



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

“REDISEÑO Y MANTENIMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE ACEITE DE PALMA PARA REDUCIR TIEMPOS DE PRODUCCIÓN DE BALANCEADOS DEL GRUPO AVÍCOLA SAN VICENTE”

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES

ÁNGEL ISRAEL CARGUA LÓPEZ

CRISTHIAN SEBASTIÁN MENDOZA CHUGÑAY

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

“REDISEÑO Y MANTENIMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE ACEITE DE PALMA PARA REDUCIR TIEMPOS DE PRODUCCIÓN DE BALANCEADOS DEL GRUPO AVÍCOLA SAN VICENTE”

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**AUTORES: ÁNGEL ISRAEL CARGUA LÓPEZ
CRISTHIAN SEBASTIÁN MENDOZA CHUGÑAY**

DIRECTOR: Ing. PLABLO ERNESTO MONTALVO JARAMILLO

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Ángel Israel Cargua López & Cristhian Sebastián Mendoza Chugñay

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

Nosotros, ÁNGEL ISRAEL CARGUA LÓPEZ & CRISTHIAN SEBASTIÁN MENDOZA CHUGÑAY, declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras Fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 30 de julio de 2021



Ángel Israel Cargua López
C.C. 060506253-8



Cristhian Sebastián Mendoza Chugñay
C.C. 060510417-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECANICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular; tipo: Proyecto Técnico; “**REDISEÑO Y MANTENIMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE ACEITE DE PALMA PARA REDUCIR TIEMPOS DE PRODUCCIÓN DE BALANCEADOS DEL GRUPO AVÍCOLA SAN VICENTE**”, realizado por los señores: **ÁNGEL ISRAEL CARGUA LÓPEZ** y **CRISTHIAN SEBASTIÁN MENDOZA CHUGÑAY**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Antonio Granizo PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021-07-30
Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2021-07-30
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2021-07-30

DEDICATORIA

Dedico en primer lugar a Dios que me ha permitido concluir con éxito el proceso de formación universitaria, a mis padres Ángel Cargua y Cristina López, que con gran esfuerzo y sacrificio me han provisto de recursos económicos y apoyo en todo aspecto, necesarios para poder cumplir un sueño muy deseado, el de poder alcanzar un título universitario en la prestigiosa Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Ángel Israel Cargua López

El presente trabajo está dedicado a Dios el cual nos da la vida y las fuerzas todos los días, a mis padres Salvador Mendoza y Magdalena Chugñay, que siempre se han esforzado por proveer de lo necesario para cursar con éxito una carrera universitaria y así cumplir el anhelo de verme titulado por parte de una prestigiosa universidad como lo es la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Cristhian Sebastián Mendoza Chugñay

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser bueno y darme salud y vida, a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional motivándome a esforzarme por alcanzar mis sueños.

A la prestigiosa Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a mi querida escuela de Mantenimiento Industrial, y a los docentes, compañeros y amigos por brindarme su conocimiento y compañía en este largo proceso de formación profesional

Ángel Israel Cargua López

Agradezco a Dios por estar presente en mi vida y traer a personas que me han brindado su ayuda y apoyo a lo largo de este camino para alcanzar esta meta.

A la insigne Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a mi querida escuela de Mantenimiento Industrial, a los grandiosos profesores y a mis compañeros y amigos los cuales nos dieron lecciones de vida y compartieron su tiempo y vasto conocimiento durante todo este proceso de formación académico.

Cristhian Sebastián Mendoza Chugñay

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DÍAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Justificación y actualidad.....	2
1.2. Problema	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.4. Consideraciones técnicas y tecnológicas	4
1.5. Resultados a alcanzar.....	5

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
2.1. Producción automática de balanceados	6
2.1.1. <i>Recepción de materia prima</i>	6
2.1.2. <i>Almacenamiento</i>	6
2.1.3. <i>Molienda</i>	7
2.1.4. <i>Pesaje</i>	7
2.1.4.1. <i>Pesaje de micro dosificación</i>	7
2.1.4.2. <i>Pesaje de macro dosificación</i>	8
2.1.4.3. <i>Pesaje de líquidos</i>	8
2.1.5. <i>Mezclado</i>	8
2.1.5.1. <i>Mezcladora horizontal</i>	8
2.1.5.2. <i>Tiempos perdidos en el proceso de mezclado</i>	8

2.1.6.	<i>Envasado</i>	9
2.2.	Nutrientes en la producción de alimento para aves	9
2.1.1.	<i>Aceite de palma</i>	10
2.1.2.	<i>Metionina</i>	10
2.1.3.	<i>Treonina</i>	10
2.1.4.	<i>Glicina</i>	10
2.3.	Dosificación de nutrientes para balanceado de aves	10
2.3.1.	<i>Método dosis respuesta</i>	11
2.3.2.	<i>Método factorial</i>	11
2.4.	Metodología para la determinación del estado actual del tablero de control y sistema de dosificación de aceite de palma	11
2.5.	Elementos eléctricos y controladores programables	13
2.5.1.	<i>Tablero de control</i>	13
2.5.1.1.	Lugar de instalación	13
2.5.1.2.	Iluminación y espacio de los tableros	14
2.5.1.3.	Grado de protección IP	14
2.5.1.4.	Normativa aplicable a tableros de control	15
2.5.1.5.	Norma IEC-61439 utilizada para la construcción de tableros de control	16
2.5.2.	<i>Controlador lógico programable (PLC)</i>	18
2.5.3.	<i>Disyuntor</i>	19
2.5.3.1.	<i>Disyuntor termomagnético bipolar tipo EBS6BN</i>	19
2.5.4.	<i>Breaker de caja moldeada</i>	19
2.5.5.	<i>Conductores eléctricos</i>	20
1.5.5.1.	<i>Código de colores</i>	20
2.6.	Automatización del sistema de dosificación de aceite de palma	20
2.6.1.	<i>Beneficios de la automatización</i>	21
2.7.	Sistemas de bombeo para fluidos viscosos	21
2.7.1.	<i>Selección de bombas</i>	21
2.7.2.	<i>Bombas para fluidos viscosos</i>	22
2.7.2.1.	<i>Unidades usuales de viscosidad</i>	22
2.7.3.	<i>Bombas de desplazamiento positivo</i>	23
2.7.4.	<i>Bombas de engranajes</i>	23
2.7.4.1.	<i>Bombas de engranajes externos</i>	23
2.7.4.2.	<i>Bombas de engranajes internos</i>	23
2.8.	Termografía en la industria	24
2.8.1.	<i>Termografía en los tableros de control</i>	24

2.8.2.	<i>Análisis de la termografía</i>	24
2.8.3.	<i>Delta “T”</i>	24
2.9.	Proceso de elaboración de un manual de mantenimiento	25

CAPÍTULO III

3.	DETERMINACIÓN DEL ESTADO TÉCNICO ACTUAL DEL TABLERO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE ACEITE DE PALMA	26
3.1.	Análisis del estado actual del tablero de control	27
3.1.1.	<i>Levantamiento de datos técnicos de máquinas y elementos constitutivos del tablero de control</i>	32
3.1.1.1.	<i>Fichas técnicas de la maquinaria del área de producción</i>	33
3.1.1.2.	<i>Inventariado de elementos que conforman el tablero de control</i>	36
3.1.1.3.	<i>Diagrama de conexión del tablero de control en la actualidad</i>	38
3.1.2.	Consideraciones técnicas para la construcción de tableros eléctricos bajo la norma IEC 61439	39
3.1.2.1.	<i>Grado de protección IP</i>	42
3.1.2.2.	<i>Distancia de aislamiento</i>	43
3.1.2.3.	<i>Protección contra descargas eléctricas e integridad de circuitos de protección</i>	47
3.1.2.4.	<i>Instalación de dispositivos y componentes de maniobra</i>	49
3.1.2.5.	<i>Circuitos internos y conexiones</i>	49
3.1.2.6.	<i>Terminales para conductores externos</i>	50
3.1.2.7.	<i>Propiedades dieléctricas</i>	50
3.1.2.8.	<i>Funcionamiento mecánico</i>	50
3.1.2.9.	<i>Cableado y rendimiento en servicio</i>	51
3.1.3.	Cálculo de la demanda eléctrica actual de los equipos instalados para su rediseño 51	
3.1.4.	Elementos de protección requeridos	52
3.1.5.	Conductores AWG	53
3.1.6.	Rediseño del tablero de control considerando la demanda de cargas actuales	58
3.1.7.	Procedimientos para la conexión del nuevo tablero de control	62
3.1.7.1.	<i>Identificación de riesgos</i>	62
3.1.7.2.	<i>Personal necesario</i>	63
3.1.7.3.	<i>Protecciones</i>	63
3.1.7.4.	<i>Herramientas y accesorios</i>	63
3.1.7.5.	<i>Procedimiento de ejecución</i>	63

3.1.8.	<i>Mantenimiento del tablero de control del Grupo Avícola San Vicente</i>	66
3.2.	Sistema de dosificación de aceite de palma	67
3.2.1.	<i>Tiempo de trabajo de la maquinaria para la elaboración de balanceados</i>	68
3.2.1.1.	<i>Medición de tiempos de trabajo de cada máquina</i>	69
3.2.1.2.	<i>Control de dosificación de aceite de palma</i>	71
3.2.1.3.	<i>Sustentos de la automatización del sistema de dosificación de aceite de palma</i>	72
3.2.2.	Cálculos del sistema de bombeo de aceite de palma	73
3.2.3.	Diseño del sistema de dosificación de aceite de palma	79
3.2.4.	Construcción, instalación y automatización del sistema de dosificación de aceite de palma	81
3.2.4.1.	<i>Construcción del sistema de dosificación de aceite de palma</i>	81
3.2.4.2.	<i>Instalación del sistema de dosificación de aceite de palma</i>	83
3.2.4.3.	<i>Automatización y control del proceso de dosificación de aceite de palma</i>	84
3.2.5.	Puesta a punto del sistema de dosificación de aceite de palma	86
3.2.5.1.	<i>Reducción de tiempos en la producción de balanceados</i>	86
3.3.	Redacción de un informe de acuerdo con los datos obtenidos de las termo gramas realizados al tablero de control	87
3.4.	Manual de operación	95
3.4.1.	<i>Sistema de dosificación de aceite de palma</i>	95
3.5.	Manual de mantenimiento	97
3.5.1.	<i>Sistema de dosificación de aceite de palma</i>	97

CAPÍTULO IV

4.	GESTIÓN DEL PROYECTO	100
4.1.	Recursos humanos	100
4.2.	Cronograma	100
4.3.	Presupuesto	103

CONCLUSIONES.....105

RECOMENDACIONES.....106

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Modelo de ponderación.....	12
Tabla 2-2:	Criterios de evaluación	13
Tabla 3-2:	Elementos y significado del código IP	15
Tabla 4-2:	Abreviaturas que utiliza la norma IEC 61439	17
Tabla 5-2:	Apartados de la norma aplicable a tablero eléctricos	17
Tabla 6-2:	Código de colores	20
Tabla 1-3:	Ficha técnica del tablero de control.....	28
Tabla 2-3:	Evaluación del estado crítico actual del tablero de control	28
Tabla 3-3:	Ponderación de estado crítico del tablero de control	30
Tabla 4-3:	Evaluación del estado técnico actual.....	31
Tabla 5-3:	Ponderación de estado técnico del tablero de control.....	32
Tabla 6-3:	Equipos eléctricos de la planta procesadora de balanceados	32
Tabla 7-3:	Ficha técnica del elevador de cangilones	34
Tabla 8-3:	Ficha técnica de la mezcladora	35
Tabla 9-3:	Inventario de elementos constituye del tablero de control actual	36
Tabla 10-3:	Pruebas requeridas por la normativa	41
Tabla 11-3:	Responsables de las pruebas requeridas por la norma.....	42
Tabla 12-3:	Selección del grado de protección IP	42
Tabla 13-3:	Selección de la tensión de impulso.....	43
Tabla 14-3:	Distancia de aislamiento superficiales mínimas	44
Tabla 15-3:	Selección de la distancia mínima del aire	46
Tabla 16-3:	Tipos de protección contra descargas eléctricas.....	47
Tabla 17-3:	Selección de la sección transversal para PEN	48
Tabla 18-3:	Potencia de consumo de los equipos de la planta Grupo Avícola San Vicente	52
Tabla 19-3:	Selección de breaker de acuerdo con el amperaje nominal.....	52
Tabla 20-3:	Dimensionamiento del breaker principal.....	53
Tabla 21-3:	Tabla de amperaje para selección de calibre de conductor.....	54
Tabla 22-3:	Selección de conductores y protecciones para el tablero de control	55
Tabla 23-3:	Caída de tensión presente en los equipos de consumo eléctrico	56
Tabla 24-3:	Disyuntores termomagnéticos automática K60 Schneider tipo C.....	57
Tabla 25-3:	Catálogo de selección de guardamotores según la potencia del motor	57
Tabla 26-3:	Selección de guardamotores.....	58
Tabla 27-3:	Dimensiones del tablero y elementos de soporte.....	61

Tabla 28-3: Simbología de abreviaturas utilizadas	64
Tabla 29-3: Procedimiento de conexión de entradas y salidas de los elementos	65
Tabla 30-3: Matriz de tareas de mantenimiento	67
Tabla 31-3: Tiempos de los subprocesos agrupados para la primera tonelada	70
Tabla 32-3: Distribución del trabajo en la producción de balanceados	70
Tabla 33-3: Resultados de los análisis de temperatura	71
Tabla 34-3: Actividades que se pueden automatizar	73
Tabla 35-3: Propiedades físicas del aceite de palma	74
Tabla 36-3: Consideraciones en la automatización del sistema de dosificación de aceite de palma	79
Tabla 37-3: Selección de elementos para el sistema de dosificación de aceite de palma.....	80
Tabla 38-3: Construcción de la base para el recipiente de calentamiento y sistema de bombeo	81
Tabla 39-3: Construcción del tramo de tubería de dosificación	82
Tabla 40-3: Proceso de instalación del sistema de dosificación de aceite de palma	83
Tabla 41-3: Listado de elementos usados para la automatización del sistema de dosificación de aceite de palma	84
Tabla 42-3: Pruebas de funcionamiento	86
Tabla 43-3: Cuadro comparativo del sistema de dosificación de aceite de palma	87
Tabla 44-3: Información general previa a realizar la termografía	87
Tabla 45-3: Información general del equipo	88
Tabla 46-3: Cuantificación por grados de temperatura.....	88
Tabla 47-3: Análisis de elementos defectuosos.....	89
Tabla 48-3: Información del termogramas	89
Tabla 49-3: Información del termogramas	90
Tabla 50-3: Información del termogramas	91
Tabla 51-3: Información del termogramas	92
Tabla 52-3: Información del termogramas	93
Tabla 53-3: Información del termogramas	94
Tabla 54-3: Matriz de operación del sistema.....	95
Tabla 55-3: Operación del sistema de automatización de la dosificación de aceite de palma ...	97
Tabla 56-3: Guía para el mantenimiento	98
Tabla 1-4: Cronograma de actividades de elaboración de proyecto de integración curricular	101
Tabla 2-4: Presupuesto del proyecto de integración curricular.....	103
Tabla 3-4: Costos de material de construcción.....	103
Tabla 4-4: Costos de tuberías y accesorios.....	104
Tabla 5-4: Costos de material eléctrico	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Disposición del código IP.....	14
Figura 2-2:	Criterios de fallos	25
Figura 1-3:	Flujograma de procesos de preparación de alimentos balanceados	26
Figura 2-3:	Etapas del proceso de producción de balanceado	33
Figura 3-3:	Diagrama de control actual de conexión del tablero de control	38
Figura 4-3:	Diagrama de potencia actual de conexión del tablero de control.....	39
Figura 5-3:	Responsabilidades de acuerdo con el tipo de fabricante	40
Figura 6-3:	Distancias de aislamiento superficial.....	44
Figura 7-3:	Distancias mínima del aire	46
Figura 8-3:	Diagrama de conexión del tablero de control	59
Figura 9-3:	Modelación de la cubierta frontal del tablero	60
Figura 10-3:	Modelación de la cubierta lateral del tablero	60
Figura 11-3:	Modelación de la cubierta frontal interna del tablero.....	61
Figura 12-3:	Dimensiones internas del tablero de control.	62
Figura 13-3:	Sistema de dosificación por gravedad	68
Figura 14-3:	Diagrama de procesos de producción de balanceado.....	68
Figura 15-3:	Diagrama de tiempos de producción de balanceado	69
Figura 16-3:	Proceso de adición de aceite de palma.....	71
Figura 17-3:	Reporte de análisis de ensayo	72
Figura 18-3:	Acotación del sistema de dosificación de aceite de palma.....	74
Figura 19-3:	Ilustración de la nueva ubicación del sistema de dosificación de aceite de palma	80
Figura 20-3:	Sistema de tuberías y accesorios para la dosificación de aceite de palma.....	81
Figura 21-3:	Diagrama de control para la automatización del sistema de dosificación de aceite de palma	85
Figura 22-3:	Diagramas de potencia para la automatización del sistema de dosificación de aceite de palma	85
Figura 23-3:	Cámara SATIR.....	88
Figura 24-3:	Termogramas del distribuidor de cargas.....	89
Figura 25-3:	Termogramas del disyuntor termogénico bipolar 2 y 3	90
Figura 26-3:	Termogramas del PLC.....	91
Figura 27-3:	Termogramas del contactor metasol.....	92
Figura 28-3:	Termogramas del relé de sobrecarga térmica	93
Figura 29-3:	Termogramas del guarda motor 4.....	94

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS/SISTEMAS

ANEXO B: FICHAS TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA

ANEXO C: FÓRMULAS PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE BALANCEADO

ANEXO D: CATÁLOGO DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS

ANEXO E: CARACTERÍSTICAS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

RESUMEN

El Grupo Avícola San Vicente se dedica a la crianza de aves de postura y de producción para el consumo humano, cuenta con su propia planta de preparación de alimentos balanceados. En la cual se desarrolló el análisis técnico del tablero de control e implementación de un sistema de bombeo de aceite de palma. Se realizó la propuesta del rediseño y mantenimiento del tablero de control basándonos en la norma IEC 61439. Además, se buscó la mejor alternativa para automatizar el sistema de dosificación de aceite de palma. Mediante la revisión de la normativa se determinaron los criterios de construcción, diseño y verificación de parámetros eléctricos. Al determinar el estado técnico del tablero de control se observó un mal dimensionamiento y conexión, además que no existe un espaciado de los elementos internos generando un sobrecalentamiento en el mismo. Por lo tanto, se hizo el dimensionamiento y selección de los nuevos equipos de protección y maniobra que abastecerán los valores de tensión, intensidad y potencia de la maquinaria. Por otro lado, se realizaron cálculos y selección de la bomba, tuberías y accesorios que abastecieron un caudal de 8 GPM y presión de 548 Psi al sistema de dosificación. Mediante pruebas efectuadas se evidencio la reducción de un minuto en el tiempo de adición de aceite al mezclador y transporte hasta el recipiente que eleva la temperatura del fluido a 70°C. Además, se recomendó la aplicación del rediseño para la futura construcción del tablero de control, así como también la capacitación periódica al personal de producción para la correcta operación y mantenimiento del sistema automático de dosificación de aceite de palma.

Palabras clave:

<TABLERO DE CONTROL>, <PRODUCCIÓN DE BALANCEADOS>, <DIMENSIONAMIENTO>, <AUTOMATIZACIÓN>, <ACEITE DE PALMA>, <PARÁMETROS ELÉCTRICOS>, <SISTEMA DE DOSIFICACIÓN>.

SUMMARY

In this research, the technical analysis of the control panel and implementation of a palm oil pumping system for the San Vicente Poultry Group was developed. A proposal was made for the redesign and maintenance of the control panel based on the IEC 61439 standard. In addition, the best alternative to automate the palm oil dosing system was sought, by reviewing the standards and determining the criteria for construction, design and verification of electrical parameters.

