencia actual y corregido. Mientras que, en el grupo de los *Controles*, datos que se ingresan están: la edad de las aves en los galpones G3 y G4 junto con el nivel de ventilación correspondiente; y el factor de potencia deseado.

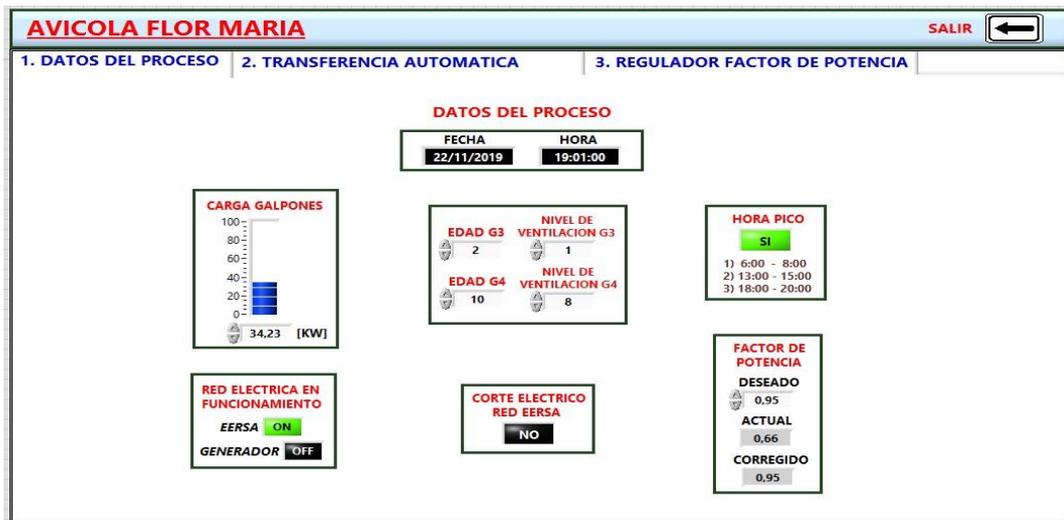


Figura 23-5: Pantalla Datos del Proceso de la Aplicación HMI
 Realizado por: Cazco Luisa, 2020

En la segunda pantalla “Transferencia Automática” se visualiza los datos enviados desde el tablero de transferencia, un indicador de que la alimentación proviene de la red o generador, el estado del generador ON/OFF, tensión línea a línea y frecuencia de la red y generador, el número de extractores en funcionamiento de cada galpón y la temperatura de los mismos.

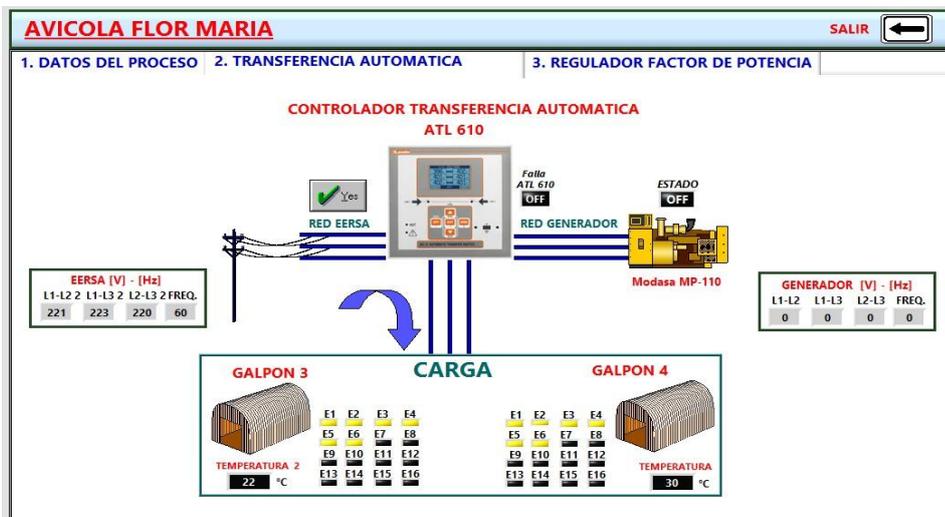


Figura 24-5: Segunda pantalla “Transferencia Automática” de la Aplicación HMI
 Realizado por: Cazco Luisa, 2020

En la tercera pantalla “Regulador Factor de Potencia” se muestran en cambio los datos enviados desde el tablero de corrección del factor de potencia, indica los capacitores o pasos activos para llegar al factor de potencia deseado, también se puede visualizar las gráficas del potencia activa, reactiva y aparente.