Upon determining the technical condition of the control panel, a bad sizing and connection was observed, as well as the lack of spacing of the internal elements, which generated overheating. Therefore, the sizing and selection of the new protection and maneuvering equipment that will supply the voltage, current and power values of the machinery was made. On the other hand, calculations and selection of the pump, piping and accessories that supplied a flow of 8 GPM and pressure of 548 Psi to the dosing system were made. Tests carried out showed a reduction of one minute in the time it takes to add oil to the mixer and transport it to the container that raises the temperature of the fluid to 70° C. Therefore, the application of the redesign for the future construction of the control panel is recommended, as well as the periodic training of production personnel for the correct operation and maintenance of the automatic palm oil dosing system.

Keywords: <CONTROL PANEL> <DOSING SYSTEM> <BALANCE PRODUCTION>
<AUTOMATION> <PALM OIL> <ELECTRICAL PARAMETERS>.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de titulación tiene como finalidad el realizar un rediseño y mantenimiento del tablero de control, al igual de automatizar el sistema de dosificación para la obtención de balanceados para animales en este caso avícola son considerados como un eslabón en la cadena de producción tanto en zona de la ganadería, avícola, entre otras. Se debe tener como referencias que la agroindustria brinda productos como es el caso en la extracción de aceite de palma, aprovechándolo y teniendo una alternativa rentable y económica agregando un valor agregado y una compresión completa de como se debe integrar o aplicar en la producción de balanceados un manteniendo que permita la obtención de un máximo rendimiento.

La fabricación de balanceado de calidad depende el buen funcionamiento de los equipos de producción, pero depende también de la calidad de la materia prima, cabe mencionar que la producción avícola que tiene el Grupo Avícola San Vicente al producir la alimentación de las aves en su empresa debe precautelar que sea esta cumpla con todos los estándares de calidad, mas aun cuando estas aves van destinadas para el consumo humano. (Gonzalo, Christian Escobar y Fabián, Hugo Mallitásig, 2018, p. 6)

Una adecuada dosificación de aceite en la realización de balanceados permite que se maneje de una manera mas sencilla, ya que este permite menos calentamiento para adquirir fluidez y facilita la dosificación en las mezcladoras, además que el aceite de palma es una excelente fuente de energética para ser utilizado en este tipo de productos (Usca Allauca y Vallejo Gonzalez, 2018, p.1).

Cuando se trata de la realización de balanceados avícolas, como todo producto debe mostrar la capacidad de cumplir con estándares de calidad en su producción, para lo cual debe contar con la maquinaria adecuada para lograr cumplir con los parámetros y exigencias, cuando en la empresa ya cuenta con los equipos necesarios para la realización del producto este debe contar con un mantenimiento con auditorias planificadas donde se analiza el resultado del proceso y se ejecución (Sánchez Mayorga, 2008, p. 9).

CAPÍTULO I

1. DÍAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En la planta de balanceados GRUPO AVÍCOLA SAN VICENTE, ubicada en la ciudad de Riobamba sector San Vicente de Veranillo la cual tiene como actividad económica principal la producción de aves de postura y engorde, para lo cual la planta produce su propio alimento necesario para un correcto crecimiento y desarrollo de las aves.

Debido al incremento de demanda de la procesadora de balanceado que ha sido posible gracias a la inversión de nueva infraestructura y automatización de algunos procesos, permitiendo reducir tiempos de entrega y garantizar la calidad del producto, con el objetivo de ofrecer a sus consumidores rapidez de entrega y productos de calidad (Usca Allauca y Vallejo Gonzalez, 2018, p.1)

Esta planta procesadora de balanceados cuenta con maquinaria para la elaboración de balanceados las cuales necesitan de un correcto diseño y conexión eléctrica para su buen funcionamiento, además la automatización de ciertas máquinas es indispensable, debido a que hay procesos que necesitan precisión, es el caso del sistema de dosificación de aceite de palma el cual se usa como aditivo en la elaboración del balanceado para aves.

Debido a la expansión y modernización que requiere la planta y la maquinaria utilizada, es necesaria una repotenciación del tablero de control el cual desempeñará la función de automatizar y suministrar la energía eléctrica necesaria para el correcto funcionamiento de los equipos de producción.

1.2. Justificación y actualidad

En la actualidad todos los procesos de producción en las industrias en donde sea necesario la precisión y acción de grandes esfuerzos y que presenten un riesgo a la integridad humana, deberían estar estandarizados y automatizados ya que se requiere que éstos tengan menor interacción hombre – máquina y menor tiempo de producción. Por lo cual no es recomendable tener procesos de manufactura artesanales en industrias donde su producto es conocido y tiene gran cantidad de demanda.

El aumento de producción se puede lograr rediseñando y automatizando aquellos procesos donde se requiera mayor precisión y, donde la disminución del tiempo de producción pueda ser aprovechada. Por tanto, se aplicarán los conocimientos obtenidos a lo largo del estudio de una carrera universitaria, para mejorar y automatizar el proceso de control y bombeo de aceite de palma para la elaboración de balanceados.

Con esta alternativa se logrará remplazar el sistema manual de dosificación del aceite de palma, mejorando el tiempo de producción y teniendo la posibilidad de registrar los porcentajes exactos que lleva cada una de las fórmulas de balanceados para obtener un producto final de calidad.

Se sabe que la industria de balanceados es la principal fuente de alimentación entre otros consumidores para los galpones de gallinas, donde es necesario que las aves consuman productos de calidad y que éstos aporten gran valor nutricional a sus productos derivados como son los huevos y su carne, que presenta uno de los principales alimentos de consumo por la población riobambeña; además se debe tomar muy en cuenta que la tecnología avanza con rapidez, es decir en los procesos donde intervenían 2 o 3 personas se puede reemplazar por máquinas y sistemas automáticos los cuales pueden ser operados por una sola persona a distancias prudentes para evitar accidentes y aumentar la calidad y productividad. Además de que la competitividad de plantas procesadoras de balanceado es más alta, se debe mejorar los sistemas de producción para consolidarse como una empresa competente.

En una empresa de la magnitud del GRUPO AVÍCOLA SAN VICENTE se deben reducir los peligros que generan; malas conexiones eléctricas o malos dimensionamientos de tableros y máquinas, por lo que es necesario actualizar y mejorar los procesos de elaboración de balanceados.

1.2. Problema

El balanceado constituye el alimento principal de aves productoras y de postura, la incorrecta dosificación de aditivos en los balanceados provoca en las aves un bajo desempeño productivo y en las aves de postura una deficiencia en su crecimiento.

El incremento de la producción y la calidad del balanceado se logra gracias a la modernización del sistema de dosificación de aceite de palma disminuyendo así los tiempos de producción y mejorando la calidad del producto, mediante la cual el gerente propietario busca aumentar la capacidad de producción para poder proveer la mayor cantidad de alimento para aves en toda la

zona de san Martín de Veranillo y sus alrededores, con fines a futuro de modernizar y crear otra planta con líneas de alimentación de bovinos, acuícola y mascotas.

Considerando que las instalaciones de la procesadora de balanceados cuentan con sistemas mecánicos, eléctricos, maquinaria industrial y equipos neumáticos, los cuales trabajan con procedimientos empíricos establecidos por los operadores, provocando fallos y paradas imprevistas; además la falta de un tablero de control diseñado adecuadamente genera riesgo por la elevada temperatura en los cables producidos por una mala distribución de cargas y por la falta de diagramas eléctricos. Se realizará la corrección de estos problemas, proponiendo el rediseño del tablero de control

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general:

Rediseñar y mantener el tablero de control y automatizar el sistema de dosificación de aceite de palma para reducir tiempos de producción de balanceados del Grupo Avícola San Vicente.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el estado técnico actual del tablero de control de la planta procesadora de balanceados.
- Rediseñar el tablero de control del proceso de producción de balanceados.
- Diseñar y automatizar el sistema de dosificación del aceite de palma.
- Realizar actividades de termografía en el tablero de control y elaborar un informe.
- Elaborar el manual de operación y mantenimiento del tablero de control y del sistema de dosificación de aceite de palma.

1.4. Consideraciones técnicas y tecnológicas

La presencia de un tablero de control correctamente dimensionado e instalado es de gran importancia para la operación de equipos eléctricos y maquinaria industrial. Debido a ello es fundamental dimensionar un tablero eléctrico con sus correspondientes elementos y aparatos de

control, maniobra, protección y medición, debido a que estos elementos ayudarán de manera efectiva a que la procesadora de balanceados cumpla su función y elaborar productos de calidad y en menor tiempo. En caso de no estar correctamente dimensionados provocará daños a los equipos, maquinaria y sistema eléctrico general de la planta.

Para el rediseño del tablero de control existente en la planta procesadora de balanceados del Grupo Avícola San Vicente, se utilizará normativas de instalaciones eléctricas tales como en el rediseño del tablero de control se utilizará la norma técnica ecuatoriana NEC 10, sección 15.1.6. Para la instalación de conductores se utilizará el código de colores (NEMA/ANS), también se considerará la norma IEC 61439 para la construcción de tableros eléctricos, de esta manera se garantizará el buen funcionamiento del tablero de control y la calidad de trabajo para que la planta opere de manera ininterrumpida con la producción deseada.

Se podrán disminuir tiempos en la producción de balanceado por medio de la automatización del sistema de dosificación de aceite de palma como uno de los aditivos necesarios en la producción de balanceados, considerando que este proceso es de alta precisión y exactitud a la hora de añadir este aditivo. Se utilizará el PLC (Controlador lógico programable) ya existente para las funciones de arranque del motor a velocidades y carga determinadas. Con la ayuda de un motor eléctrico acoplado a una bomba de engranes se pretende realizar el transporte de aceite de palma considerando que posee una viscosidad elevada, es decir es espeso, por lo que se necesita una bomba que maneje una amplia variedad de fluidos a temperaturas altas.

1.5. Resultados a alcanzar

Al desarrollar el proyecto de integración curricular propuesto, se espera alcanzar los siguientes resultados:

- Comprensión del proceso productivo de balanceado en el del Grupo Avícola San Vicente.
- Dimensionamiento correcto del tablero de control que suministre cargas equilibradas a los diferentes equipos y maquinaria industrial de la planta procesadora de balanceados.
- Elaboración de planos y diagramas de conexión para facilitar la construcción y montaje a futuro del tablero.
- Realización de pruebas exitosas del funcionamiento del tablero de control y de la automatización del sistema de dosificación de aceite de palma.
- Disminución en los tiempos de proceso por automatización de sistema de dosificación de aceite de palama.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Producción automática de balanceados

Para obtener un producto balanceado de calidad deben cumplirse con subprocesos necesarios para el tratamiento de la materia prima, en los cuales los macro constituyentes (materia prima) se van transformando hasta llegar a tener características de tamaño y densidad óptimas para mezclarse con los micro constituyentes (aditivos), que de acuerdo a una fórmula de balanceado de aves establecida, se logra obtener una mezcla balanceada y uniforme, dando como resultado un producto con buenas características nutritivas y granulometría homogénea, características necesarias para un desarrollo y crecimiento adecuado de aves.

Los subprocesos necesarios para alcanzar este objetivo se describen a continuación, tomando en cuenta que el subproceso de interés, el proceso de mezclado es donde además se añade un aditivo líquido a temperatura alta, del cual se basa este proyecto.

2.1.1. Recepción de materia prima

La adquisición de materia prima conforma el 90% de los costos de manufactura, el otro 10% constituye la mano obra y distribución, razón por la cual el deseo de producir balanceados de calidad parte de la adquisición de materia prima que cumpla parámetros establecidos como: humedad, temperatura, análisis físico y libre de infestaciones (ácaros, gorgojos), para así poder garantizar el éxito en la producción de balanceados de excelente calidad (Sánchez Mayorga, 2008, p. 7).

2.1.2. Almacenamiento

El producto obtenido, se deberá mantener en áreas secas, bien ventiladas y libre de humedad, preferentemente por debajo de los 30°C. Si se obtiene materia prima en sacos o bultos se mantendrán en bodegas o galpones con aire libre, estibados sobre pallets de madera alejándolos del suelo. Si se maneja grandes volúmenes de materia prima a granel se deberán almacenar en silos para reducir el riesgo de contaminación por parte de roedores o aves (Sánchez Mayorga, 2008, p. 9).

2.1.3. Molienda

“La molienda es el paso más limitante en la producción de alimentos balanceados y representa el 50% - 60% de los costos de manufactura.”(Sanchez, 2017, p. 28)

Es el proceso de reducción del tamaño de las partículas de un ingrediente o mezcla de ingredientes que conforman una fórmula completa, por medio de elementos mecánicos. Para determinar el tamaño de la partícula final dependerá del tipo de alimento a fabricar todo esto considerando que no es lo mismo fabricar alimento para aves de postura o engorde en sus distintas etapas de crecimiento. (Sanchez, 2017, p. 28)

En este proceso el molido se da con una serie de martillos que se mueven en el sentido de las manecillas del reloj en el eje horizontal donde impacta la materia prima a gran velocidad, alrededor de esta se encuentra las cribas donde es fragmentada la materia prima transformándola en harina, esto reduce el tamaño de las partículas dependiendo de las cribas que use la molienda, para ser transformada en harina o pellet. (Maya, 2016, p. 29)

“Al considerar la molienda también debemos tomar en cuenta su impacto en el mezclado porque esta afecta directamente la homogeneidad de la mezcla y del producto final.” (Sanchez, 2017, p. 28)

2.1.4. Pesaje

Es un proceso mediante el cual se adiciona todos los componentes de una fórmula, según sea los requerimientos nutritivos y vitamínicos en las cantidades adecuadas que conforman el producto final, estas fórmulas ya han sido analizadas y estructurados con anterioridad por especialistas en alimento para animales de granjas.

Para esto todos los ingredientes ya sean los que son transportados y agregados de forma automática o manual desde bodegas o silos, son pesados y dosificados para luego llevarlos a un proceso de mezclado el cual homogeniza toda la mezcla.

2.1.4.1. Pesaje de micro dosificación

Tolvas de almacenamiento de premezclas y aminoácidos como lisina, metionina, treonina. (Maya, 2016, p. 31)

2.1.4.2. Pesaje de macro dosificación

Es la materia prima utilizada para la producción como: maíz duro amarillo, soya, afrecho de trigo, polvillo de arroz.

2.1.4.3. Pesaje de líquidos

Se inicia con el pesaje en los tanques bascula de líquido para dar paso a la inyección de mezcladora (Maya, 2016, p. 32)

2.1.5. Mezclado

Para la obtención de buenas características en alimentos balanceados dependerá en gran parte de obtener una buena mezcla, considerando además la velocidad y el tiempo de mezclado de acuerdo con el tipo de maquinaria que se disponga y al tipo de mezcla que se requiere para la fórmula del producto y así quede totalmente homogeneizado. (Gonzalo, Crhistian Escobar y Fabián, Hugo Mallitásig, 2018, p. 6)

Si hablamos del proceso de mezclado en la planta de producción del Grupo Avícola San Vicente vemos que se lo realiza en una mezcladora horizontal la cual tiene una capacidad de 1 tonelada, en este mismo proceso se adiciona un aditivo que es el aceite de palma el cual es adicionado solo por gravedad. módulo

2.1.5.1. Mezcladora horizontal

Un mezclador horizontal tiene un eje principal del agitador con paletas o cintas según la aplicación. La aplicación más común de este equipo es en la alimentación animal donde los mezcladores se utilizan para mezclar ingredientes sólidos e ingredientes líquidos por fórmulas específicas y con un tiempo de mezclado específico dentro de la unidad. (EQUIPMENT, 2013)

2.1.5.2. Tiempos perdidos en el proceso de mezclado.

En la planta de producción del Grupo Avícola San Vicente observamos que en el proceso de mezclado también se adiciona aceite de palma mediante 5 aspersores integrados dentro del contenedor de mezclado, este aceite es provisto a la planta en forma de cubos en estado sólido por lo que este aceite debe ser calentado para poder ser adicionado a el producto final, dicha

dosificación del aceite se lo realiza mediante gravedad es decir, se calienta el aceite en una olla ubicada a una altura considerable y por medio de una tubería acoplada a el fondo de la olla, este aceite baja por gravedad hasta la mezcladora.

Se considera necesario implementar un sistema que podamos controlar, y así dosificar de manera correcta el aceite de palma que al convertirse de solido a líquido sigue teniendo una densidad muy alta, se ha previsto el uso de una bomba la cual genere el caudal y presión necesarios que aceleren el proceso de dosificación y así llegar a un buen punto de homogenización del producto final elevando su calidad aumentando la capacidad de producción y reduciendo tiempos en el mezclado del producto.

2.1.6. Envasado

Finalizado el proceso de producción, el producto terminado se transporta por tolvas que se dirigen hacia el envasado, que generalmente son sacos de diferentes tamaños de acuerdo con la cantidad establecida de ventas o consumo interno, posteriormente se cosen los bultos. (Carrillo Velarde y Calero López, 2016)

Este proceso se realiza por un operador el cual manipula y controla la cantidad de producto envasado, para verificar la correcta cantidad de producto se realizar una comprobación mediante el uso de una balanza generalmente ubicada a un costado de la tolva de envasado.

2.2. Nutrientes en la producción de alimento para aves

Algo que diferencia a la producción de aves en la industria es la calidad de su carne o cantidad de huevos producidos, y esto está muy ligado a la alimentación, también influye el ambiente y trato a las aves, pero no tanto como su dieta

Por ello se debe mantener un control continuo de los nutrientes agregados en la producción de balanceados, con esto se puede ir variando y dosificando los micro y macro componentes, si la dosificación es precisa se obtendrá mejores resultados, para lograr esto se utiliza métodos automáticos de pesado, bombeo y dosificación.

Para que el alimento de aves se vuelva una dieta balanceada se puede variar los micronutrientes como son los aminoácidos los cuales a su vez están conformados por sustancias más pequeñas como por ejemplo la lisina, metionina y treonina.

2.1.1. Aceite de palma

El aceite de palma y los ingredientes derivados de la palma se encuentran en aproximadamente el 50% de los productos de consumo corrientes. Además de su uso como aceite de cocina, el aceite de palma se encuentra en muchos productos alimenticios, como pan envasado, cereales para el desayuno, margarina, chocolate, helados, galletas y aperitivos. También se usa en detergentes domésticos, champús, cremas, jabón o lápices labiales, y en biocombustibles para automóviles y centrales eléctricas.(International, 2016)

2.1.2. Metionina

Es necesario que las aves consuman cantidades relativamente altas de Metionina + Cistina, que son necesarios para el crecimiento y mantenimiento de sus plumas las cuales son un elemento de protección cuando existe una variación brusca de temperaturas. (Campos, Salguero y Albino, 2016, p. 4)

2.1.3. Treonina

En las aves la treonina es una proteína que forma parte de los músculos, puede ser utilizada para sintetizar glicina que es otro aminoácido esencial para las aves.

Esta proteína es importante en la producción de musculatura y ganancia de peso, pero también es extremadamente importante para que las aves se mantengan, debido a que componen a otros aminoácidos como en la mucina y la inmunoglobulina. (Campos, Salguero y Albino, 2016, p. 4)

2.1.4. Glicina

La glicina y serina son esenciales en la dieta de las aves, aunque no son suficientes para atender las necesidades de ganancia de peso y el catabolismo del exceso de nitrógeno. Debido a que la glicina forma parte del ácido úrico ésta es eliminada cuando el ácido úrico es excretado. (Campos et al., 2016, p. 4)

2.3. Dosificación de nutrientes para balanceado de aves

Los valores nutritivos de un balanceado van a ser determinados por el porcentaje en los que adicionamos los aditivos y aminoácidos, se busca llegar a un equilibrio donde proporcione a las

aves mejores características cuando lo consumen, existen algunas formas para saber cómo suministrar y determinar la cantidad de estos nutrientes.

Cabe recalcar que es necesario tener un buen sistema de dosificación y medición de las cantidades de nutrientes adicionados, para optimizar los materiales usados.

2.3.1. Método dosis respuesta

Esta metodología plantea alimentar a las aves con dietas experimentales donde varía a los nutrientes de forma creciente o decreciente, con esto se determina la reacción a parámetros preestablecidos de acuerdo con las necesidades de la producción, como ganancia de peso, conversión alimenticia, deposición de pechuga, resistencia a cambios climáticos entre otros, en un determinado periodo de tiempo considerando una media en la vida de las aves. (Campos et al., 2016, p. 2)

2.3.2. Método factorial

Para la aplicación de esta metodología consideramos que los requerimientos de aminoácidos pueden ser establecidos según los parámetros de deposición de proteínas corporales, crecimiento de plumas y el mantenimiento de las aves, por lo que el modelo factorial es determinado en base a la literatura y experimentos, las predicciones en los requerimientos parten de los datos procesados por los ensayos de dosis respuesta, con esto se busca ,mejorar el metabolismo de los nutrientes para el crecimiento y mantenimiento. (Campos et al., 2016, p. 2)

2.4. Metodología para la determinación del estado actual del tablero de control y sistema de dosificación de aceite de palma

Existe una amplia variedad de metodologías y herramientas que nos ayudan a evaluar el estado técnico de un equipo, ya sea mediante la recolección de datos técnicos o calificación de historiales de fallos.

Cuando no existe un historial de fallos la opción más viable es la medición y toma de datos técnicos que luego serán cuantificados para obtener tareas de manteniendo que se pueden realizar en la maquinaria

Considerando la necesidad de un instrumento que nos ayude y facilite realizar el levantamiento de información y a través de este poder calificar y cuantificar el estado de cualquier máquina en servicio.

Tabla 1-2: Modelo de ponderación

Manual para evaluar los sistemas industriales COVENN 2500-93 (Fondo Norma)			
Área: Criterio	Nivel de cumplimiento	Ponderación mínima	Calificación global
Criterios estratégicos de seguridad si al fallo del sistema presenta un riesgo para el personal de la Empresa	SI/NO 0-100%	0-100%	0-100%
Comentario: Las organizaciones poseen varios departamentos, áreas y sistemas aumentando la probabilidad de riesgo del personal, por lo que el criterio de seguridad es obligatorio dentro de las auditorías técnicas			
Según el número de criterios establecidos se divide la ponderación de valor 100%, tanto a nivel de ponderación mínima como calificación general			
Área: Criterio	Nivel de cumplimiento	Ponderación mínima	Calificación global
Criterios estratégicos ambientales en que afectan los sistemas al personal de la empresa y al medio ambiente	SI/NO 0-100%	0-100%	0-100%
Comentario: Este criterio estratégico es obligatorio para las empresas, para dar cumplimiento a las normales ambientales locales			
Según el número de criterios establecidos se divide la ponderación de valor 100%, tanto a nivel de ponderación mínima como calificación general			
Área: Criterio	Nivel de Cumplimiento	Ponderación mínima	Calificación global
Criterios estratégicos operaciones fundamentales para la empresa	SI/NO 0-100%	0-50%	0-100%
Descripción clara de consecuencias en que afecta a la actividad fundamental de la empresa.	SI/NO 0-100%	0-50%	
Comentario: Según el número de criterios establecidos se divide la ponderación de valor 100%, tanto a nivel de ponderación mínima como calificación general			
Área: Criterio	Nivel de cumplimiento	Ponderación mínima	Calificación global
Criterios estratégicos no operaciones fundamentales para la empresa	SI/NO 0-100%	0-50%	0-100%
Descripción clara de consecuencias en que afecta a la actividad fundamental de la empresa	SI/NO 0-100%	0-50%	
Comentario: Según el número de criterios establecidos se divide la ponderación de valor 100%, tanto a nivel de ponderación mínima como calificación general			

Fuente: (Landa Rumipamba y Valdiviezo Guaño, 2020, p. 43)

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Para la evaluación y calificación de los equipos se debe realizar la ponderación con el instrumento detallado en la tabla 1-2 la cual proporcionara criterios válidos y útiles para nuestro caso de estudio.

Para entender y poder tomar decisiones con los resultados obtenidos en la ponderación de datos es necesario clasificarlo en un estado técnico el cual se muestra en la tabla 2-2, que indica las acciones a tomarse después de obtener los resultados; estos estados se dividen en cuatro tipos que de acuerdo con su magnitud se aplicaran acciones preventivas o correctivas.

Tabla 2-2: Criterios de evaluación

Eficiencia actual	Estado técnico	Se comienza por
90-100%	Bueno	Revisión
75-89%	Regular	Reparación pequeña
50-74%	Malo	Reparación medía
Menos del 50%	Muy mal	Reparación general

Fuente: (Landa Rumipamba y Valdiviezo Guaño, 2020, p. 44)

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021.

2.5. Elementos eléctricos y controladores programables

2.5.1. Tablero de control

La Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) en el capítulo 15 define al tablero de control como:

Tablero que contiene dispositivos de protección y de maniobra o únicamente dispositivos de maniobra y que permite la operación de grupos de artefactos, en forma individual, en subgrupos, en forma programada o manual. Aquí se incluyen los tableros arrancadores para motores o los tableros tipo centro de control de motores. (NEC, 2013, p. 28)

2.5.1.1. Lugar de instalación

Se buscará un lugar seco libre de humedad donde exista una buena ventilación con el objetivo de suministrar circulación de aire para el adecuado enfriamiento de los elementos eléctricos y electrónicos, un lugar de fácil acceso para facilitar tareas de operación y mantenimiento es recomendable un espacio donde no existan instalaciones de agua, combustibles o agentes explosivos en sus cercanías que puedan presentar un peligro para los operadores y el equipo (Tituaña Aman, 2015, p. 8).

2.5.1.2. Iluminación y espacio de los tableros

Deberá de contar con iluminación artificial adecuada para una manipulación segura de los elementos de maniobra y correcta lectura de los instrumentos de medición (Tituaña Aman, 2015, p. 8).

El espacio alrededor del tablero deberá ser suficiente para realizar cualquier trabajo de mantenimiento o nueva instalación. Así, en la parte frontal del tablero se recomienda tener una distancia mayor a 1 metro, en el caso de requerir acceso por la parte posterior del tablero se deberá tener un espacio mayor a 0.5 metros. De tener una puerta posterior el tablero, se deberá dejar una distancia con puerta abierta de 0.3 metros (Tituaña Aman, 2015, p. 8).

2.5.1.3. Grado de protección IP

El grado o índice de protección están determinados por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) 60529, que clasifica el nivel de protección que provee una instalación contra la intrusión de objetos sólidos o polvo, contactos accidentales o agua. Dando como resultado el índice de protección (IP). (Tituaña Aman, 2015, p. 10)

La norma IEC 60529 define como código IP a un sistema codificado para indicar los grados de protección proporcionados por una envoltura contra el acceso a partes peligrosas, ingreso de objetos sólidos externos, ingreso de agua y entregar información adicional en conexión con tal protección. (Commission, 2009, p. 9)

La norma nos da a conocer el grado de protección proporcionado por el Código IP, así:

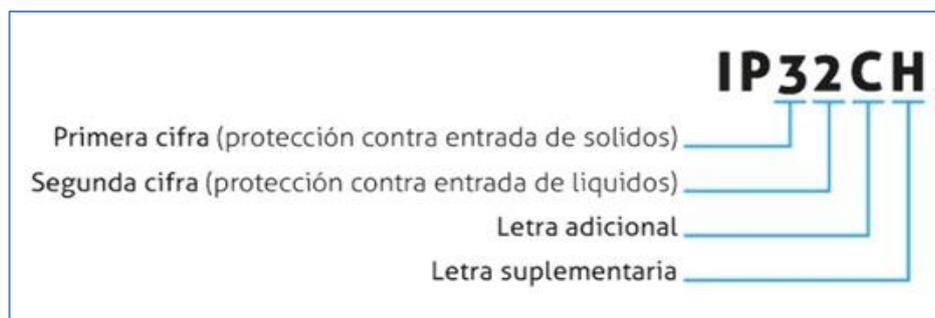


Figura 1-2: Disposición del código IP

Fuente: (Commission, 2009)

También se proporciona una descripción de los elementos del código IP en la siguiente tabla:

Tabla 3-2: Elementos y significado del código IP

Elemento	Número o letras	Significado para la protección de equipo	Significado para la protección de personas
Primer número característico	IP	Contra el ingreso de objetos sólidos externos	Contra el acceso a partes peligrosas con:
	0	(no-protegido)	(no-protegido)
	1	≥ 50 mm diámetro	Detrás de la mano
	2	$\geq 12,5$ mm diámetro	Dedo
	3	$\geq 2,5$ mm diámetro	Herramienta
	4	$\geq 2,0$ mm diámetro	Cable
	5	Polvo-protegido	Cable
	6	Hermético al polvo	Cable
Segundo número característico		Contra el ingreso de agua con efectos perjudiciales	-
	0	(no-protegido)	
	1	Goteando verticalmente	
	2	Goteando (inclinado 15°)	
	3	Rociando	
	4	Salpicando	
	5	Chorreamo	
	6	Chorro de gran alcance	
	7	Inmersión transitoria	
	8	Inmersión continua	
Letra adicional (opcional)		-	Contra el acceso a partes peligrosas con:
	A		Detrás de la mano
	B		Dedo
	C		Herramienta
	E		Cable
Letra suplementaria (opcional)		Información suplementaria específica para:	-
	H	Aparatos de alto voltaje	
	M	Movimiento durante ensayo de agua	
	S	Estacionario durante ensayo de agua	
	W	Condiciones atmosféricas	

Fuente:(Commission, 2009)

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Crithian, 2020.

2.5.1.4. Normativa aplicable a tableros de control

La norma NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) es aquella que define un producto, proceso o procedimiento con respecto a sus características, nomenclatura, construcción, dimensiones, tolerancias, seguridad, características operacionales para la cual fueron diseñadas. (Tituaña Aman, 2015, p. 9)

La Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), en el capítulo 15 Instalaciones Electromecánicas, tiene por objeto determinar condiciones mínimas de seguridad que debe cumplir las instalaciones de bajo voltaje (menor a 600 V), garantizando la seguridad de las personas que operan o hacen uso de ellas, proteger los equipos y perseverar el ambiente en donde han sido construidos. (IEC 60529, 2009, p. 6)

Se utilizará la norma de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC 60529) para conocer y entender la nomenclatura y clasificación de los grados de protección proporcionados por el recinto o envoltura del equipo eléctrico con un voltaje nominal que no exceda los 72,5 kW. (Commission, 2009, p. 7)

2.5.1.5. Norma IEC-61439 utilizada para la construcción de tableros de control

La norma IEC 61432 es el estándar internacional para la construcción de tableros eléctricos de baja tensión con una tensión nominal máxima de 1000 V en corriente alterna o 1500 en corriente continua, para la aplicación de esta norma se utilizará la TAN (tableros a norma) que es una solución que propone el Grupo Legrand para satisfacer las exigencias y requisitos para construcción de tableros eléctricos, donde la IEC 61432 garantiza las pruebas, ensayos y certificaciones tanto para el constructor de origen como para el constructor del conjunto.(Legrand, 2015, p. 4)

Algunos términos y nomenclatura de símbolos utilizada por la norma se presentan a continuación:

Conjunto armado: la norma lo define como “un sistema completo de componentes eléctricos y mecánicos (envolventes, juegos de barra, unidades funcionales), tales que definidos por el fabricante son destinados a ser armados según sus instrucciones”.(Legrand, 2015, p. 15)

Constructor de origen: “entidad que realiza la concepción de origen y la verificación asociada de un armario conforme a la presente norma”.(Legrand, 2015, p. 15)

Constructor del conjunto: “entidad que realiza el armado y cableado del tablero tomando la responsabilidad del conjunto terminado”.(Legrand, 2015, p. 15)

Circuito principal: “son todas las partes conductoras de un CONJUNTO, incluidas en un circuito que está diseñado para transmitir energía eléctrica”.(Legrand, 2015, p. 15)

Circuito auxiliar: “corresponde a todas las partes conductoras de un CONJUNTO incluidas en un circuito (distinto del circuito principal) que están destinadas para controlar, medir, señalar, regular y procesar datos, entre otras”.(Legrand, 2015, p. 15)

Tabla 4-2: Abreviaturas que utiliza la norma IEC 61439

Símbolo / abreviatura	Término
ICR	Índice de resistencia a la formación de caminos conductores.
MBT	Muy baja tensión.
CEM	Compatibilidad electromagnética.
F _n	Frecuencia asignada.
I _c	Corriente de corto - circuito.
I _{cc}	Corriente asignada de corto – circuito condicional.
I _{cp}	Corriente prevista de corto - circuito
I _{cw}	Corriente asignada de corta duración admisible.
I _{nA}	Corriente asignada de un CONJUNTO.
I _{nc}	Corriente asignada de un circuito.
I _{pk}	Corriente asignada de cresta admisible
N	Conductor neutro.
PE	Conductor de protección.
PEN	Conductor PEN
RDF	Factor de simultaneidad asignado.
SCPD	Dispositivo de protección de sobretensiones.
U _e	Tensión asignada de funcionamiento.
U _i	Tensión asignada e aislamiento.
U _{imp}	Tensión asignada soportada al impulso
U _n	Tensión asignada

Fuente:(Legrand, 2015)

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2020

Esta norma establece la conformidad de la aplicación de ésta al considerar además sus diferentes apartados en la construcción de conjuntos armados, como se muestra en la tabla 4-2 cada apartado tiene su función especial, para el diseño y construcción de tablero de baja tensión se considera el apartado 1 y 2 de la IEC 61439.

Tabla 5-2: Apartados de la norma aplicable a tablero eléctricos

IEC-61439	
IEC 61439-1	Reglas generales
IEC 61439-2	Conjuntos armados

IEC 61439-3	Tableros de repartición
IEC 61439-4	Tableros de faena
IEC 61439-5	Tableros de distribución
IEC 61439-6	Canalizaciones prefabricadas
IEC 61439-7	Vehículos eléctricos

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2020

Puesto que los tableros de control o comando son equipos eléctricos que operan a tensiones y corrientes elevadas, deben proteger cargas con una elevada variación de armónicos provenientes de la red eléctrica y garantizar continuidad de servicio, entre otras, es de vital importancia que cumplan requisitos de seguridad y realice su función requerida para la cual fue diseñado.

Se definen tres tipos de verificación distintos, pero equivalentes para la conformidad de un conjunto armado:

- Verificación mediante pruebas en laboratorio (pruebas de tipo).
- Verificación mediante la comparación con un diseño de referencia ensayado.
- Verificación mediante evaluación, es decir confirmación de la correcta aplicación de cálculo y reglas de diseño, incluyendo la utilización de márgenes de seguridad adecuados (Legrand, 2015, p. 8)

En la norma se especifican las actividades o lista de pruebas particulares requeridas al fabricante del conjunto responsable, y estas pruebas particulares son:

- Grados de protección IP de la envolvente.
- Distancias de aislamiento.
- Protección contra descarga eléctrica e integridad de los circuitos de protección
- Instalación de dispositivos y componentes de maniobra
- Circuitos y conexiones eléctricas internas
- Terminales para conductores externos.
- Funcionamiento mecánico y características relativas al rendimiento.
- Propiedades dieléctricas a 50 Hz
- Tensiones soportadas a impulsos.
- Cableado y rendimiento del conjunto en servicio (Legrand, 2015, p. 8)

2.5.2. Controlador lógico programable (PLC)

La definición de PLC según la norma (IEC 61131-1, 2006) nos enuncia lo siguiente.

Sistema electrónico de funcionamiento digital, diseñado para su uso en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario para implementar funciones específicas como lógica, secuenciación, sincronización, conteo y aritmética, para controlar, a través de entradas y salidas digitales o analógicas, varios tipos de máquinas o procesos. Ambos. El PLC y sus periféricos asociados están diseñados para que puedan integrarse fácilmente en un sistema de control industrial y de fácil uso en todas sus funciones previstas.

2.5.3. Disyuntor

Conocido también como interruptor automático, es un elemento de protección que abre un circuito eléctrico cuando la intensidad de corriente eléctrica que por él circula excede el valor para el que fue dimensionado, o si se ha producido un cortocircuito en el sistema de conexiones, esto con el fin de salvaguardar los equipos eléctricos. (Tituaña Aman, 2015, p. 17)

2.5.3.1. Disyuntor termomagnético bipolar tipo EBS6BN

Su funcionamiento se basa en dos efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: un efecto magnético y uno térmico conocido como efecto joule. Integrando dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica conectadas en serie por donde circula corriente que va hacia el equipo. (Sánchez Carrera y Gusqui Lamiña, 2017, p. 32)

“El electroimán cumple la función de proteger el circuito eléctrico contra cortocircuitos producidos de forma instantánea, mientras que la lámina bimetálica actúa cuando en el circuito eléctrico se producen sobre cargas” (Jacome Zambrano, 2010, p. 36)

2.5.4. Breaker de caja moldeada

“Están diseñados para la protección de sistemas de distribución de carácter industrial, protegiendo el circuito contra sobrecargas y cortocircuitos”. (Jacome Zambrano, 2010, p. 36)

Para dimensionar este dispositivo se deberá multiplicar 1,25 por la corriente nominal (I_N), y se obtiene la corriente de protección (I_P), corriente que deberá soportar este dispositivo para cumplir su función.

2.5.5. Conductores eléctricos

Se utilizará conductores de cobre de aislamiento termoplástico resistente al calor y humedad, con la excepción donde la Norma Ecuatoria de Construcción acepte la utilización de conductores desnudos, la selección de conductores se realizará tomado en cuenta la suficiente capacidad de transporte de corriente, caída de voltaje dentro de los parámetros permitidos, una adecuada resistencia mecánica y buen comportamiento ante las condiciones ambientales. (NEC, 2013, p. 36)

En alimentadores trifásicos que suministren cargas no lineales tales como alumbrado mediante lámparas de descarga, controladores de velocidad de motores alternos mediante variadores de frecuencia, arrancadores suaves o similares en los cuales se generen armónicos que estén presentes en el conductor neutro, la sección de este conductor deber ser como mínimo igual al de la sección de los conductores de fase. (NEC, 2013, p. 36)

1.5.5.1. Código de colores

Para la correcta identificación e instalación de los conductores eléctricos nos basaremos en un código de colores donde podemos identificar fácilmente los conductores que contienen a las fases, neutro y tierra para disminuir los riesgos y accidentes eléctricos en el personal que manipule dichos conductores además de los daños a los equipos

Tabla 6-2: Código de colores

CÓDIGO DE COLORES	
CONDUCTOR	COLOR
Neutro	Blanco
Tierra	Verde, verde con franja amarilla
Fase	Rojo, azul, negro, amarillo o cualquier otro color diferente de neutro y tierra

Fuente: (Ing Adrián David Sandoya Unamuno, 2018, p. 21)

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2020.

2.6. Automatización del sistema de dosificación de aceite de palma

El uso de maquinaria e instrumentos mecánicos en la industria ha disminuido considerablemente debido a la facilidad y mejora considerable que proporciona la automatización de los procesos, haciendo de estos más confiables y seguros además trayendo beneficios tanto para los operarios de los equipos mecánicos como para los propietarios de la maquinaria

El sistema de dosificación de aceite de palma en el Grupo Avícola San Vicente es artesanal y rudimentario, donde primero se transporta manualmente el aceite de palma en cubos por el encargado de la dosificación de microcomponentes, para luego depositarlo en una olla en la que calientan el aceite hasta convertirlo en líquido a una temperatura aproximada de 70° centígrados, lo que ayuda a transportar el aceite por una tubería hacia la mezcladora y mediante un sistema sencillo de goteo se dosifica en toda la mezcla de balanceado. Este proceso toma aproximadamente un tiempo de 25 minutos

La opción más factible que se considera es la implementación de un sistema de bombeo utilizando una bomba de engranes, acoples, un motor, tuberías, aspersores y un quemador.

El quemador se usará para elevar al fluido a la temperatura requerida en menor tiempo posible, para luego ser bombeado a una presión de 10 VAR, y mediante los aspersores para ser dosificados con mayor eficiencia hacia la mezcla, reduciendo el tiempo en el calentado del fluido, bombeo, y homogenización.

2.6.1. Beneficios de la automatización

- Reduce la intervención directa del personal
- Aumenta la calidad del producto
- Disminución de tiempos
- Mejor homogenización de la mezcla del producto

Cabe recalcar, que a largo plazo se prevé que el beneficio económico será visible y tangible de manera que existe un ahorro en salarios de la mano de obra, consumo de energía eléctrica, mantenimiento, repuestos y reducción en los tiempos programados de producción que generalmente se lo realiza en tiempos establecidos por los trabajadores de la planta, reduciendo con este tiempo con el nuevo sistema de automatización.