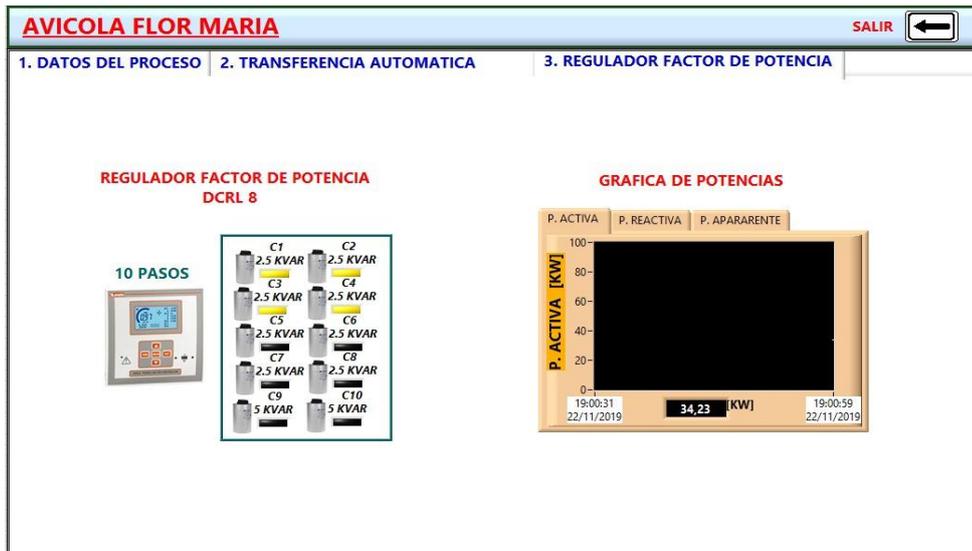


Figura 25-5: Tercera pantalla "Regulado factor de potencia" de la aplicación HMI
 Realizado por: Cazco Luisa, 2020

CONCLUSIONES

- El tablero de transferencia energética tiene un controlador Lovato ATL 610, con una velocidad de respuesta de ± 5 segundos lo que garantiza el suministro de permanente durante una posible falla.
- El método de compensación centralizado en diez pasos en un controlador Lovato DCRL8 ha permitido corregir el factor de potencia de 0.85 en 2017, 0.94 en 2018 y hasta octubre del 2019 se mantiene en 0.96
- La generación en horas pico a partir de 50kw desde las 12H00 a 14h00 a partir de 28 días y de 12h00 a 16h00 a partir de los 35 días de edad de las aves alojadas en las diferentes naves, con un ahorro en diésel del 80% en el 2019
- Mejorar el factor de Potencia se ve reflejado en una reducción de la potencia máxima consumida en la lectura de la EERSA, Potencia Activa reduce en 18,80%, Potencia Aparente en un 23,81%, Potencia Reactiva 53,21% y por ser directamente proporcional a la Corriente Consumida.
- La corrección de potencia establece un ahorro energético anual del 7.13 % y un ahorro económico anual del 20.26 %. Tanto el consumo energético como el económico se calcularon anualmente debido a que el consumo mensual depende de distintos factores como es el lote de producción de aves que es cada dos meses y de la estación climática verano o invierno.
- La pantalla HMI incorporada para visualizar de forma centralizada la información de los tableros de transferencia energética y corrección de potencia, permite un monitoreo de las potencias consumidas, generación en horas pico, logrando así mejorar la calidad energética y tiempo de vida de los equipos.
- La comunicación entre controladores se realiza por EXP1012 interfaz RS485 y al HMI por un puerto ethernet – moodbus RTU al HMI programado en LABVIEW.

RECOMENDACIONES

- La elaboración de una lista de carga consumidas con sus datos de placa, es indispensable para el diseño de tableros de transferencia y corrección de factor de potencia.
- Al diseñar un sistema de corrección de factor de potencia es necesario evaluar el tipo de carga que posee la planta y el intervalo de tiempo en que puede variar.
- Las pruebas y mantenimientos deben realizarse en etapa de limpieza cuando la planta está sin alojamiento de aves, ya que al forzar entradas y salidas pueden averiar equipos y alterar el correcto funcionamiento de los controladores de los galpones
- Tomar en cuenta el balanceo de cargas en las líneas de distribución, el dimensionamiento de los conductores eléctricos, selección y operación correcta de los equipos.
- Instalar el banco de condensadores lo más cercano posible de la carga a compensar, para obtener un menor consumo de corriente y bajar el calibre de los conductores utilizados.
- Calcular los dimensionamientos en unidades KVA esto propicia un ahorro real de energía, porque la compensación del factor de potencia estará correctamente calculada.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Regulación y Control de Electricidad-ARCONEL. (2016). *Pliego Tarifario para las Empresas Eléctricas*. Quito, Ecuador.