2.7. Sistemas de bombeo para fluidos viscosos

2.7.1. Selección de bombas

La selección de la bomba adecuada para cualquier aplicación entre la multitud de estilos, tipos y tamaños puede ser difícil para el usuario o el contratista de construcción. El mejor método es hacer investigaciones preliminares, llegar a decisiones básicas y selecciones preliminares y analizar la aplicación con el proveedor de la bomba. (McNaughton, 1989, p. 5)

Para seleccionar una bomba de forma correcta es necesario conocer el funcionamiento del sistema donde pretendemos implementar la bomba. Si no se investiga los requerimientos del sistema como las horas de trabajo o la presión de bombeo se puede hacer una selección errónea además no es recomendable que los proveedores o representantes sean los responsables de seleccionar la bomba ya que ellos no están familiarizados con el proceso para el que se requiere la bomba. (McNaughton, 1989, p. 5)

2.7.2. Bombas para fluidos viscosos

Cuando se selecciona una bomba para fluidos viscosos se debe tener en cuenta que la viscosidad que proporcionamos es real con datos exactos. En muchos manuales encontramos las viscosidades de fluidos convencionales, pero en la realidad existen fluidos compuestos o mezclados a distintas temperaturas que pueden requerir cálculos o pruebas para determinar con exactitud su viscosidad (McNaughton, 1989, p. 5)

2.7.2.1. Unidades usuales de viscosidad

- Centipoises (cp.).
- Centistokes (cst).
- Segundos Saybolt universales (SSU).

Las dos últimas viscosidades son cinemáticas a diferencia de los centipoises que indican viscosidad absoluta. Para relacionar estas dos viscosidades cinemática y absoluta tenemos la siguiente expresión.

$$\text{viscosidad cinemática(cst)} = \frac{\text{viscosidad absoluta (cp)}}{\text{densidad relativa del líquido}} \quad (1)$$

La elección más adecuada para líquidos viscosos sería una bomba de desplazamiento positivo, rotatorio o reciprocante. En específico las bombas rotatorias de engranes, de tornillo o lóbulos las cuales en caso de ser un líquido con alta viscosidad son las únicas que se pueden utilizar

Pero en este caso si se selecciona una bomba rotatoria también es necesario conocer la viscosidad mínima del fluido ya que el desplazamiento será mayor y reduce la capacidad nominal lo que no ocurre cuando el líquido es altamente viscoso. (McNaughton, 1989, p. 5)

2.7.3. Bombas de desplazamiento positivo

Para clasificar a las bombas de desplazamiento positivo se debe tomar en cuenta su principio de funcionamiento los cuales son oscilantes y rotatorias. Las bombas de tipo oscilante están compuestas por uno o más pistones que realizan un movimiento alternativo y diversas válvulas encargadas de la aspiración e impulsión, por otro lado, las rotatorias están compuestas por un mecanismo que rota llevando consigo el fluido de la aspiración a la impulsión. (Heras, 2011, p. 168)

2.7.4. Bombas de engranajes

Las bombas más comunes con mecanismos que rotan sobre un eje son las de engranajes, las de paletas, las de pistones, y las peristálticas.

Las bombas de engranajes pueden dividirse en cuatro subgrupos que son; de engranajes exteriores, internos, de lóbulos, rotor, y helicoidales.

2.7.4.1. Bombas de engranajes externos

Los fluidos son transportados por medio de sus dientes de perfil envolventes entre dos piñones los cuales se acoplan a un eje de forma individual, uno de los piñones es accionado por el motor a través de un eje mientras que el piñón conducido es accionado por el primer piñón, la impulsión es provocada cuando los dientes de ambos piñones entran en contacto con el fluido. (Heras, 2011, p. 169)

Este tipo de bomba será de utilidad para nuestro caso de estudio, debido a sus características de funcionamiento y su elevada temperatura de trabajo que son indispensable en el bombeo el aceite que es añadido como aditivo para una mezcla aceptable y enriquecida tanto en minerales como cantidad del fluido presente en cada porción de balanceado

2.7.4.2. Bombas de engranajes internos

Están constituidos de manera similar a las de engranajes externos con la diferencia que en este caso los dientes del piñón conductor están dentro del piñón conducido, es necesario que el piñón interno tenga uno o dos piñones menos; para mantener el engrane y conducir el fluido de forma correcta este tipo de bombas posee una pieza en forma de semiluna entre los dos piñones. (Heras, 2011, p. 170)

2.8. Termografía en la industria

Las técnicas preventivas y predictivas han visto un incremento en su uso y demanda ya que son una fuente de ahorro en costos y mano de obra de mantenimiento, son consideradas como técnicas que aplicadas a intervalos de frecuencias exactas reducirán notablemente la probabilidad de fallo por ende su costo en mantenimiento correctivo.

2.8.1. Termografía en los tableros de control

Es una técnica y herramienta tecnológica que facilita la medición de temperaturas en la maquinaria industrial dando una mayor seguridad al evitar un contacto físico directo, además de evadir la necesidad de poner fuera de servicio a las instalaciones, ayuda a determinar con exactitud la gravedad de daño en el elemento defectuoso permitiendo un incremento de la vida útil del tablero (Aznarán Balcázar y Reyes Aranda, 2015, p. 25).

Estas interpretan la radiación infrarroja del espectro electromagnético existente, tomando en cuenta la influencia de las condiciones del entorno (humedad, temperatura del ambiente, distancia entre objeto y cámara, temperatura reflejada, radiación) y la emisividad de los materiales, la energía radiada es convertida en temperatura, la imagen generada se la define como radiometría donde a cada píxel le corresponde un valor de temperatura. (Aznarán Balcázar y Reyes Aranda, 2015, p. 19).

2.8.2. Análisis de la termografía

Para que las termografías sean útiles en nuestro estudio se debe conocer las condiciones en las que fueron realizadas tomando en cuenta la normativa aplicable para este tipo de inspecciones (ISO 18434-1), de este modo podemos interpretar la termografía y estimar la temperatura de los elementos y terminales que contiene un tablero de control donde realizamos la medición.

(Aznarán Balcázar y Reyes Aranda, 2015, p. 20)

2.8.3. Delta “T”

El delta T es una medida que diferencia al componente estropeado partiendo de una temperatura de referencia, determinando cuanto se aleja la anomalía del valor normal siendo esto una medida cuantitativa y cualitativa. (Aznarán Balcázar y Reyes Aranda, 2015, p. 46)

Al establecer una referencia de temperatura se considera las especificaciones del fabricante o datos históricos en caso de poseer, en los equipos eléctricos a menudo se toma como referencia

el componente correspondiente a la otra fase en caso de tener la misma carga diferenciando así la anomalía por medio de la variación de temperaturas. (Aznarán Balcázar y Reyes Aranda, 2015, p. 46)

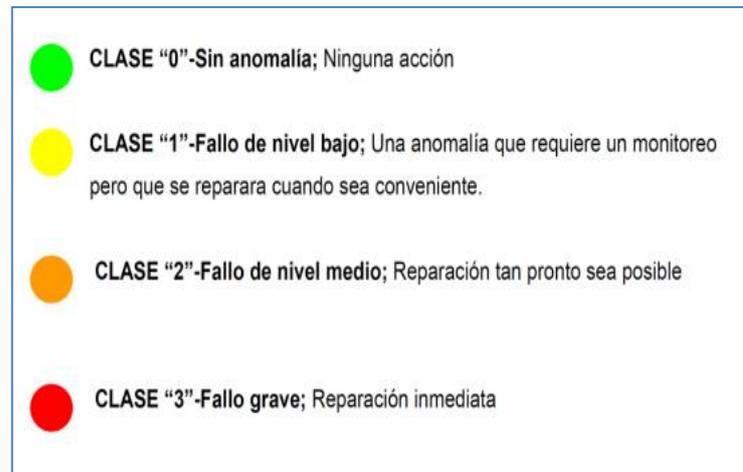


Figura 2-2: Criterios de fallos
Fuente: (Aznarán Balcázar y Reyes Aranda, 2015)

Para determinar criterios y gravedad de fallos nos basamos en la Figura 2-2, donde el color predominante en la termografía nos dará la pauta para realizar actividades que se detallaran en un informe.

2.9. Proceso de elaboración de un manual de mantenimiento

Para la elaboración de un manual de mantenimiento es necesario tener datos pertinentes tales como inventarios, codificaciones, historiales de fallos y experiencia de los operarios, partiremos separando la información que obtenemos para nuestro caso de estudios.

En el caso del tablero de control se toma como referencia la información del fabricante, experiencia del operario y conocimientos teóricos y técnicos, se elaborará tareas que no impliquen riesgos graves a la salud, que convengan a los operarios y eviten fallos en los equipos.

En la implementación del sistema de dosificación de aceite de palma la información necesaria con la cual se elabora el manual de mantenimiento en su mayoría se toma de los manuales del fabricante tanto de la bomba como del motor usados.

CAPÍTULO III

3. DETERMINACIÓN DEL ESTADO TÉCNICO ACTUAL DEL TABLERO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE ACEITE DE PALMA

Hoy en día el Grupo Avícola San Vicente cumple con la función de elaborar alimento para aves, abasteciendo este producto al sector de San Martín de Veranillo de la ciudad de Riobamba y consumidores aledaños al cantón, por lo tanto se ve la necesidad de reducción de tiempos en el proceso de mezclado ya que se ve la importancia de automatizar el subproceso de adición de aceite de palma que en la actualidad esta actividad se ejecuta de forma manual, razón por la cual se deberá rediseñar el tablero de control que ayudara a la operación segura y efectiva de la planta, además de la incorporación de nuevos equipos y sistemas que serán favorables para el incremento de la producción y de la modernización de la planta.

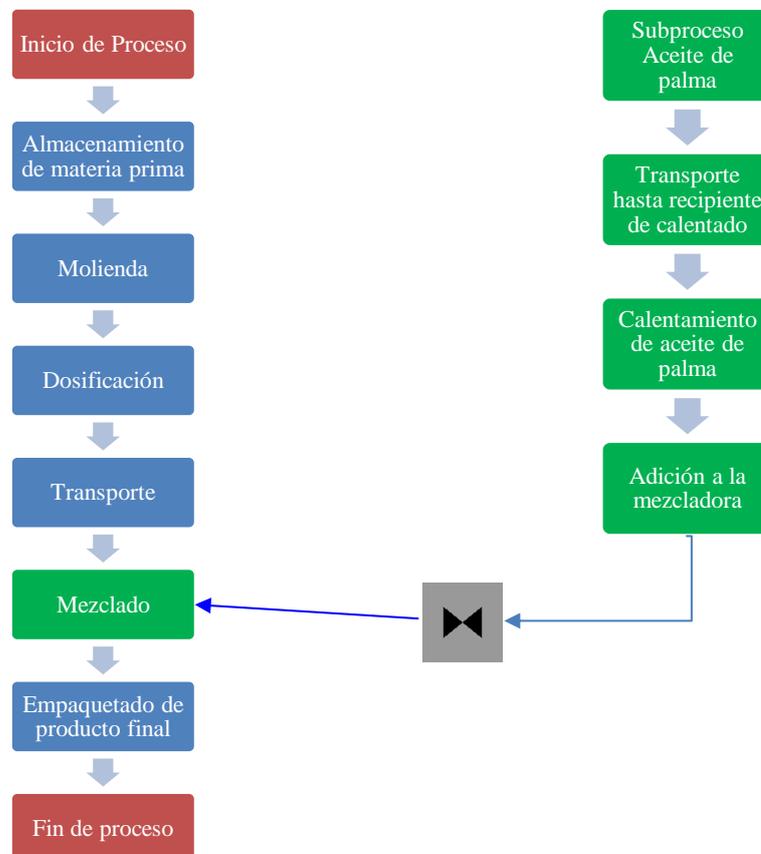


Figura 1-3: Flujograma de procesos de preparación de alimentos balanceados
Realizado por: Cargua Ángel, Cristhian Mendoza, 2020.

3.1. Análisis del estado actual del tablero de control

El tablero de control con el que cuenta la planta de producción de alimentos para aves ha sido modificado en varias ocasiones añadiendo componentes, sin tomar en cuenta las normativas que rigen la construcción y montaje de tableros de baja tensión.

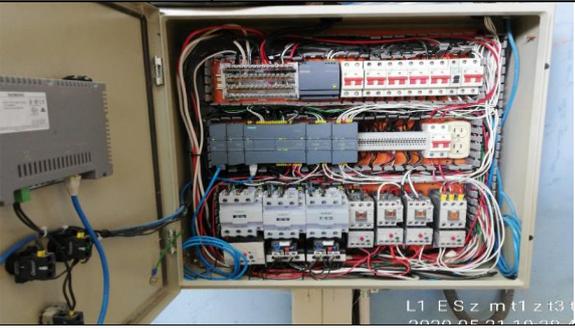
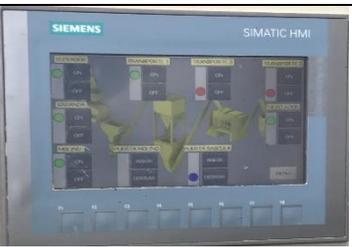
Vale recalcar que este tablero principal con el que cuenta la planta, cuyas funciones son de maniobrar y controlar el suministro de energía eléctrica a todos los equipos que operan el área de producción del Grupo Avícola San Vicente, debido a ello el tablero de control es considerado como uno de los más críticos ya que si se presenta una falla o pérdida de función en alguno de los componentes, éste afectará a toda la línea de producción provocando un paro general que perjudicará mediante pérdidas de producción y retrasos en la entrega de pedidos a los consumidores de balanceado para aves.

Los operadores de la planta están en constante manipulación del tablero de control, dado que es necesario el encendido y apagado de motores, y de solenoides que facilitan la transformación y transporte de materia prima o elaborada hacia su destino, ya sean estas tolvas, molinos mezcladora, entre otros, ésta manipulación constante produce un fenómeno que atentan contra el correcto funcionamiento del equipo, algunos de estos efectos son: desgaste en los contactores, disminución del aislamiento en motores, aumento de corrientes pico y a su vez presencia de armónicos en la red eléctrica, sobrecalentamiento en conductores, entre otros.

En la planta laboran 3 personas a tiempo completo, quienes desempeñan las actividades de operación de maquinaria y trabajos de producción, los cuales han proporcionado información de operación y algunas tareas básicas de mantenimiento diario que medianamente están capacitados en realizar, considerando que la mayor parte de mantenimiento realizado en la planta son correctivos que a su vez son realizados por el técnico competente de la planta

A continuación, se realizará el análisis del estado de funcionamiento actual del equipo, para lo cual es necesario el levantamiento de datos técnicos in situ, que han sido obtenidos mediante entrevistas a operadores, manuales de operación y análisis de fichas técnicas de elementos que los conforman; estos datos se han agrupado y clasificado en la siguiente tabla (ver tabla 1-3), en la cual se muestran datos genéricos de la infraestructura del equipo y algunos datos técnicos de los elementos eléctricos más importantes y críticos como lo son en este caso : el PLC, y la pantalla HMI.

Tabla 1-3: Ficha técnica del tablero de control

		Nombre del Sistema Tablero de Control	
			
Datos			
Generales		Específicos:	
Marca:	BEUCOP	Alto(m):	0.60
Modelo:		Ancho(m):	0.70
Proveedor:	WEG	Largo(m):	0.20
Año de operación:	2017	Peso(kg):	
Características adicionales: Posee bases fusibles; Riel para conectores y breakers, canaletas, PLC-S7-1200 y pantalla HMI.			
Operatividad: El sistema de control del proceso productivo en la actualidad es semiautomático, el funcionamiento se activa por modo de enclavamiento, el proceso productivo tiene una capacidad de 18 toneladas/día.			
Elementos del Sistema de Tablero de Control			
PLC		Datos Técnicos:	
		Marca:	Modelo:
		SIEMENS	214-1BG31-0XB0
		Frecuencia (Hz):	Voltaje:
		60	120
		Operatividad	
		El PLC está operando de manera correcta, controlando en un 100 % las funciones programadas en el mismo.	
Pantalla Táctil		Datos Técnicos:	
		Modelo:	Voltaje(V):
		6AB2-123-2GB3-0AX0	24-V-DC
		Serie:	Intensidad(A):
		V-F1A84601	0.35
		Operatividad:	
		Se controla por una pantalla HMI, recibe la información de que elementos se encuentran en estado de encendido o apagado.	

Fuente: (Landa Rumipamba y Valdiviezo Guaño, 2020)
Realizado por: Cargua Ángel, Cristhian Mendoza, 2021.

Contando con la ficha técnica del equipo a rediseñar, se deberá analizar el estado crítico y técnico, buscando conocer la importancia de su funcionamiento o en caso de falla existirá otro equipo que supla sus funciones, además también de conocer el estado de los componentes existentes.

Tabla 2-3: Evaluación del estado crítico actual del tablero de control

	ESTADO DE CRITICIDAD ACTUAL				
Imagen	Sistema: Tablero de Control eléctrico	Función: Controlar y monitorear el proceso productivo			
	Criterio	cumple/n o cumple	Calificación Criterio	Calificación Consecuencia	
	Consecuencia a la Seguridad (SI=50%) (NO=0%)		0-100%		
	Puede un modo de falla o pérdida de la función u otro daño lesionar a alguien.	SI	50%	12.5%	
	Puede un modo de falla o pérdida de la función u otro daño matar a alguien	NO	0%		
	Total	50%			
	Consecuencia al Medio Ambiente (SI=0%) (NO=50%)		0-100%		
	El funcionamiento del equipo contamina la calidad del suelo.	NO	50%	25%	
	El funcionamiento del equipo contamina la calidad del aire.	NO	50%		
	Total	100%			
	Consecuencia Operacional (SI=0%) (NO=50%)		0-100%		
	Produce el modo de falla o pérdida de la función un cese del funcionamiento de los equipos.	SI	0%	0%	
	Comentario: Una falla provoca que las protecciones se activen desconectando el suministro de energía eléctrica.				
	El modo de falla o pérdidas de la función ocasiona pérdida de tiempo en la capacidad productiva de la planta.	SI	0%		
	Comentario: La acción correctiva debe ser inmediata por parte del departamento de mantenimiento.				
	Total	0%			
	Consecuencia No Operacional (NO=0%) (SI=50%)		0-100%		
	Al producirse una pérdida de la función la reparación será inmediata.	SI	50%	12.5%	
	Comentario: Las actividades correctivas son prioritarias en la planta,				
	Puede prevenirse el fallo o pérdida de la función con actividades predictivas en la planta	NO	0%		
	Comentario: al no contar con actividades predictivas enfocadas al estado funcional eléctrico, no se puede prevenir fallas en el estado de funcionamiento del equipo.				
Total	50%				
Estado técnico actual del tablero de control eléctrico				50%	

Fuente: (Landa Rumipamba y Valdiviezo Guñaño, 2020)
Realizado por: Cargua Ángel, Cristhian Mendoza, 2021.

Obtenido el valor del estado crítico del tablero de control se interpretará considerando las valoraciones de la Tabla 2.2 ubicado en el marco teórico, en la cual se ubica de la siguiente manera:

Tabla 3-3: Ponderación de estado crítico del tablero de control

Ponderación encontrada	Eficiencia actual	Estado técnico	Se recomienda
50%	50-74%	Malo	Reparación medía

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021.

Este valor obtenido mediante la evaluación del estado técnico actual del equipo nos orienta a la “reparación medía”, puesto que el análisis de ponderación realizado en la Tabla 3-3 se basa en parámetros considerando la criticidad del equipo es decir si este equipo estuviera fuera de servicio la planta de procesamiento de balanceado quedaría en estado de STOP, debido al ser un equipo de alta criticidad porque no existe otro que suministre energía eléctrica y comande a toda la maquinaria de la planta.

Considerando que también se implementó una mejora en el subsistema de mezclado en el área de producción, se ve necesario añadir más elementos de control y maniobra debido a la automatización del sistema de adición de aceite de palma, un factor más que ínsita al rediseño del conjunto armado.

Al hablar de construcción de tableros o conjuntos armados como se la conoce en la norma IEC 61439, reglamentaria en la cual se basará para la aplicación de correctas prácticas de construcción y diseño del conjunto para garantizar la mínima probabilidad de ocurrencia de fallas, así como asegurar la protección a operarios y equipos.