Amini, S., Amini, S., Kazemi, N., Y Marzban, A. (2015). Energy Optimization Of Traditional And Modern Farms Of Broiler Production Using Data Envelopment Analysis Approach Energy Optimization Of Traditional And Modern Farms Of Broiler Production Using Data Envelopment Analysis Approach. *Elixir Agriculture* ,81, 32005-32010. Recuperado De: [https://www.elixirpublishers.com/articles/1430128225_81%20\(2015\)%2032005-32010.pdf](https://www.elixirpublishers.com/articles/1430128225_81%20(2015)%2032005-32010.pdf)

Arcos, E., & Chicaiza, D. (2015). *Diseño y construcción de un tablero de control automático para la corrección del factor de potencia, empleando un módulo DCRA* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Avicultura. (2016). *Un Gran Futuro Para La Carne De Pollo Según La FAO*. Real Escuela De Avicultura MEDIA. Recuperado De: <https://avicultura.com/un-gran-futuro-para-la-carne-de-pollo-segun-la-fao/>

Barber, E., Classen, H., Y Thacker, P. (1989). Energy Use In The Production And Housing Of Poultry And Swine - An Overview. *Can' J. Anim. Sci.* 69,7-21.

Bozchalui, M. C., Y Cañizares, C. A. (2016). Optimal Energy Management Of Greenhouses In Smart Grids. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PROFESSIONAL ENGINEERING STUDIES*, 7,(2), 827–835. *DEEP SEA ELECTRONICS PLC DSE4510 / DSE4520 Operator Manual*. Recuperado de: <http://www.rieanpishroco.com/wp-content/uploads/2015/04/DSE-4510-dse4520-operator-manual.pdf>

Llumiquinga, F. (2012). *Diseño De Un Banco De Condensadores Para La Corrección Del Factor De Potencia De La Empresa Banchisfoof S.A.* (Tesis De Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. Recuperado De: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1888>

Lovato Electric, (2014). Manual de instrucciones, ATL 610 - ATL 600 Conmutador Automático de Red, Bérgamo, Italia. Recuperado de: http://www.lovatoelectric.com/HandlerDoc.ashx?s=I414EGB09_14.pdf&ic=112

Lovato Electric, (2014). Manual de instrucciones, DCRL8 Regulador Automático del factor de potencia, Bérgamo, Italia. Recuperado de: http://www.lovatoelectric.com/HandlerDoc.ashx?s=I417EGB12_14.pdf&ic=111

Mirzaee-Ghaleh, E., Omid, M., Keyhani, A., Y Dalvand, M. J. (2015). Comparison Of Fuzzy And On / Off Controllers For Winter Season Indoor Climate Management In A Model Poultry House. *Computers And Electronics In Agriculture*,110, 187-195.Doi:10.1016/J.Compag.2014.11.017

Modasa. (2015). *Grupo Electrógeno MP-110*.Lima, Perú. Recuperado de: http://modasa.com.pe/datasheets/views/grupo_electrogeno/verpdf.php?id=14

Poveda, M. (2007). Eficiencia Energética: Recurso No Aprovechado. *Latin American Energy Organization*, 25,1-19.

Ramírez, S. (2004). Redes De Distribución De Energía. *Universidad Nacional De Colombia*, 1-181. Recuperado De: Http://Www.Bdigital.Unal.Edu.Co/3393/1/958-9322-86-7_Parte1.Pdf

Ruiz, E. (2014). *Control mediante LABVIEW de un horno de Laboratorio*. (Tesis De Pregrado).Universidad Pública de Navarra, Navarra, España.