Por lo cual se deberá realizar el análisis de estado actual evaluando parámetros técnicos ya sean del estado físico de los elementos que integran el tablero actual, así como sus conexiones y cableado en donde se tomara en cuenta requisitos que la norma establece como necesarios, estos estarán parámetros estarán orientados a la construcción, rendimiento, seguridad y gestión de mantenimiento.

Es recomendable para el levantamiento de datos se realice en la planta con herramientas de apunte, señalización y etiquetado para evitar incoherencias o equivocaciones asegurando la veracidad de la toma de datos.

Tabla 4-3: Evaluación del estado técnico actual

	ESTADO TÉCNICO ACTUAL				
Imagen	Sistema: Tablero de Control eléctrico	Función: Controlar y monitorear el proceso productivo			
	Criterio	cumple/no cumple	Calificación Criterio	Calificación Consecuencia	
	Construcción (SI=50%) (NO=0%)		0-100%		
	Posee un documento como sustento de construcción por un tablerista certificado.	SI	50%	25%	
	Los elementos utilizados han sido dimensionados bajo alguna normativa.	NO	0%		
	Total		50%		
	Rendimiento (SI=50%) (NO=0%)		0-100%		
	El conjunto armado satisface la demanda de consumo eléctrico a los equipos en la actualidad.	SI	50%	25%	
	Opera en condiciones de variaciones de energía eléctrica de la red de distribución.	SI	50%		
	Total		100%		
	Seguridad (SI=33.3%) (NO=0%)		0-100%		
	Existe protección contra el contacto con partes energizadas.	SI	33.3%	8.3%	
	Existe protección contra el ingreso de elementos externos.	NO	0%		
	Las separaciones de unidades funcionales, barras y bornes prevén la manifestación de arcos eléctricos	NO	0%		
	Comentario: el efecto de arco eléctrico atenta contra la seguridad del operario y demás equipos.				
	Total		33.3%		
	Gestión de mantenimiento (SI=50%) (NO=0%)		0-100%		
	Posee algún plan o manual de mantenimiento aplicable al conjunto armado.	NO	0%	12.5%	
	Se aplica algún tipo de mantenimiento ya sea preventivo o correctivo.	SI	50%		
	Total		50%		
	TOTAL			70.8%	

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Con este valor de ponderación obtenido se procederá de igual manera como se realizó en el estado crítico actual del equipo, la evaluación de su estado técnico actual.

Tabla 5-3: Ponderación de estado técnico del tablero de control

Ponderación encontrada	Eficiencia actual	Estado técnico	Se recomienda
70.8%	50-74%	Malo	Reparación medía

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021.

3.1.1. Levantamiento de datos técnicos de máquinas y elementos constitutivos del tablero de control

Los equipos existentes en la planta procesadora de balanceados, cuyo funcionamiento es importante, debido a que se tiene un sistema de producción en serie y considerando que no es un sistema complejo, es decir si un equipo falla todo el sistema deberá parar, por esta razón es necesario tener datos técnicos de funcionamiento que nos ayudaran a tomar decisiones para el correcto suministro de cargas eléctricas, por lo tanto en la tabla 6-3 se detallan los equipos con los que cuenta la planta procesadora de balanceados.

Tabla 6-3: Equipos eléctricos de la planta procesadora de balanceados

Máquina/Sistema
Elevador de cangilones
Zaranda vibratoria
Molino tipo martillos
Transportador helicoidal N°1 molino -tolva de almacenamiento
Transportador helicoidal N°2 a la mezcladora
Mezcladora
Transportador helicoidal N°3 mezcladora-tolva de envasado

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021.

Estos equipos están distribuidos de acuerdo con la operatividad y necesidad en los diferentes subsistemas o subáreas, en donde existirá la intervención del operador con la maquinaria para realizar acciones de encendido o apagado, estas acciones se lo realiza de manera indirecta es decir el operador no está en contacto con los motores sino más bien se lo realiza por medio de un módulo de comunicación hombre máquina conocido como HMI (interfaz hombre máquina), que

se le puede visualizar de forma física en una pantalla táctil en donde el operador realizará las acciones pertinentes para el arranque de los equipos.



Figura 2-3: Etapas del proceso de producción de balanceado

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Como se muestra en la Figura 2-3, se cuenta con cuatro subprocesos en los cuales se va a transformar la materia prima en producto elaborado, partiendo de la molienda de macro componentes hasta llegar a la tolva de envasado, en donde el producto final será pesado en una balanza digital y empacado en sacos de 45 kg por uno de los operarios para su posterior distribución y consumo.

3.1.1.1. Fichas técnicas de la maquinaria del área de producción

La información recolectada tiene como punto de partida y referencia la documentación proporcionada por la gerencia y experiencia de los operarios que han venido laborando desde la conformación de la planta, facilitando datos de funcionamiento de la maquinaria, estructura y partes que los componen, así como también tiempos de producción, fallos frecuentes en los equipos y datos reales de las fórmulas utilizadas para las mezclas de componentes.

A continuación, se procede al levantamiento de todos los datos de equipos mecánicos y eléctricos que están haciendo uso de la energía proveniente de la red eléctrica de distribución, que a su vez es controlada y maniobrada por el tablero, se pretende mostrar a detalle en las siguientes fichas técnicas todos los detalles que se consideran importantes tanto de las estructuras metálicas como de los elementos eléctricos siendo estos de principal importancia para el análisis de la demanda neta del consumo de energía eléctrica en la planta

Se presenta en primera instancia las fichas técnicas del elevador de cangilones y mezcladora, como ejemplo de levantamiento de datos realizados in situ.

Los datos del resto de equipos se presentan en el ANEXO A.

ELEVADOR DE CANGILONES

Tabla 7-3: Ficha técnica del elevador de cangilones

		Nombre del sistema ELEVADOR DE CANGILONES			
					
Datos					
Generales		Específicos		Operación	
Marca	Diseño Propio	Alto (m)	3,35	Capacidad (TNPH)	1,25
Modelo	Diseño Propio	Ancho (m)	0,44	Velocidad (rpm)	1720
Proveedor	Efraín Cunalata	Largo (m)	0,44	Mat. transportado	Maíz desgranado
Año de operación	2017	Peso (kg)		# cangilones	20
Características adicionales: Posee un motor eléctrico y poleas de transmisión					
Elementos del sistema Elevador de cangilones					
Motor eléctrico		Datos técnicos			
		Marca	Potencia HP (kW)		
		WEG	2,00 (1,50)		
		Intensidad (A)	Voltaje (V)		
		27,60/13,80	110/220		
		Frecuencia (Hz)	RPM		
		60	1720		
		Factor de Servicio	Temperatura ambiente		
		1,00	40 °C		

Fuente: (Landa Rumipamba y Valdiviezo Guaño, 2020)
Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021.

MEZCLADORA

Tabla 8-3: Ficha técnica de la mezcladora

		Nombre del sistema MEZCLADORA			
					
Datos					
Generales		Específicos		Operación	
Marca	103062313	Alto (m)	2.80	Capacidad TNH	1.25
Modelo	03DEZ201 5	Diámetro (m)	1.10	Velocidad (rpm)	1750
Proveedor	INMEG	Largo (m)	1.00	Descarga	Producto terminado
Año de operación	2017	Peso (kg)			
Características adicionales: Posee un motor eléctrico y Tornillo sin fin					
Elementos del sistema Tolva de almacenamiento					
Motor eléctrico		Datos técnicos			
		Marca	Potencia HP		
		WEG	10		
		Intensidad (A)	Voltaje (V)		
		42.00	220		
		Frecuencia (Hz)	RPM		

	60	1750
---	----	------

Fuente: (Landa Rumipamba y Valdiviezo Guano, 2020)
Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

3.1.1.2. Inventariado de elementos que conforman el tablero de control

Los elementos que se encuentran en el tablero son aquellos que fueron dimensionados correctamente para voltaje y corriente en el 2017 año de su construcción, debido al crecimiento de la planta ha ido aumentando su producción y por ende el aumento de maquinaria industrial tales como: una mezcladora de tipo horizontal con capacidad de 1 tonelada, una etapa adicional de transporte de producto por medio de una transportadora helicoidal N°3 que va de la mezcladora hasta la tolva N°2 de almacenamiento para envasado, un banco de condensadores que utiliza funciones del PLC SIMATIC S7-1200 añadiendo a éste dos módulos de comunicación CM 1241 y dos bloques de entradas digitales SM 1221.

Tabla 9-3: Inventario de elementos constituye del tablero de control actual

Cantidad	Elemento	Características	Estado Físico
1	Breaker	2 polos Intensidad de corte 25kA In 160 A Cortocircuito 10In	9/10
1	Repartidor modular	Modulo tetrapolar Protección trasera, no posee tapa de protección delantera 125 A - 500V	9/10
1	Fuente de alimentación Logo Power 6EP1332-1SH43	Tensión de entrada 100-240 VAC (110-300) VDC Tensión de salida 24 VDC 1 fase Potencia de salida 60W Corriente de salida 2.5 A	9/10
7	Disyuntor termomagnético tipo EBS6BN 2 polos	4 C63 2 C50 1 C32	9/10
1	Disyuntor termomagnético 1 polo	C32	9/10
2	SIMATIC S7-1200 módulo de comunicación CM 1241	9 pin SUB D (hembra) Soporta Freeport Tensión de entrada 24 VDC	9/10
1	PLC SIMATIC S7-1200		9/10
2	SIMATIC S7-1200 módulo de entradas digitales SM 1221	8 entradas digitales 24 V DC Intensidad de entrada 4 mA	9/10
1	Borneras carril DIN	25 entradas y salidas	9/10
3	Contactores EBS1C		9/10
3	Relés térmicos LEXO EBS1TR	In 93 A Voltaje nominal 220-380	9/10

3	Guarda motores METASOL	3 polos 2 CNA, 2 CNC In 32ª 208 VAC 60Hz	9/10
1	Pantalla Touch SIEMENS	Alimentación 24 VDC In 0.35 A	9/10
1	Pulsador (reset)		9/10
1	Selector		9/10
1	Paro de emergencia		9/10

Realizado por: Cagua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Los datos técnicos obtenidos de los elementos más importantes del tablero se encuentran detallados en el ANEXO B

3.1.1.3. Diagrama de conexión del tablero de control en la actualidad

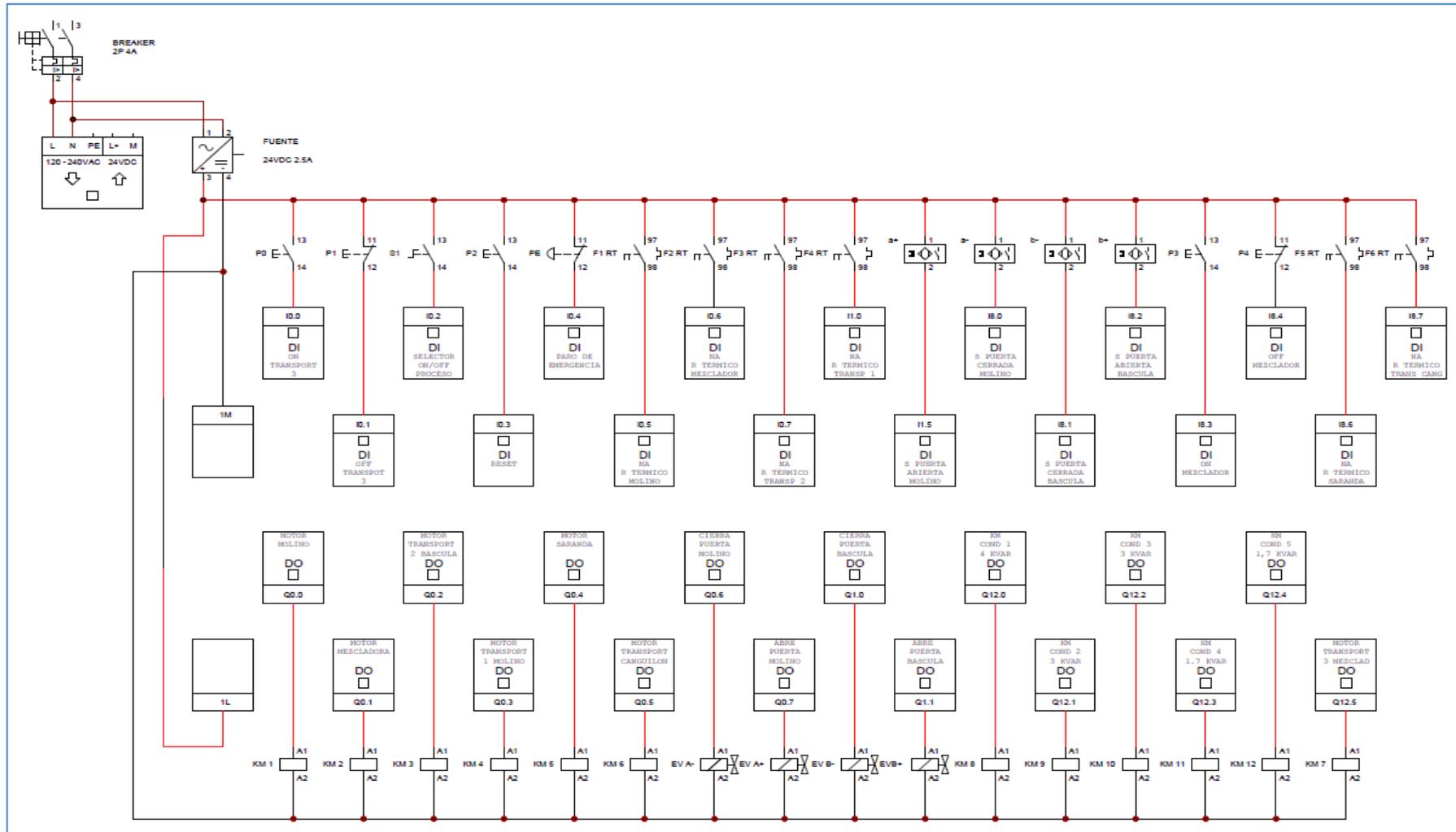


Figura 3-3: Diagrama de control actual de conexión del tablero de control

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021.

El diagrama de conexión de la figura 3-3 fue diseñado en el año 2017 para la construcción e instalación del tablero para las condiciones y demanda de cargas que en ese año existían, a continuación, se presenta el diagrama unifilar de conexión el cual fue realizado por los Sr. Diego Sánchez y Sr. Diego Gusqui, estudiantes de la escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

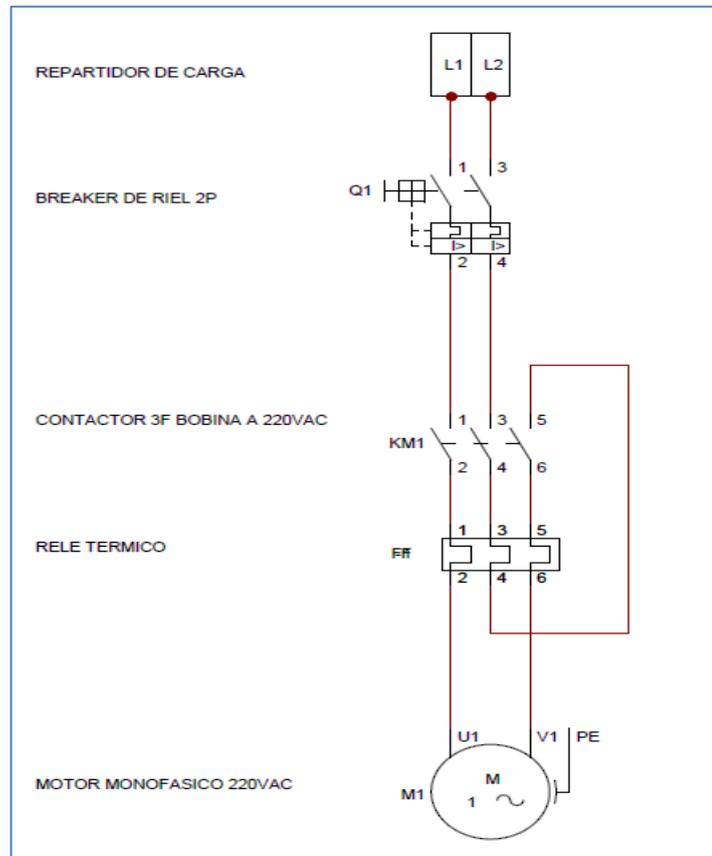


Figura 4-3: Diagrama de potencia actual de conexión del tablero de control
Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Este cuadro de potencia es aplicado para todos los motores de la planta (7 motores trifásicos jaula de ardilla), la única variante será la corriente de consumo dependiendo de la potencia de trabajo de cada motor, la conexión de cada motor en la planta se la realiza mediante un arranque directo o sistema a DOL que es el método más sencillo, y económico utilizado por la planta.

3.1.2. Consideraciones técnicas para la construcción de tableros eléctricos bajo la norma IEC 61439

La normativa utilizada es una reforma de la antigua IEC 60439-1 que había permanecido invariable desde 1990, donde dividía los cuadros en CD (cuadros de tipo probado) y CDS (cuadros de tipo parcialmente probado) ya sea estos aprobados de manera total o parcial mediante pruebas

de laboratorio; La nueva IEC 61439-1 e IEC 61439-2 edición del 2012 sustituye esta dualidad por cuadros “CONFORMES”, es decir cualquier cuadro que cumpla las verificaciones de diseño impuestas por esta norma se considera como cuadro certificado por la IEC 61439.

Por lo tanto, la norma vigente establece tres tipos de verificación de diseño como requisitos de conformidad, éstos son:

- Verificación mediante pruebas de laboratorio
- Verificación mediante cálculo
- Verificación mediante cumplimiento de las normas de diseño

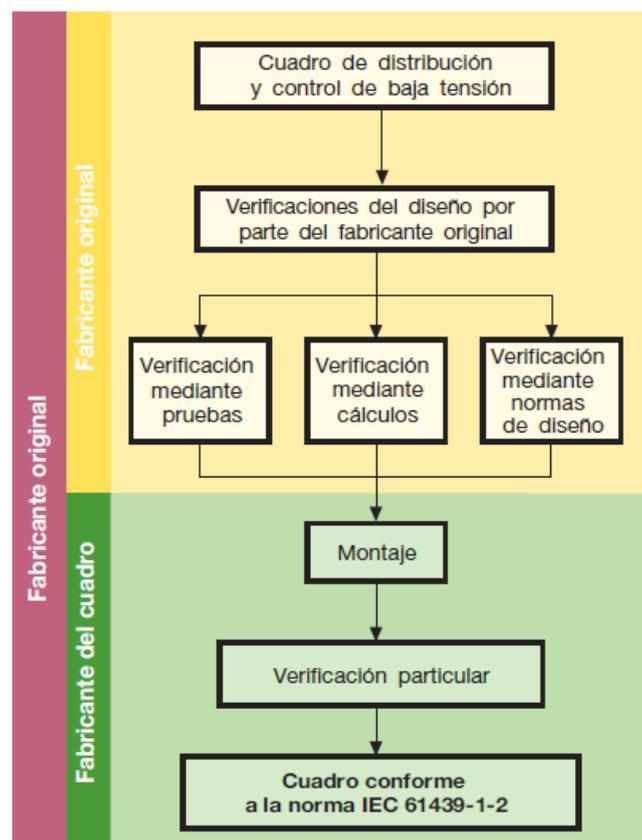


Figura 5-3: Responsabilidades de acuerdo con el tipo de fabricante
Fuente: (ABB, 2015)

El fabricante de origen es considerado el constructor de los dispositivos eléctricos como es el caso de grupo Legrand, ABB, Siemens, entre otras, y el fabricante del conjunto que es el tablerista encargado del montaje y conexión del conjunto armado.

En la tabla 10-3 se plantea las pruebas que exige la norma y cada uno de los apartados donde se encuentran estas consideraciones, debido a que no es posible realizar todas las pruebas entonces se muestra cual tipo de prueba se aplicara a cada característica evaluada, y quien es el encargado

de realizarlo entendiendo que la norma reconoce dos tipos de fabricantes siendo éstos los responsables de ejecutar cada prueba o evaluación.