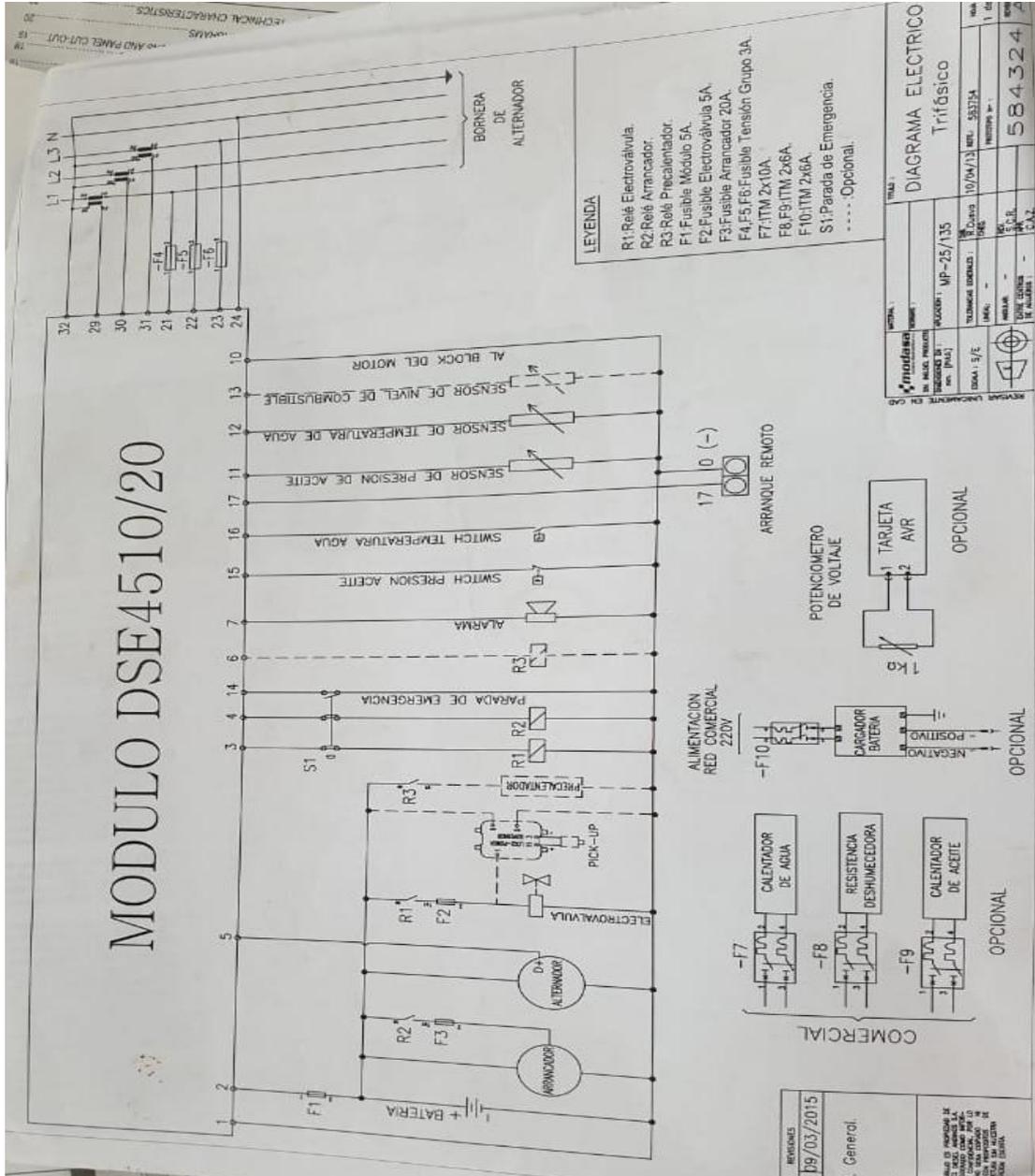
Sefeedpari, P., Rafiee, S., Akram, A., Chau, K., Y Pishgar-Komleh, S. H. (2016). Prophesying Egg Production Based On Energy Consumption Using Multi-Layered Adaptive Neural Fuzzy Inference System Approach. *Computers And Electronics In Agriculture*, 131, 10–19. DOI: 10.1016/J.Compag.2016.11.004

Secretaria Técnica De Planificación Del Ecuador. (2013). *Plan Nacional Buen Vivir*. Recuperado De: <Https://Www.Gobiernoelectronico.Gob.Ec/Wp-Content/Uploads/Downloads/2017/09/Plan-Nacional-Para-El-Buen-Vivir-2017-2021.Pdf>

Velásquez, R. (2016). *Análisis e implementación de un banco de condensadores para la mejora del factor de potencia en una industria de reciclaje de plásticos*.(tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral,Guayaquil, Ecuador. Recuperado de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/37234>

ANEXOS

Anexo A. Conexiones del Módulo DCE 4510 con el generador.



Anexo B. Manual del Módulo DCE 4510 ajustes de configuración.



DEEP SEA ELECTRONICS PLC Manual del Operador DSE4510 & DSE4520

Documento Numero: v01

Autor: Fady Atallah
Traducido: Bounous Hnos

1 DESCRIPCIÓN DE CONTROLES

NOTA: Las siguientes descripciones refieren a las secuencias de la configuración de fábrica. Siempre refiriéndose a la fuente de la configuración.

El control del módulo se realiza pulsando botones que están al frente del módulo.

Modo Stop/Reset (⏹) **Automático** (⏺) y **Modo manual de arranque** (⏻) Para un funcionamiento normal, son los únicos controles necesarios para operar. Más adelante en este manual, se proveen detalles sobre el funcionamiento de cada uno.



PRECAUCIÓN: El módulo puede arrancar el motor debido a influencias externas, por lo tanto es posible que se inicie en cualquier momento. Antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento en el sistema, remover la batería y conexiones aisladas.