Tabla 10-3: Pruebas requeridas por la normativa

N	Característica para verificar	Apartado	Opciones de verificación disponibles		
			Pruebas laboratorio	Cálculos	Normas de diseño
1	Resistencia de los materiales y partes del cuadro:	10.2		NO	NO
	Resistencia a la corrosión.	10.2.2	SI	NO	NO
	Propiedades de los materiales aislantes.	10.2.3	SI	NO	NO
	Estabilidad térmica.	10.2.3.1	SI	NO	NO
	Resistencia de los materiales al calor normal.	10.2.3.2	SI	NO	NO
	Resistencia de los materiales aislantes al calor normal y al fuego causados por efectos eléctricos internos.	10.2.3.3	SI	NO	NO
	Resistencia a la radiación ultravioleta (UV).	10.2.4	SI	NO	NO
	Elevación.	10.2.4	SI	NO	NO
	Impacto térmico.	10.2.6	SI	NO	NO
	Mercado.	10.2.7	SI	NO	NO
2	Grado de protección de los envolventes.	10.3	SI	NO	SI
3	Distancias de aislamiento en aire y superficies.	10.4	SI	SI	SI
4	Protección contra descarga eléctrica e integridad de los circuitos:	10.5			
	Continuidad efectiva entre las partes conductoras expuestas del cuadro y el circuito de protección.	10.5.2	SI	NO	NO
	Efectividad del cuadro con fallos externos.	10.5.3	SI	SI	SI
5	Instalación de los aparatos y los componentes de maniobra.	10.6	NO	NO	SI
6	Circuito y conexiones eléctricas internas.	10.7	NO	NO	SI
7	Terminales para conductores externos.	10.8	NO	NO	SI
8	Propiedades dieléctricas.:	10.9			
	Rigidez dieléctrica a frecuencia industrial.	10.9.2	SI	NO	NO
	Tensión soportada a impulsos.	10.9.3	SI	NO	SI
9	Límites de sobre temperatura.	10.10	SI	SI	SI
10	Resistencia a cortocircuitos	10.11	SI	SI	SI
11	Compatibilidad electromagnética (EMC)	10.12	SI	NO	SI
12	Funcionamiento mecánico.	10.13	SI	NO	NO

Fuente: (ABB, 2015)

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Cada fabricante tiene sus responsabilidades ya sea al momento de diseño y construcción como de montaje y puesta en marcha de los conjuntos armados.

El fabricante del conjunto armado es responsable de:

- Seleccionar e instalar los componentes cumpliendo fielmente las instrucciones proporcionadas.
- Ejecutar la verificación particular de cada conjunto armado.
- Certificación del conjunto armado (ABB, 2015, p. 6)

Cada uno de los fabricantes tiene la responsabilidad de verificación de diseño y construcción requerido por la norma de acuerdo con la tabla 11-3, de los siguientes numerales:

Tabla 11-3: Responsables de las pruebas requeridas por la norma

	NUMERAL	RESPONSABLE	
		Fabricante de origen	Fabricante del conjunto
CARACTERÍSTICAS RELATIVAS A LA CONSTRUCCIÓN	Resistencia de materiales y partes	SI	NO
	Grado de protección IP	SI	SI
	Distancia de aislamiento	SI	SI
	Protección contra descargas eléctricas e integridad de circuitos de protección (Efectividad del cuadro con fallos externos.)	SI	SI
	Instalación de dispositivos y componentes de maniobra	SI	SI
	Circuitos internos y conexiones	SI	SI
	Terminales para conductores externos	SI	SI
CARACTERÍSTICAS RELATIVAS AL RENDIMIENTO	Propiedades dieléctricas (Tensión soportada a impulsos.)	SI	SI
	Verificación de los límites de sobre temperatura	SI	NO
	Resistencia de corto circuitos	SI	NO
	Compatibilidad electromagnética (ECM)	SI	NO
	Funcionamiento mecánico	SI	SI
	Cableado y rendimiento en servicio	NO	SI

Fuente: (ABB, 2015)

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021.

3.1.2.1. Grado de proteccion IP

La norma establece un grado de protección como mínimo IP-2XB para tableros cerrados construidos en interiores y sin riesgo de entrada de agua, para aquellos que se construyan en exteriores sin ningún tipo de protección adicional el grado mínimo de protección será IP-23B.

Tabla 12-3: Selección del grado de protección IP

Elemento	Características del lugar de instalación	IP	Significado
Tablero de control	Construcción dentro de una cubierta de techo estructural sin riesgo de contacto con el agua, expuesta al polvo y partículas residuales de la materia prima (> 4mm)	60	Protección total contra el ingreso del polvo.

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Vale recordar que el grado de protección influye en la capacidad para disipar el calor, es decir cuanto mayor es el grado de protección menos calor disipa el cuadro, puesto que se trabaja con una red monofásica con un voltaje de alimentación de 235 V y posee pocos elementos internos se descarta la opción de ventilación y, por ende, el factor de sobre temperatura en el interior de la envolvente.

3.1.2.2. Distancia de aislamiento

Tabla 13-3: Selección de la tensión de impulso

Valor máximo de la tensión nominal de empleo a tierra en CA (valor rms) o de CC	Tensión nominal del sistema de alimentación (= < tensión nominal de aislamiento del equipo) V				Valores preferentes de tensión nominal soportada a impulsos (1.2/50µs) a 2000m			
	Valor de CA rms 	Valor de CA rms 	Valor de CA rms o CC 	Valor de CA rms o CC 	Categoría de sobretensión			
					IV Nivel de origen de instalación (entrada de servicio)	III Nivel de circuito de distribución	II Nivel de la carga (equipos eléctricos)	I Nivel especial protegido
50	-	-	12.5, 24, 25, 30, 42, 48	-	1.5	0.8	0.5	0.33
100	66/115	66	60	-	2.5	1.5	0.8	0.5
150	120/208 127/220	115,120 127	110,120	220-110 240-120	4	2.5	1.5	0.8
300	220/380 230/400 240/415 260/440 277/480	220,230 240,260 277	220	440-220	6	4	2.5	1.5
600	347/600 380/660 400/690 415/720 480/830	347,380,400 415,440,480 500,577,600	480	960-480	8	6	4	2.5
1000	-	660 690,720 830,1000	1000	-	12	8	6	4

Fuente: (ABB, 2015)

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Son las distancias medidas entre las partes activas de polaridad distinta y entre las partes activas y las masas.

Par el cálculo de esta distancia se partirá de la selección de la tensión de impulso soportada a impulsos, por medio de la tabla 13-3, se seleccionará para las siguientes características:

- $U_n=120 \text{ V}$

Para circuitos de distribución

Se tendrá una $U_{imp} = 2.5 \text{ kV}$

Este valor será necesario para la selección del distanciamiento en el aire, que será utilizado en el apartado respectivo.

Distancias mínimo de aislamiento superficial

Son distancias de aislamiento mínimas en el interior del conjunto, esto incluye a todos los componentes internos que dispone de partes asiladas entre las partes activas y la tierra, como se muestra en la figura 6-3.

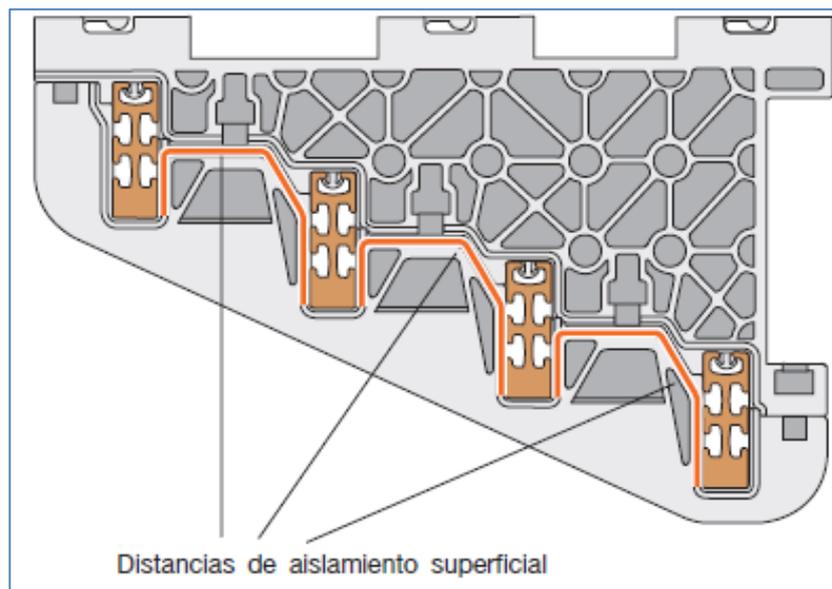


Figura 6-3: Distancias de aislamiento superficial
Fuente: (ABB, 2015)

Tabla 14-3: Distancia de aislamiento superficiales mínimas

	Distancias de aislamiento superficial mínimas
--	---

Tensión nominal de aislamiento U_i V	(mm)							
	Grado de contaminación							
	1 Grupo de materiales	2 Grupo de materiales			3 Grupo de materiales			
	I	I	II	IIIa y IIIb	I	II	IIIa	IIIb
32	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
40	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,8	1,8
50	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,7	1,9	1,9
63	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,8	2	2
80	1,5	1,5	1,5	1,5	1,7	1,9	2,1	2,1
100	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	2	2,2	2,2
125	1,5	1,5	1,5	1,5	1,9	2,1	2,4	2,4
160	1,5	1,5	1,5	1,6	2	2,2	2,5	2,5
200	1,5	1,5	1,5	2	2,5	2,8	3,2	3,2
250	1,5	1,5	1,8	2,5	3,2	3,6	4	4
320	1,5	1,6	2,2	3,2	4	4,5	5	5
400	1,5	2	2,8	4	5	5,6	6,3	6,3
500	1,5	2,5	3,6	5	6,3	7,1	8	8
630	1,8	3,2	4,5	6,3	8	9	10	10

Fuente: (ABB, 2015)

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021.

Para la selección de esta distancia nos basaremos en la Tabla 14-3, que muestra en milímetros para cada componente alojado en el conjunto en función de la tensión nominal de aislamiento (U_i), el grado de contaminación y el grupo de materiales.

Donde nuestra tensión nominal de aislamiento es: $U_i = 235 \text{ V}$

Para ello nos ubicaremos en la tabla 14-3 y seleccionaremos los valores con un grado de contaminación 3, tomando en cuenta que el grupo de materiales aislantes son sólidos es decir pertenecientes al grupo I, se tomará los valores conformados entre:

$$\begin{aligned}
 U_{i0} &= 200\text{V} & I_0 &= 2.5\text{mm} \\
 U_{i1} &= 250\text{V} & I_1 &= 3.2\text{mm}
 \end{aligned}$$

Por el valor que necesitamos es $U_i X = 235 \text{ V}$, para lo que se deberá interpolar estos valores de la siguiente manera:

$$Y = Y_0 + \frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0} (X - X_0) \quad (2)$$

$$Y = 2.5 + \frac{3.2 - 2.5}{250 - 200} (235 - 200)$$

$$Y = 3 \text{ mm}$$

Esta será la separación superficial mínima es decir el ancho del asilamiento entre bornes de conexión de cada línea.

Separación mínima del aire

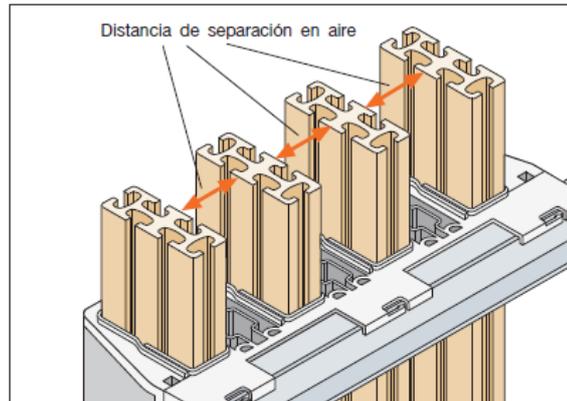


Figura 7-3: Distancias mínima del aire
Fuente: (ABB, 2015)

Es la separación mínima que debe existir entre los conductos de alimentación o barra de alimentación dependiendo el caso, como se muestra en la Figura 7-3:

Estas se hallarán mediante la tabla 15-3, donde muestra la distancia mínima en milímetros de separación en aire en donde la norma requiere un factor de seguridad de 1.5 multiplicado el valor obtenido de la tabla.

Tabla 15-3: Selección de la distancia mínima del aire

Tensión nominal soportada a impulsos U_{imp} (kV)	Distancia mínima de separación en aire (mm)
$\leq 2,5$	1,5
4,0	3,0
6,0	5,5
8,0	8,0
12,0	14,0

Fuente: (ABB, 2015)

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Con un valor de tensión de impulso de:

$$U_{imp} = 2.5 \text{ kV}$$

Obteniendo una distancia mínima de separación en aire de 1.5 mm, que deberá ser multiplicada por el factor de seguridad, de la siguiente manera:

$$DA = 1.5 \times d \quad (3)$$

$$DA = 1.5 \times 1.5 \text{ mm}$$

$$DA = 2.25 \text{ mm}$$

Esta será la distancia mínima de aire entre línea y línea.

3.1.2.3. Protección contra descargas eléctricas e integridad de circuitos de protección

Según la tabla 16-3, se dispone los requerimientos necesarios considerados por la norma con el fin de garantizar la selección acertada de medidas de protección, todos los parámetros expuestos en este apartado han sido tomados de la norma IEC 61439.

Tabla 16-3: Tipos de protección contra descargas eléctricas

Protección contra descargas eléctricas		
Protección contra el contacto directo	Protección mediante aislamiento de las partes con tensión	El aislamiento deberá ser removibles solo en su destrucción.
		El material del aislamiento deberá ser resistentes al esfuerzo mecánico, térmico.
		Las pinturas, barnices, lacados y productos similares no se consideran adecuados para aislar.
	Protección mediante barreras o envolventes	Protección mínimo IP XXB para superficies externas
		La distancia de elementos mecánicos y partes vivas no deben ser menor a las especificadas en el apartado 3.1.2.2.
		Los elementos de sujeción deben proporcionar estabilidad y resistencia a esfuerzos sometidos de las partes vivas y envolventes.
Protección de obstáculos	Se aplica solo a conjuntos de tipo abierto.	
Protección contra el contacto indirecto	Circuitos de protección	Mediante dispositivos para la desconexión automática
		Los elementos pequeños o inaccesibles para el operario no necesitan estar conectados a los circuitos de protección
		Elementos de accionamiento manual (palancas) deben estar conectados correctamente a los circuitos de protección.
		Las partes metálicas cubiertas con barniz o esmalte no se consideran aisladas.
		Se requiere puesta a tierra (PEN) para equipos eléctricos

Fuente: (ABB, 2015)

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021.

Para el cálculo de la protección de puesta a tierra PEN, cuya sección será como mínima la sección máxima del conductor de fase o será como mínimo 10 mm² para conductores de cobre y 16 mm² para aluminio, no es necesario aislar los conductores PEN en el interior del conjunto, esta sección transversal del conductor deberá restringirse a los requerimientos de la siguiente tabla.

Tabla 17-3: Selección de la sección transversal para PEN

Sección transversal del conductor de fase S (mm ²)	Sección transversal mínima del conductor de protección correspondiente S (mm ²)
$S \leq 16$	S
$16 \leq S \leq 35$	16
$35 \leq S \leq 400$	S/2
$400 < S \leq 800$	200
$S > 800$	S/4

Fuente: (ABB, 2015)

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Para nuestro caso la sección del conductor de fases de calibre 250 kcmil es:

$$S = 126.7 \text{ mm}^2$$

La sección transversal para nuestro conductor de protección PEN será:

$$S_p = \frac{126.7}{2}$$

$$S_p = 63.35 \text{ mm}^2$$

El conductor PEN será calibre 2/0 AWG, S= 67.4 mm²

Los requerimientos para el tablerista a cargo de la instalación y puesta en marcha del conjunto armado se basarán en las siguientes evaluaciones tomadas de la norma IEC 61439.

Efectividad del cuadro con fallos externos.

En este proceso el tablerista debe verificar el correcto apriete mecánico y la ejecución del circuito de protección, mediante tres parámetros que son:

- Visualmente: comprobar la existencia de dispositivos que garanticen el contacto para la continuidad del conductor a tierra.

- Mecánicamente: comprobar de manera aleatoria el correcto apriete de contactos y conexiones.
- Eléctricamente: verificar que exista continuidad en diferentes puntos entre los elementos y contactos existentes.

Las herramientas utilizadas para estas tareas son:

- Multímetro
- Banco de pruebas (CA/CC), que alimenten el cuadro durante la prueba de funcionamiento con tensión.
- Una llave dinamométrica para verificar que se han utilizado los pares de apriete correctos en las conexiones.

3.1.2.4. Instalación de dispositivos y componentes de maniobra

En este apartado se deberá verificar la correspondencia real entre el equipo instalado y el previsto en el diseño del conjunto armado, las características a verificar pueden ser:

- Modelo
- Número de polos
- U_n
- U_i
- U_e
- I_n
- Potencia máxima
- IP
- Tipo de conexión

3.1.2.5. Circuitos internos y conexiones

Es necesario que el tablerista a cargo verifique de manera aleatoria de todos los dispositivos internos del conjunto armado ya sean contactores, relés térmicos, disyuntores o PLC, la correcta aplicación de apriete a cada terminal y contacto, la herramienta utilizada para esta tarea será desarmador tipo estrella o plano, o cualquier otro dispositivo de apriete.

3.1.2.6. Terminales para conductores externos

Se deberá comprobar la correspondencia entre cables (código de colores) y los terminales conforme al diagrama de cableado.

3.1.2.7. Propiedades dieléctricas

Esta prueba mide o testea el desempeño de la aislación para las tensiones máximas de utilización, estos son realizados a frecuencias industriales de 60Hz y bajo la forma de efecto de descarga de un rayo.

En esta prueba se realiza de la siguiente manera: Se desconecta el conjunto armado tanto de lado de suministro como del lado de la carga. Se aplica la tensión de prueba ($U_i = 235$, $U_p = 1500V$) con todos los aparatos de protección y maniobra cerrados o bien se aplica sucesivamente la tensión de prueba a los distintos circuitos del conjunto armado.

Esta prueba supone la aplicación de valores en aumento hasta un tiempo máximo de 5 segundos, para los circuitos principales se realizan en las siguientes condiciones:

- Prueba 1: todos los circuitos activos cortocircuitados entre sí y la envolvente o caja puesta a tierra.
- Prueba 2: cada polo principal respecto a los demás polos en cortocircuito entre ellos y la envolvente puesta a tierra.

En esta prueba se utilizará un generador de tensión a frecuencia industrial (di electrómetro), la prueba quedará aprobada si al aplicar la tensión no se produce ninguna perforación o cortocircuito con emisión de chispas.

Para esta prueba es necesaria desconectar todos los dispositivos que consuma corriente tales como: bobinados, fuentes de alimentación, instrumentos de medición, interruptores, diferenciales, que pudieran resultar dañados por la aplicación de la tensión de prueba.

3.1.2.8. Funcionamiento mecánico

Es necesario el accionamiento aleatorio de elementos mecánicos como: palancas, pulsadores, selectores y otros posibles elementos de maniobra para comprobar su correcto funcionamiento.

3.1.2.9. Cableado y rendimiento en servicio

Se comprobará la placa de especificaciones del elemento evaluado, y en caso necesarios, se verificará mediante pruebas de funcionamiento eléctrico y cualquier posible bloque de seguridad.

3.1.3. Cálculo de la demanda eléctrica actual de los equipos instalados para su rediseño

Al tratarse de un sistema monofásico, donde se maneja un voltaje $V_L = 220$ V, $V_F = 120$ V, y un voltaje de empleo $V_e = 235$ V que es la tensión de operación de las máquinas eléctricas, es preciso mencionar que en la planta se trabaja con una red de alimentación desbalanceada, por lo tanto, se deberá conocer el cálculo de las potencias activa y de la intensidad para poder dimensionar conductores y protecciones que sean requeridas.

La potencia está representada por la siguiente fórmula (4):

$$P = V_F I \cos \phi \quad (4)$$

$$I = \frac{P}{V_F \cos \phi} \quad (5)$$

Es necesario el cálculo de la intensidad consumida por el motor monofásico para conocer con mayor exactitud la corriente que deberán soportar tanto conductores como protecciones, se utilizara la formula (6).

$$I = \frac{P}{V_F \times \eta \times \cos \phi} \quad (6)$$

Donde:

I= intensidad absorbida por el motor (A).