Link: <https://www.bounous.com.ar/wp-content/uploads/2018/12/Manual-de-usuario-DSE4510-4520.pdf>

Anexo C. Plano de las conexiones eléctrica del tablero automático de corrección del factor de potencia.

<p style="text-align: right;">PSE_001</p>													
<p>LUISA CAZCO</p>													
<p>Tel. 032969363</p>													
<p>Empresa/cliente Descripción de proyecto Número de diseño Comisión</p>	<p>AVICOLA FLOR MARIA BANCO DE CONDENSADORES 30KVAR 020 L. CAZCO</p>												
<p>Fabricante (empresa)</p>													
<p>Ruta Nombre de proyecto Producto Tipo Lugar de instalación Responsable del proyecto Particularidad de pieza</p>	<p>BANCO DE CONDENSADORES 30KVAR AT78 +ET1</p>												
<p>Creado Modificado</p>	<p>01/09/2017 01/09/2017 de (abreviatura) Usuario</p>												
	<p>Número de páginas 4</p>												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Código</td> <td style="width: 15%;">Fecha</td> <td style="width: 15%;">Nombre</td> <td style="width: 15%;">Apellido</td> <td style="width: 15%;">Cargo</td> <td style="width: 15%;">Firma</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Código	Fecha	Nombre	Apellido	Cargo	Firma						
Código	Fecha	Nombre	Apellido	Cargo	Firma								

Anexo D. Modelo de Panilla de Servicio Eléctrico 2017 , 2018 Febrero 2017



EMPRESA ELÉCTRICA RIOBAMBA S.A.
 R.L.C. 060600512001 CONTRIBUYENTE ESPECIAL No. 04519 del 21/09/06
 MATRIZ: Juan Lanza 22-46 y Frayces Condibayashi Telf: 296233 / 2962940
 FACT: 001-041-900016417 AUT: 060228170120010410000164170690000126 FECHA AUT: 2017-02-08 TIR: 2318-05-00
 F. Emisión: 20170208 M. Consumo: Enero / 2017 Fecha Pago: 20170220

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

Nombre: CALCO CEFEIDA GUSTAVO ANTONIO
 Cédula Único Nacional: 192060127
 Dr. Servicio: GUAMANAPATA
 Provincia: CHIMBORAZO
 Domicilio: 20170120
 Medidor: ZTE-270697

CEREC: 060120045
 Tipo de Demanda: COMERCIAL CON DEMANDA
 Tipo Lectura: LECTURA
 Caudal: ALAUSI
 Hora: 20170120

Factor de Penalización: 0,00

I. FACTURACIÓN DE SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unidades
Energía Medida	10125	14822	1303	kWh
Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unidades
Energía Activa	10125	14822	1303	kWh
Demanda			4	kW
Máximo			4	kW

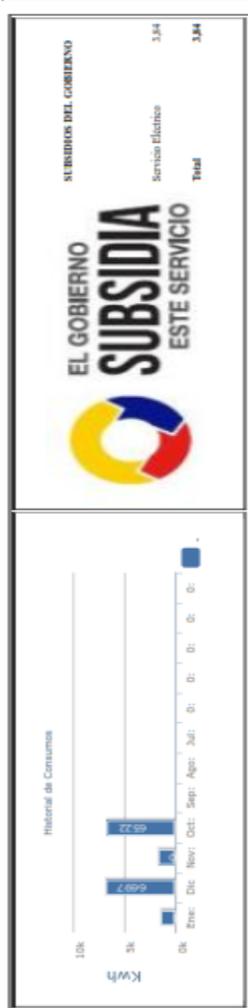
Venta de Energía	120,00
Demanda	67,06
Comercialización	1,41
Subsidio Servicio Eléctrico	203,47
Subsidio Alumbrado Público	31,74
Base IVA 12%	0,00
Base IVA 0%	235,21
IVA 12%	0,00
IVA 0%	0,00
Total Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	235,21

NOTIFICACIÓN DE PAGO DEL TRIBUTO PARA EL CUERPO DE BOMBEROS DEL CANTÓN ALAUSI

RUC: 060600510001
 Número: CALCO CEFEIDA GUSTAVO ANTONIO
 Sucursal: 060120045
 Cédula RUC: 060120045

Dirección servicio: GUAMANAPATA (ALAUSI)
 Fecha de emisión: 20170208
 Tributo Bomberos: 5,63

TOTAL TRIBUTO CUERPO DE BOMBEROS (4)
5,63



RESUMEN DE VALORES A PAGAR

TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A)	235,21
TOTAL TRIBUTO CUERPO DE BOMBEROS (4)	5,63
TOTAL A PAGAR	240,84

2. VALORES PENDIENTES

Planilla Anterior	0,00
Pagos Acreditados	0,00
Total Valores Pendientes (2)	0,00

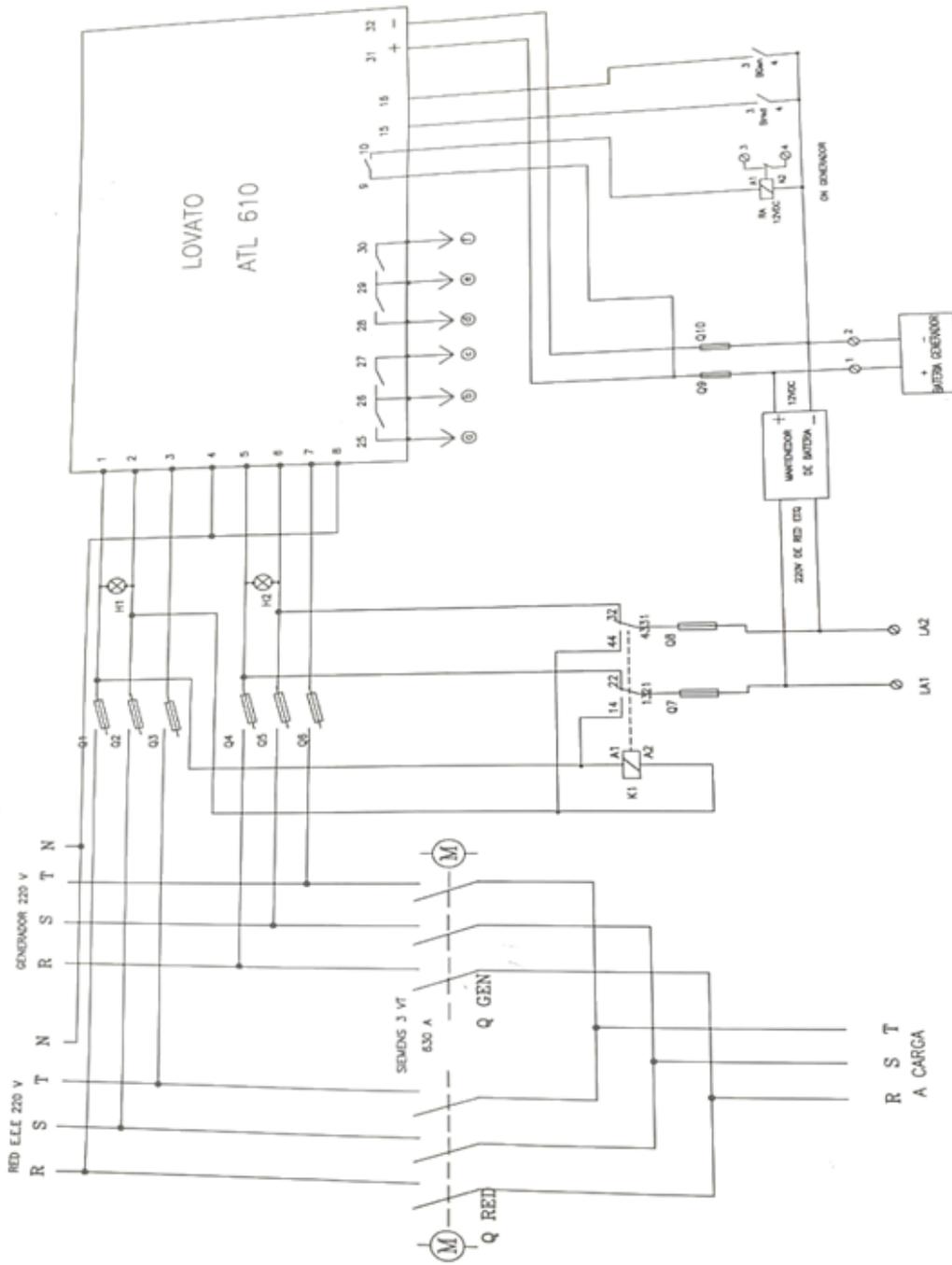
3. RECAUDACIÓN TERCEROS PLANES DE FINANCIAMIENTO

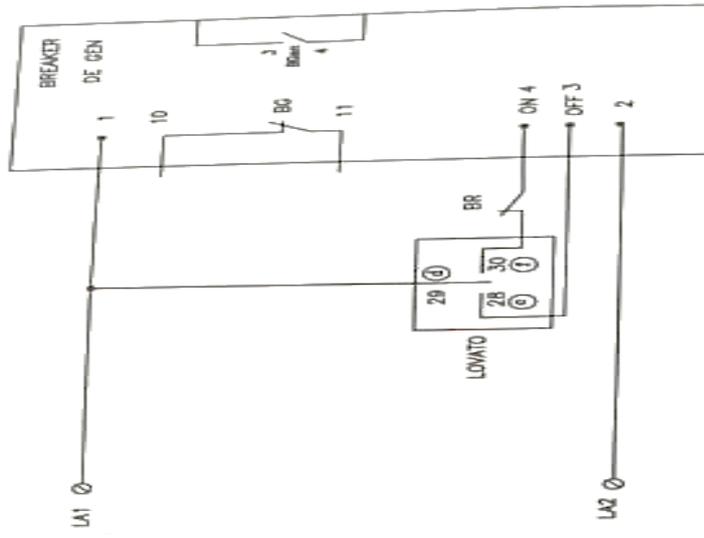
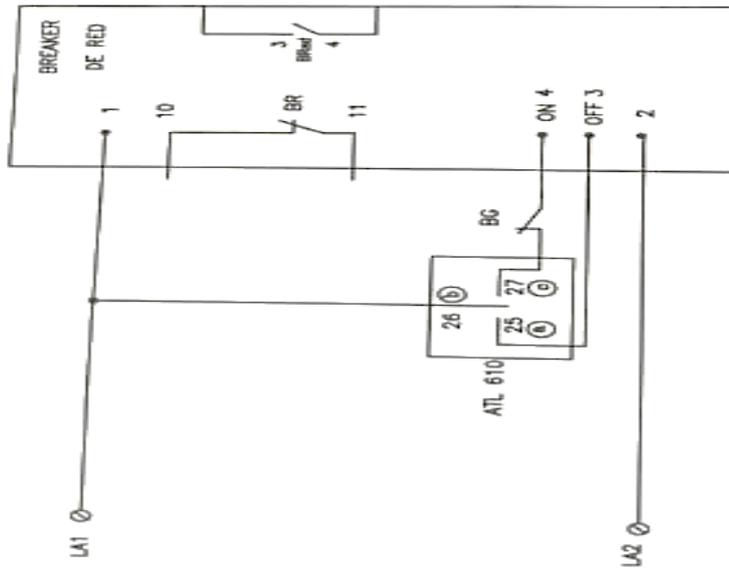
Estos valores se forman parte de los ingresos de la Empresa Eléctrica

TOTAL A PAGAR	235,21
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público	235,21
Valores Pendientes	0,00
Recaudación Terceros	0,00
Total (1) + (2) + (3)	235,21

Total Mercancías Terceros (3)
 0,00

Anexo E. Plano de las conexiones eléctricas del tablero automático de transferencia energética.





Anexo F. Manual del dispositivo ATL 610, ajustes de configuración



LOVATO ELECTRIC S.P.A.
 24020 GORLE (BERGAMO) ITALIA
 VIA DON E. MAZZA, 12
 TEL. 035 4282111
 TELEFAX (Nazionale): 035 4282200
 TELEFAX (International): +39 035 4282400
 Web: www.LovatoElectric.com
 E-mail: info@LovatoElectric.com

ATL600 - ATL610 E

CONMUTADOR AUTOMÁTICO DE RED

ATL600 - ATL610 GB

AUTOMATIC TRANSFER SWITCH CONTROLLER

MANUAL DE INSTRUCCIONES **INSTRUCTIONS MANUAL**

ADVERTENCIA

- Leer atentamente el manual antes de instalar y utilizar el dispositivo.
- Este dispositivo debe ser instalado por personal cualificado conforme a la normativa de instalación vigente a fin de evitar daños personales o materiales.
- Antes de realizar cualquier operación en el dispositivo, desconectar la corriente de las entradas de alimentación y medida.
- El fabricante no se responsabilizará de la seguridad eléctrica en caso de que el dispositivo no se utilice de forma adecuada.
- Los productos descritos en este documento se pueden actualizar o modificar en cualquier momento. Por consiguiente, las descripciones y los datos técnicos aquí contenidos no tienen valor contractual.
- La instalación eléctrica del edificio debe disponer de un interruptor o disyuntor. Este debe encontrarse cerca del dispositivo, en un lugar al que el usuario pueda acceder con facilidad. Además, debe estar identificado como tal (IEC/ EN 61010-1 § 6.12.2.1).
- Limpiar el dispositivo con un trapo suave; no utilizar productos abrasivos, detergentes líquidos o disolventes.

WARNING!