P= potencia nominal del motor (W).

V_F = tensión de fase para suministros monofásicos (V).

η = rendimiento.

$\cos \phi$ = factor de potencia.

Para estos cálculos se considerará un rendimiento de los motores de $\eta = 0.85$, y un factor de potencia $\cos \phi = 0.97$, dato que se logró obtener del instrumento de medición SENTRON PAC 3100 que se ha instalado en un tablero de banco de condensadores con la que cuenta la planta.

Se utilizará la fórmula 6 para el cálculo de consumo de corriente en el elevador de cangilones y el resto de los cálculos se resumirá en la tabla 18-3.

$$I = \frac{(1.5 \times 1000)W}{235 V \times 0.85 \times 0.97}$$

$$I = 7.74 A$$

En la tabla 18-3, se muestra el consumo de energía eléctrica de cada equipo que opera en la planta utilizando un motor jaula de ardilla trifásico, esto es necesario para conocer la corriente total de consumo que deberá soportar conductores, protecciones y elementos de maniobra para el funcionamiento del tablero.

Tabla 18-3: Potencia de consumo de los equipos de la planta Grupo Avícola San Vicente

Máquina/Sistema	Carga instalada	Corriente
	(kW)	(A)
Elevador de cangilones	1.5	7.74
Zaranda vibratoria	3.73	19.25
Molino tipo martillos	7.5	38.7
Transportador helicoidal N°1 molino -tolva de almacenamiento	3.73	19.25
Transportador helicoidal N°2 a la mezcladora	5.6	28.9
Mezcladora	7.5	38.7
Transportador helicoidal N°3 mezcladora-tolva de envasado	2.2	11.35
Carga Instalada Total(kW)	31.77	

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2020

3.1.4. Elementos de protección requeridos

Se utilizará la Tabla 19-3 para considerar a qué tipo de breaker se utilizará para la protección del sistema eléctrico de la planta.

Tabla 19-3: Selección de breaker de acuerdo con el amperaje nominal

MONOPOLAR POLO x AMPERIO	BIPOLAR POLO x AMPERIO	TRIPOLAR POLO x AMPERIO	TOTALIZADORE
1x15	2x15	3x15	3x125
1x20	2x20	3x20	3x150

1x30	2x30	3x30	3x175
1x40	2x40	3x40	3x200
1x50	2x50	3x50	3x225
1x60	2x60	3x60	3x250
	2x70	3x70	
		3x100	

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Es necesario conocer la corriente pico I_p , que será calculado de acuerdo con la fórmula (7).

$$I_p = 1.25 * I_{NOMINAL} \quad (7)$$

Tabla 20-3: Dimensionamiento del breaker principal

Equipo	Carga instalada (kW)	Corriente I_n (A)	I_p (A)	Conductor				Protección Breaker
				Calibre	(A)	Diam. mm	Área mm ²	
Tablero de control	31.77	164	205	250 kcmil	215	13.21	126.7	3x200 A

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021.

Hay que tomar en cuenta que en cálculo de un breaker deberá estar siempre en función de la corriente que soporta el conductor, esta corriente deberá ser mayor que la corriente soportada por el breaker y éste mayor a la corriente de la carga.

3.1.5. Conductores AWG

Para el dimensionamiento de los conductores es necesario considerar el código de colores expuesto en la tabla 6.2, y dos criterios fundamentales para su selección que ayudaran a disminuir las pérdidas de corriente en el sistema eléctrico, estas son:

- Intensidad de la corriente que consume.
- Caída de voltaje que se produce en las líneas.

Al hablar de corriente de los conductores se debe considerar que la intensidad que circula por el cable deberá ser mucho mayor a la corriente máxima de activación del interruptor de protección, esto debido a que el interruptor o llave térmica protege a los conductores entonces deberá activarse o saltar antes que el conductor llegue a la corriente máxima que soporta y se sobrecaliente

produciendo averías en el sistema eléctrico, la intensidad de la llave térmica deberá ser mayor a la intensidad de carga para que el sistema eléctrico pueda funcionar con normalidad.

Esto se evidencia en la siguiente fórmula (8).

$$I_{\text{carga}} < I_{\text{prot}} \ll I_{\text{cond}} \quad (8)$$

Donde:

I carga: corriente nominal de la carga o consumo eléctrico.

I prot: corriente máxima del interruptor automático que protege al circuito.

I cond: capacidad máxima de transporte de corriente de conductor seleccionado.

Para considerar la caída de voltaje la NEC, recomienda que no debe exceder al 5% de caída de tensión combinado el ramal y el alimentador, y su consideración individual con un 3% para el ramal y 3% para el alimentador. Estos porcentajes no se deben exceder para estar en conformidad con la norma.

Para el cálculo de la caída de voltaje en los conductores se utilizará la fórmula (9).

$$e\% = \frac{4 \times L \times I}{V_F \times s} \quad (9)$$

Donde:

e% = caída de voltaje en porcentaje.

L = longitud del conductor en metros.

I = corriente en A por conductor.

V_F = tensión de fase para suministros monofásicos (V).

s = sección del conductor en mm².

Tabla 21-3: Tabla de amperaje para selección de calibre de conductor

AMPERAJE QUE SOPORTAN LOS CABLES DE COBRE				
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C

Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
				Calibre del cable	Amperaje soportado
Medida/ calibre del cable	Amperaje soportado			Calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A	18 AWG	10 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A		
6 AWG	55 A	65 A	75 A		
4 AWG	70 A	85 A	95 A	16 AWG	13 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A		
2 AWG	95 A	115 A	130 A	14 AWG	18 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A		
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A	12 AWG	25 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Según la tabla 21-3 se seleccionará los conductores idóneos, para ello se debe considerar que los motores instalados en la plata realizan un arranque directo (DOL), es decir posee un corriente de arranque en el orden de 7-10 veces la corriente nominal, por consiguiente, la llave termomagnética deberá soportar esta condición.

Para los conductores se deberá calcular en un 125% de su capacidad debido a la corriente de arranque instantáneo.

$$I_{pico} = 1.25I_n \quad (10)$$

Se utilizará conductores a 60°C del tipo TW.

Tabla 22-3: Selección de conductores y protecciones para el tablero de control

Máquina/Sistema	I_n	I_{pico}	Conductores			Protecciones
	(A)	(A)	TW	A	s mm ²	Llave TM Tipo C

Elevador de cangilones	7.74	9.7	14 AWG	15	2.08	A9N11782
Zaranda vibratoria	19.25	24	10 WG	30	5.26	A9N11784
Molino tipo martillos	38.7	48.4	6 AWG	55	13.3	A9N11787
Transportador helicoidal N°1 molino -tolva de almacenamiento	19.25	24	10 AWG	30	5.26	A9N11784
Transportador helicoidal N°2 a la mezcladora	28.9	36	8 AWG	40	8.37	A9N11786
Mezcladora	38.7	48.4	6 AWG	55	13.3	A9N11787
Transportador helicoidal N°3 mezcladora-tolva de envasado	11.35	14.2	14 AWG	14	2.08	A9N11783

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Es necesario calcular la caída de tensión que se enuncia en la fórmula 9, para la cual se consideraran las distancias a las que se encuentran los equipos del conjunto armado, y un voltaje de fase de 235V, que deberán ser menor al 5% de caída de voltaje según la norma de estudio, en la tabla 23-3 se detallarán estos cálculos de caída de tensión de la siguiente manera:

$$e \% = \frac{4 \times L \times I}{V_F \times s}$$

$$e \% = \frac{4 \times 6 \times 7.74}{235 \times 13.3}$$

$$e \% = 0.4$$

Este resultado corresponde al elevador de cangilones, el resto se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 23-3: Caída de tensión presente en los equipos de consumo eléctrico

Máquina/Sistema	In	Conductores			Longitud del conductor	Caída de tensión
	(A)	TW	A	s mm ²	m	e %
Elevador de cangilones	7.74	14 AWG	15	2.08	6	0.4
Zaranda vibratoria	19.25	10 WG	30	5.26	3	0.2
Molino tipo martillos	38.7	6 AWG	55	13.3	8	0.4
Transportador helicoidal N°1 molino -tolva de almacenamiento	19.25	10 AWG	30	5.26	10	0.6
Transportador helicoidal N°2 a la mezcladora	28.9	8 AWG	40	8.37	16	0.9
Mezcladora	38.7	6 AWG	55	13.3	12	0.6
Transportador helicoidal N°3 mezcladora-tolva de envasado	11.35	10 AWG	30	5.26	22	0.8

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Para la selección de disyuntores o llaves termomagnéticas se utilizará la tabla 24-3, según el tipo C los cuales tiene la característica de actúan entre 1.13 y 1.44 veces la In en la zona térmica, y de

7 a 10 veces la I_n , en la zona magnética, condiciones que las hace favorables y útiles para la selección de las protecciones, el catálogo utilizado ha sido del fabricante Schneider.

Tabla 24-3: Disyuntores termomagnéticos automática K60 Schneider tipo C

Corriente nominal I_n (A)	Curva C		
	1P	2P	3P
6	A9N11772	A9N11781	A9N11790
10	A9N11773	A9N11782	A9N11791
16	A9N11774	A9N11783	A9N11792
20	A9N11775	A9N11784	A9N11793
25	A9N11776	A9N11785	A9N11794
32	A9N11777	A9N11786	A9N11795
40	A9N11778	A9N11787	A9N11796
50	A9N11779	A9N11788	A9N11797
63	A9N11780	A9N11789	A9N11798

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

La utilización de guardamotores los cuales serán seleccionados de acuerdo con la tabla 25-3, donde nos muestra un catálogo de guardamotores según la casa fabricante Schneider, para la selección de la protección se utilizará como dato de entrada la potencia del motor en Hp, de la siguiente manera:

Tabla 25-3: Catálogo de selección de guardamotores según la potencia del motor

Potencia del motor	Guardamotor referencia	Corriente	Contactador referencia	Iq	Térmica referencia
kW		A		kA	
0.75	GV2ME07	2	LC1K06/D09	50	LR2K0308
1.1	GV2ME08	2.5	LC1K06/D09	50	LR2K0308
1.5	GV2ME08	3.5	LC1K06/D09	50	LR2K0310
2.2	GV2ME10	5	LC1K06/D09	50	LR2K0312
4	GV2ME14	8.4	LC1K09/D09	50	LR2K0316
5.6	GV2ME16	11	LC1K12/D12	15	LR2K0321
7.5	GV2ME20	14.8	LC1D18	15	LRD21
9	GV2ME21	18.1	LC1D25	15	LRD22
11	GV2ME22	21	LC1D25	15	LRD22

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Como se evidencia en la tabla 26-3, se determina el guardamotor adecuado para la protección ante sobre cargas y cortocircuitos que se pueden presentar por anomalías en el suministro de la red eléctrica pública u otros factores.

Tabla 26-3: Selección de guardamotores

Máquina/Sistema	Carga instalada	Guardamotores		
	(kW)	GM	Contactador	Relé
Elevador de cangilones	1.5	GV2ME08	LC1K06/D09	LR2K0310
Zaranda vibratoria	3.73	GV2ME14	LC1K09/D09	LR2K0316
Molino tipo martillos	7.5	GV2ME20	LC1D18	LRD21
Transportador helicoidal N°1 molino -tolva de almacenamiento	3.73	GV2ME14	LC1K09/D09	LR2K0316
Transportador helicoidal N°2 a la mezcladora	5.6	GV2ME16	LC1K12/D12	LR2K0321
Mezcladora	7.5	GV2ME20	LC1D18	LRD21
Transportador helicoidal N°3 mezcladora-tolva de envasado	2.2	GV2ME10	LC1K06/D09	LR2K0312

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

3.1.6. Rediseño del tablero de control considerando la demanda de cargas actuales

Es necesario la elaboración de planos eléctricos donde se considera los requerimientos que la norma exige para el montaje de estos equipos, en la figura 8-3 se observa el nuevo diseño eléctrico elaborado en el software CADe_SIMU, con la finalidad de nombrar, ubicar, identificar y visualizar todos los elementos eléctricos necesarios para el control y automatización de todos los procesos que se tiene en la planta, de esta manera se provee de una guía que facilitara le montaje a futuro del conjunto armado.

Para una mejor comprensión de cómo se realizará una modelación de las conexiones y ubicación de los elementos en el nuevo conjunto armado.

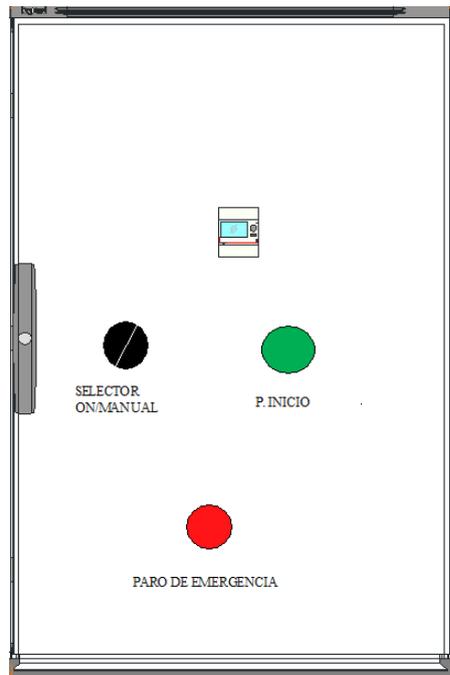


Figura 9-3: Modelación de la cubierta frontal del tablero
Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

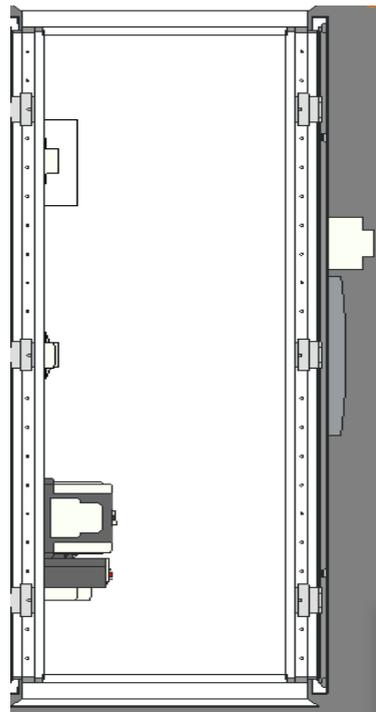


Figura 10-3: Modelación de la cubierta lateral del tablero
Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

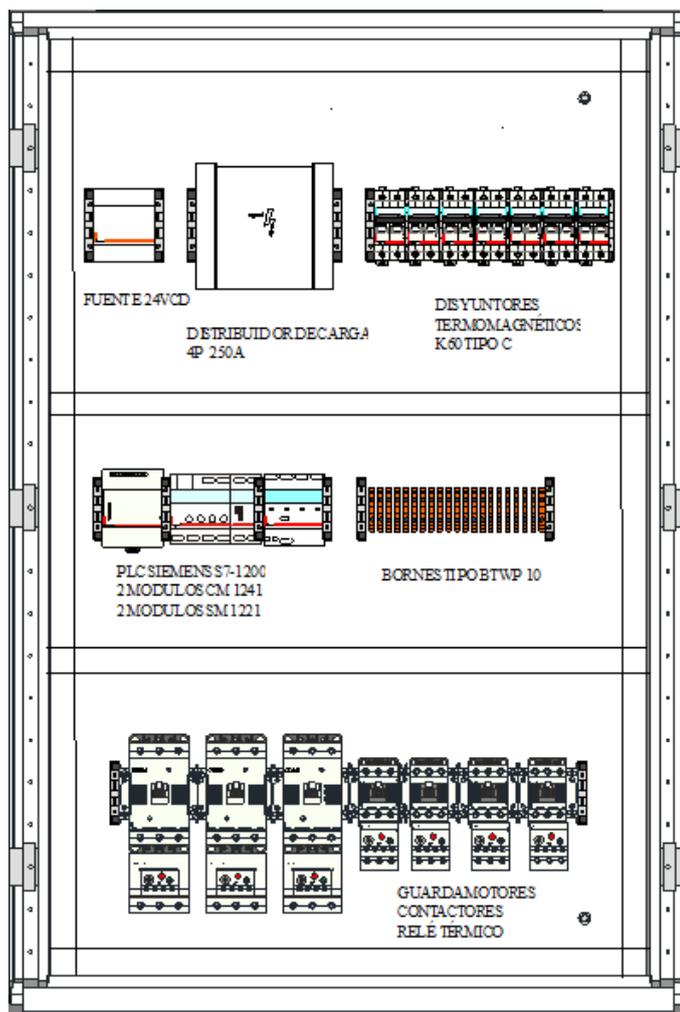


Figura 11-3: Modelación de la cubierta frontal interna del tablero
 Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Para ello se vio útil el diseño en el software XLPRO3 que utiliza la casa fabricante de equipos eléctricos Legrand, para la programación y diseño de sus propios conjuntos armados y sistemas eléctricos.

A continuación, se detallarán las medidas consideradas para el tablero metálico que se va a montar y un diagrama especificando las distancias internas que se deberán considerar en su montaje a futuro.

Tabla 27-3: Dimensiones del tablero y elementos de soporte

Elemento	Dimensiones mm
Tablero metálico	(A x AL x P) 800x1000x420
Canaleta ranurada	40x60
Riel DIN	44.2

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

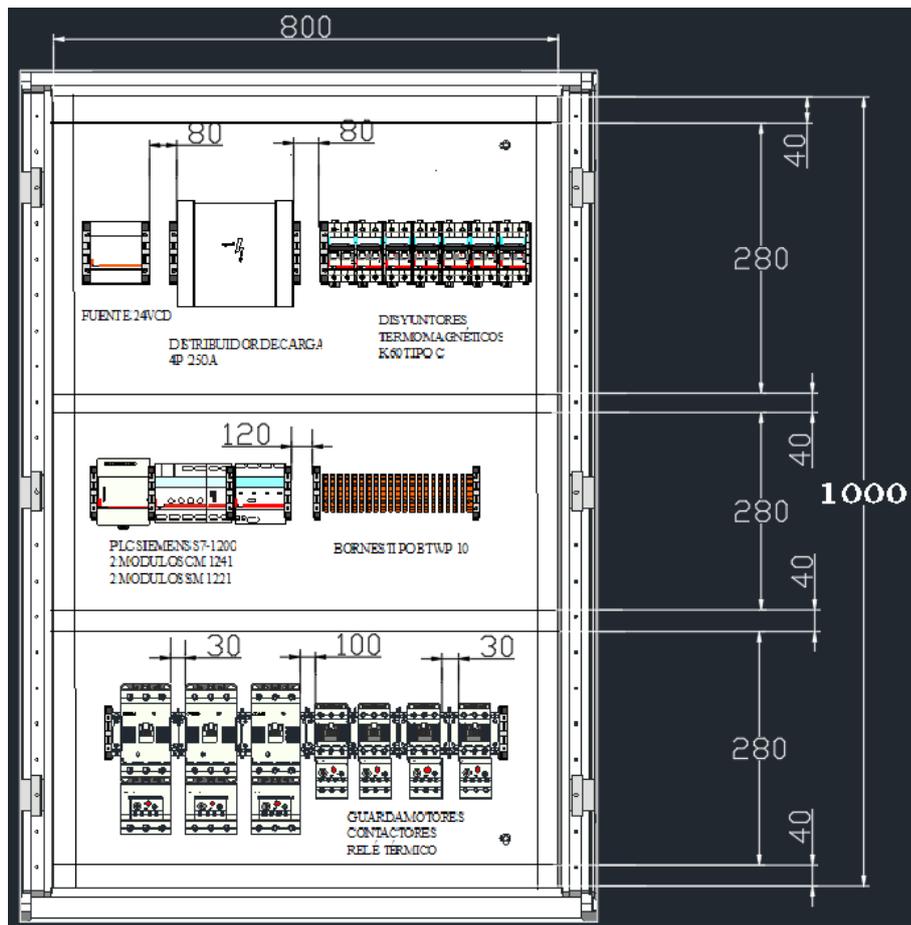


Figura 12-3: Dimensiones internas del tablero de control.
 Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

3.1.7. Procedimientos para la conexión del nuevo tablero de control

Luego de haber considerado los diagramas de fuerza y control del rediseño del conjunto armado se procede a realizar el procedimiento tentativo de construcción, mismo que la planta estará en decisión de construir de ser el caso, el tablerista encargado de realizar las conexiones y montaje de cada componente mecánico y eléctrico deberá realizar conforme a las instrucciones de montaje del fabricante y los requerimientos de la norma que IEC 61439.