- Carefully read the manual before the installation or use.
- This equipment is to be installed by qualified personnel, complying to current standards, to avoid damages or safety hazards.
- Before any maintenance operation on the device, remove all the voltages from measuring and supply inputs.
- Products illustrated herein are subject to alteration and changes without prior notice.
- Technical data and descriptions in the documentation are accurate, to the best of our knowledge, but no liabilities for errors, omissions or contingencies arising there from are accepted.
- A circuit breaker must be included in the electrical installation of the building. It must be installed close by the equipment and within easy reach of the operator. It must be marked as the disconnecting device of the equipment: IEC/ EN 61010-1 § 6.12.2.1.
- Clean the instrument with a soft dry cloth; do not use abrasives, liquid detergents or solvents.

Índice	Página
Introducción	2
Descripción	2
Funciones de las teclas frontales	3
LED frontales	3
Modos de funcionamiento	3
Puesta en tensión	4
Menú principal	4
Acceso con contraseña	5
Tabla de páginas de la pantalla	5
Capacidad de expansión	7
Recursos adicionales	8
Canales de comunicación	8
Entradas, salidas, variables internas y contadores	8
Umbral límite (LIMx)	9
Variables de control remoto (REMx)	9

Index	Page
Introduction	2
Description	2
Front buttons functions	3
Front LED	3
Operating modes	3
Power-up	4
Main menu	4
Password access	5
Table of display pages	5
Expandability	7
Additional resources	8
Communication channels	8
Inputs, outputs, internal variables, counters	8
Limit thresholds (LIMx)	9
Remote-controlled variables (REMx)	9

Link: http://www.lovatoelectric.com/HandlerDoc.ashx?s=I414EGB09_14.pdf&ic=112

Anexo G. Manual del dispositivo de control DCRL 8, ajustes de parámetros



LOVATO ELECTRIC S.P.A.
 24020 GORLE (BERGAMO) ITALIA
 VIA DON E. MAZZA, 12
 TEL. 035 4282111
 TELEFAX (Nazionale): 035 4282200
 TELEFAX (Internazionale): +39 035 4282400
 Web www.LovatoElectric.com
 E-mail info@LovatoElectric.com


DCRL8
Regulador automático del factor de potencia


DCRL8
Automatic Power Factor Controller



MANUAL DE INSTRUCCIONES INSTRUCTIONS MANUAL

ADVERTENCIA

- Leer atentamente el manual antes de instalar y utilizar el dispositivo.
- Este dispositivo debe ser instalado por personal cualificado conforme a la normativa de instalación vigente a fin de evitar daños personales o materiales.
- Antes de realizar cualquier operación en el dispositivo, desconectar la corriente de las entradas de alimentación y medida y cortocircuitar los transformadores de corriente.
- El fabricante no se responsabilizará de la seguridad eléctrica en caso de que el dispositivo no se utilice de forma adecuada.
- Los productos descritos en este documento se pueden actualizar o modificar en cualquier momento. Por consiguiente, las descripciones y los datos técnicos aquí contenidos no tienen valor contractual.
- La instalación eléctrica del edificio debe disponer de un interruptor o disyuntor. Este debe encontrarse cerca del dispositivo, en un lugar al que el usuario pueda acceder con facilidad. Además, debe estar identificado como tal (IEC/EN 61010-1 § 6.11.2.1).
- Limpiar el dispositivo con un trapo suave; no utilizar productos abrasivos, detergentes líquidos o disolventes.

Índice	Página
Introducción	1
Descripción	1
Funciones de las teclas frontales	2
Indicaciones en pantalla	2
Modos de funcionamiento	2
Medidas	3
Bloqueo del teclado	4
Capacidad de expansión	5
Puerto de programación IR	5
Configuración de parámetros mediante un ordenador, una tableta	6

WARNING!

- Carefully read the manual before the installation or use.
- This equipment is to be installed by qualified personnel, complying to current standards, to avoid damages or safety hazards.
- Before any maintenance operation on the device, remove all the voltages from measuring and supply inputs and short-circuit the CT input terminals.
- Products illustrated herein are subject to alteration and changes without prior notice.
- Technical data and descriptions in the documentation are accurate, to the best of our knowledge, but no liabilities for errors, omissions or contingencies arising there from are accepted.
- A circuit breaker must be included in the electrical installation of the building. It must be installed close by the equipment and within easy reach of the operator. It must be marked as the disconnecting device of the equipment. IEC /EN 61010-1 § 6.11.2.1.
- Clean the instrument with a soft dry cloth; do not use abrasives, liquid detergents or solvents.

Index	Page
Introduction	1
Description	1
Keyboard functions	2
Display indications	2
Operating modes	2
Measures	3
Keypad lock	4
Expandability	5
IR programming port	5
Parameter setting with PC, tablet or smartphone	6

Link: http://www.lovatoelectric.com/HandlerDoc.ashx?s=I417EGB12_14.pdf&ic=111