3.1.7.1. Identificación de riesgos

- Contrato eléctrico
- Caída de objetos
- Choques y golpes
- Cortes
- Superficies resbaladizas

3.7.1.2. Personal necesario

Dos técnicos eléctricos, un tablerista para trabajos en baja tensión que desempeñara como jefe de trabajo, y otro como ayudante de trabajos eléctricos.

3.7.1.3. Protecciones

- Casco de protección
- Ropa de trabajo
- Guantes aislantes
- Calzado de seguridad

3.7.1.4. Herramientas y accesorios

- Multímetro
- Taladro
- Destornilladores con mango aislado
- Navaja
- Pinza de punta y corte
- Nivelador
- Flexómetro
- Escuadra
- Cinta aislante
- Equipo de señalización y delimitación del área de trabajo
- Crimpadora
- Terminales de ojo de colores
- Tornillos metálicos
- Materiales de limpieza

3.7.1.5. Procedimiento de ejecución

Operaciones previas al trabajo:

- Desconectar de la fuente principal la alimentación al tablero
- Comprobar la inexistencia de voltaje en las líneas
- Colocar la señalización en el área de trabajo si fuere necesario

- Inspeccionar la instalación donde se va a trabajar
- Organización de los elementos a ser montados en el tablero
- Organización de conductores y
- Señalización de los elementos a ser removidos

En la tabla 28-3 se explica las abreviaturas utilizadas en la matriz de procedimiento de conexión de la tabla 29-3.

Tabla 28-3: Simbología de abreviaturas utilizadas

REPRESENTACIÓN	SIGNIFICADO
P0	Encendido del transportador 3 (pulsador, contacto NA)
P1	Apagado del transportador 3 (pulsador, contacto NC)
S1	Arranque del proceso (selector ON /OFF)
P2	Reset (pulsador, contacto NA)
PE	Paro de emergencia (pulsador seta, contacto NC)
F1RT	Guarda motor del molino (relé térmico, contacto NA)
F2RT	Guarda motor de la mezcladora (relé térmico, contacto NA)
F3RT	Guarda motor transportador 2 (relé térmico, contacto NA)
F4RT	Guarda motor transportador 1 (relé térmico, contacto NA)
a+	Apertura de compuerta molino (detector magnético, contacto NA)
a-	Cierre de compuerta molino (detector magnético, contacto NA)
b-	Cierre de compuerta de bascula (detector magnético, contacto NA)
b+	Apertura de compuerta de bascula (detector magnético, contacto NA)
P3	Encendido del mezclador (pulsador, contacto NA)
P4	Apagado del mezclador (pulsador, contacto NC)
F5RT	Guarda motor de la zaranda (relé térmico, contacto NA)
F6RT	Guarda motor del elevador de cangilones (relé térmico, contacto NA)

Realizado por: Carga Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Ejecución del trabajo:

Los pasos para seguir recomendados en la propuesta de rediseño del tablero de control se especifican en los siguientes puntos y en la matriz expuesta, con la finalidad que cuando la gerencia decida ponerlo en práctica, le sirva de punto de partida el análisis realizado en este proyecto.

- Las conexiones del circuito estarán en función del diseño establecido con anterioridad.
- Ubicación del PLC, contactores y llaves térmicas de acuerdo con el diseño establecido.

- Tomar en cuenta los códigos de colores de conductores, de modo que se mantenga la secuencia de fases establecidas.
- Ubicación de los rieles DIN, de acuerdo con el diseño predeterminado.
- Tomar en consideración todas las distancias y medidas establecidas en el diseño.

Tabla 29-3: Procedimiento de conexión de entradas y salidas de los elementos

Elemento inicio	Entrada	Salida	Elemento destino	Entrada	Salida
Medidor de la red pública.	L1, L2	-	Breaker general	1,3	2, 4
Breaker general		2,4	Fuente de alimentación	L1, L2	+, -
Fuente de alimentación	L1, L2	+	P0	13	14
			P1	11	12
			S1	13	14
			P2	13	14
			PE	11	12
			F1RT	97	96
			F2RT	97	96
			F3RT	97	96
			F4RT	97	96
			a+	1	2
			a-	1	2
			b-	1	2
			b+	1	2
			P3	13	14
			P4	11	12
			F5RT	97	96
			F6RT	97	96
					+, -
		+, -	SM	L1, M1, M, 2M	L2
PLC	14-I.0	Q.0	KM1	A1	A2-L2
	12-I.1	Q.1	KM2	A1	A2-L2
	14-I.2	Q.2	KM3	A1	A2-L2
	14-I.3	Q.3	KM4	A1	A2-L2
	12-I.4	Q.4	KM5	A1	A2-L2
	96-I.5	Q.5	KM6	A1	A2-L2
	96-I.6	Q.6	EV a-	A1	A2-L2
	96-I.7	Q.7	EV a+	A1	A2-L2
	96-I1.0	Q1.0	EV b-	A1	A2-L2
	2-I1.5	Q1.1	EV b+	A1	A2-L2
SM	2-I.0	Q.0	KM8	A1	A2-L2
	2-I.1	Q.1	KM9	A1	A2-L2
	2-I.2	Q.2	KM10	A1	A2-L2
	14-I.3	Q.3	KM11	A1	A2-L2
	12-I.4	Q.4	KM12	A1	A2-L2
	96-I.5	Q.5	KM7	A1	A2-L2
	96-I.6				

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

En la tabla 29-3 se detalla el procedimiento de trabajo que se deberá realizar para la conexión del nuevo diseño del tablero de control, se recomienda seguir los pasos descritos en los apartados descritos con anterioridad, donde se especifica cada parámetro a considerar antes, durante y después de la propuesta de rediseño a ser implantada por la gerencia de la planta procesadora de balanceado.

Operaciones finales

Luego de la conexión del nuevo conjunto armado se procede al paso final que deberá realizar el tablerista a cargo.

- Alimentar las líneas de tensión del sistema eléctrico.
- Verificar que la tensión de funcionamiento sea la correcta.
- Comprobar voltaje de línea y voltaje de fase.
- Inspeccionar visualmente el conjunto de la instalación.
- Cerrar el conjunto armado.
- Revisar, limpiar y guardar las herramientas, equipos y material utilizado en la conexión.
- Retiras la señalización y delimitación del lugar de trabajo.

3.1.8. Mantenimiento del tablero de control del Grupo Avícola San Vicente

Luego de realizar las inspecciones visuales y técnicas en el área de producción y especialmente el lugar donde se encuentra el tablero de control, se analizó y se planteó una herramienta que servirá como guía para realizar las tareas de mantenimiento preventivo en dicho equipo, con el propósito de prever cualquier falla o avería que pudiera evitarse con la acción correcta y a tiempo, buscando mantener su estado funcional correcto para el cual fue diseñado y construido, estas tareas deberán ser ejecutadas por el técnico a cargo, en la frecuencia establecido y con las herramientas y medidas de seguridad recomendadas.

Se seguirá una secuencia de pasos propuestos, asegurando la buena práctica tanto en utilización de herramientas como manipulación de equipos, para ello se utilizará la matriz expuesta en la tabla 30-3 que expone las herramientas necesarias, EPP y las precauciones al realizar estas actividades, las tareas expuestas han sido basadas en manuales, documentación de mantenimiento y experiencia de tableristas que brindan este tipo de servicios.

Antes de manipular el conjunto armado se recomienda realizar un soplado del tablero, esto es realizar una limpieza general del equipo con la ayuda de un compresor aplicando moderadas cantidades de aire a componentes y conductores, también se deberá verificar las conexiones a tierra, esto es verificar que el conjunto armado esté conectado al conductor de tierra.

Tabla 30-3: Matriz de tareas de mantenimiento

Mantenimiento del tablero eléctrico				
Área de trabajo:	Producción	Empresa:	Grupo Avícola San Vicente	
Fecha:	Aaaa-mm-dd	Hora:		
Tiempo:	(Horas)	Frecuencia:	Semestral	
Realizado por:	Técnico a cargo	Cargo:		
Aprobado por:	Supervisor a cargo	Cargo:		
EPP:	Casco	Herramientas:	Destornilladores	
	Lentes de seguridad		Alicate	
	Guantes de seguridad		Brochas	
	Zapatos de seguridad		Limpiador de contactos	
Precauciones:	Evitar contacto con agua		Desengrasante dieléctrico	
	Peligro de electrocución		Set de llaves	
	Alta tensión		Multímetro	
			Amarres plásticos	
Actividades:	1.- Retirar contacto de bloqueo			
	2.- Desenergizar el tablero y colocar tarjeta de seguridad			
	3.- Verificar la no presencia de energía			
	4.- Quitar el polvo de la superficie del gabinete con la brocha			
	5.- Verificar el estado de componentes (cables, borneras, elementos eléctricos)			
	6.- Realizar un reapriete de los tornillos de las piezas electrónicas			
	7.- Organizar cableado con amarras plásticas			
	8.- Limpiar con desengrasante dieléctrico borneras y estructuras			
	9.- Retirar humedad de elementos eléctricos con limpiador de contactos			
	10.- Energizar tablero y retirar la tarjeta de seguridad			
	11.- Verificar el funcionamiento de los equipos conectados al tablero			
Observaciones:				

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

3.2. Sistema de dosificación de aceite de palma

Para la producción de un balanceado de calidad se necesita que los nutrientes que se le incorporen tengan las mejores propiedades y características que atribuyan al producto final calidad y los nutrientes necesarios, sabiendo que de esto depende el desarrollo de las aves de postura y producción. La dosificación exacta de todos los ingredientes es de mucha importancia debido a

que si uno de los componentes está mal dosificado produce un desbalance nutritivo en el balanceado.

El sistema de dosificación debe ayudar y facilitar la incorporación del aceite de palma al balanceado, evitando la formación de grumos o que solo se adhiera a una parte del producto, para lograr esto se deberá cambiar el sistema existente que añade el aceite de palma desde un recipiente en lo alto hasta el mezclador por medio de una tubería con 4 orificios aprovechando la caída del fluido que proporciona la gravedad.

En la siguiente figura se puede observar el recipiente de calentamiento y parte de la tubería que transporta el aceite, ubicado en la parte alta del mezclador



Figura 13-3: Sistema de dosificación por gravedad
Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021.

3.2.1. Tiempo de trabajo de la maquinaria para la elaboración de balanceados

En la siguiente figura se muestra la secuencia de producción de balanceados y la disposición de la maquinaria utilizada antes de la implementación del sistema automático de dosificación de aceite de palma.

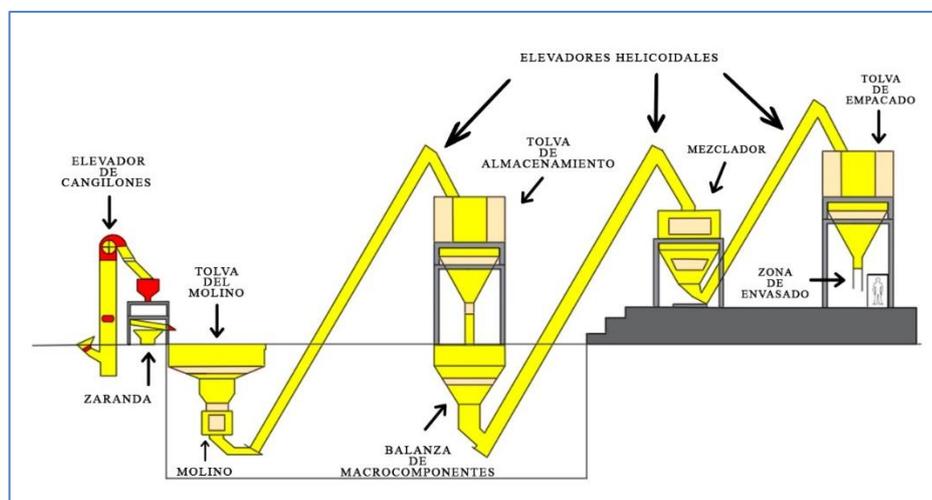
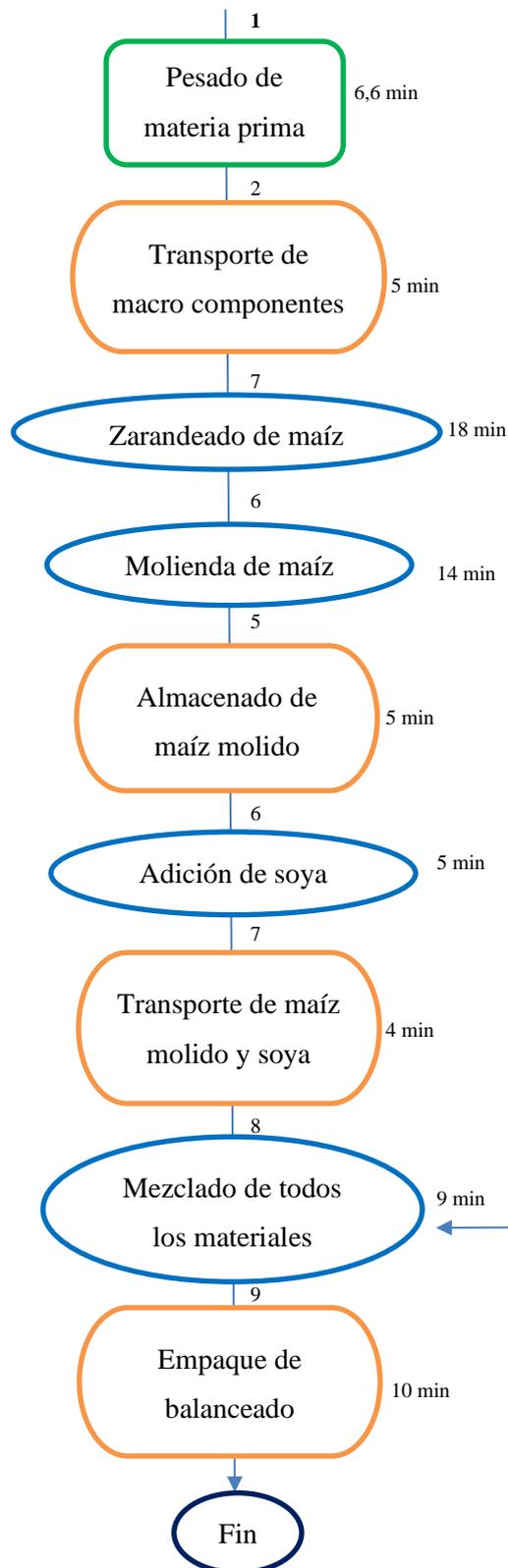


Figura 14-3: Diagrama de procesos de producción de balanceado
Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

3.2.1.1. Medición de tiempos de trabajo de cada máquina

Recepcion de materia prima



Aceite de palma

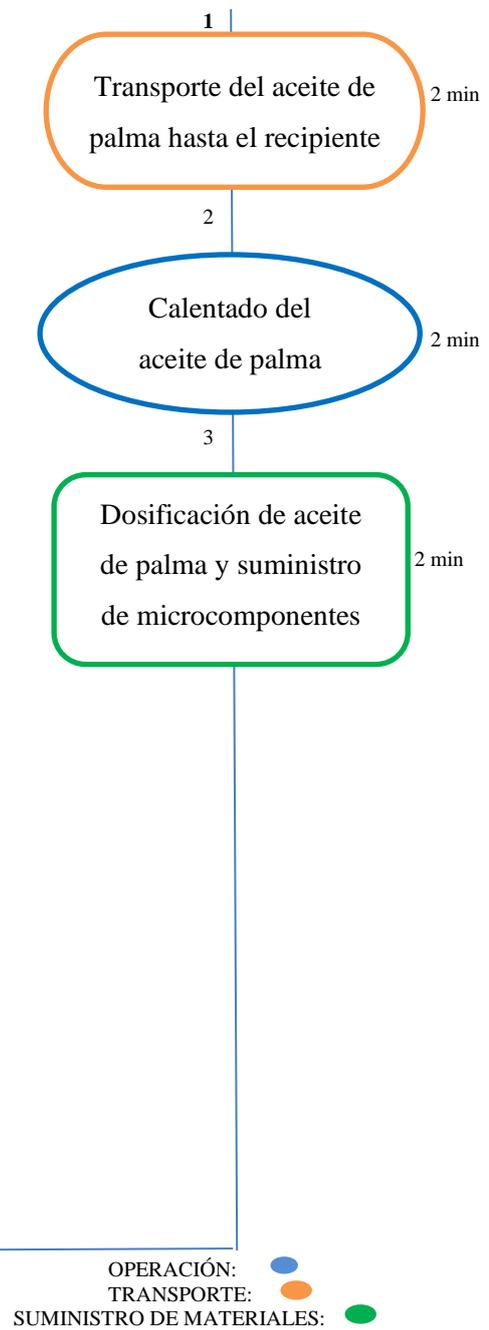


Figura 15-3: Diagrama de tiempos de producción de balanceado
 Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

En la Figura 15-3 se observa un diagrama de flujo que nos ayuda a seguir el orden con el cual opera la planta en la actualidad, donde se muestra la duración aproximados del trabajo, los tiempos medidos son tomados en la producción de la primera tonelada; ya que se cuenta con 3 empleados los cuales se distribuyen las tareas para lograr producir 18 toneladas diarias, es decir 1 tonelada en un tiempo de 27 minutos, todos estos subprocesos se pueden agrupar de mejor manera tomando en cuenta las acciones que realizan en común, esto se lo hace en la siguiente tabla donde identificamos 3 tipos de actividades donde se agrupa los subprocesos.

Tabla 31-3: Tiempos de los subprocesos agrupados para la primera tonelada

Tiempo de ciclo por tonelada	
Actividad	Resultado
Operación	46 min
Transporte	26 min
Suministro de materiales	8.6 min
Tiempo de trabajo total	80.6 min

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Está previsto que la producción de las 17 toneladas restantes se las realice en un tiempo de 6 horas con 39.4 minutos, esto se logra gracias a que el trabajo de la maquinaria es continuo, es decir todos los subprocesos trabajan de forma simultánea y los realizan los 3 operarios de la empresa de la siguiente manera.

Tabla 32-3: Distribución del trabajo en la producción de balanceados

Actividades simultaneas	Sub actividades	Tiempo	¿Quién lo realiza?
Transporte de macro y microcomponentes	Pesado de microcomponentes	6.6 min	Operario 1
	Transporte de maíz hasta la zaranda	5 min	Operario 2
	Transporte de soya hasta la tolva de almacenamiento	3 min	Operario 3
Dosificación de macro componentes	Zarandeo del maíz	18 min	Zaranda
	Molido de maíz	14 min	Molino
	Transporte y almacenamiento del maíz molido	5 min	Elevador helicoidal 1 y tolva de almacenamiento
	Adición de soya	2 min	Operario 3
Preparación del balanceado	Transporte de macro componentes dosificados	4 min	Elevador helicoidal 2
	Transporte del aceite de palma para su calentado	2 min	Operario 2
	Calentado del aceite de palma	5 min	Quemador a gas
	Dosificación del aceite caliente por gravedad	2 min	Tubería de 1 pulgada
	Mezclado de todos los macros y microcomponentes	9 min	Mezclador horizontal
Empaque	Llenado de sacos de 45 kg	10 min	Operario 1

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

En la tabla 32-3 se puede evidenciar como se distribuye el tiempo para realizar las tareas y operación de la maquinaria en la producción de balanceados, por esta razón no es preciso definir el tiempo de operación o de trabajo en cada tonelada, adicionalmente se sabe por la información proporcionada por los operarios que el empacado se lo realizan de forma aleatoria, procurando evitar la acumulación de producto en la tolva de almacenamiento, todo este análisis sirve para definir donde se puede intervenir y automatizar algún sistema, que ayude disminuir el tiempo en los ciclos de producción.

3.2.1.2. Control de dosificación de aceite de palma

En el siguiente diagrama se observa el control de calidad que se realiza en la dosificación de aceite de palma para determinar si su estado es ideal para el proceso de mezclado.

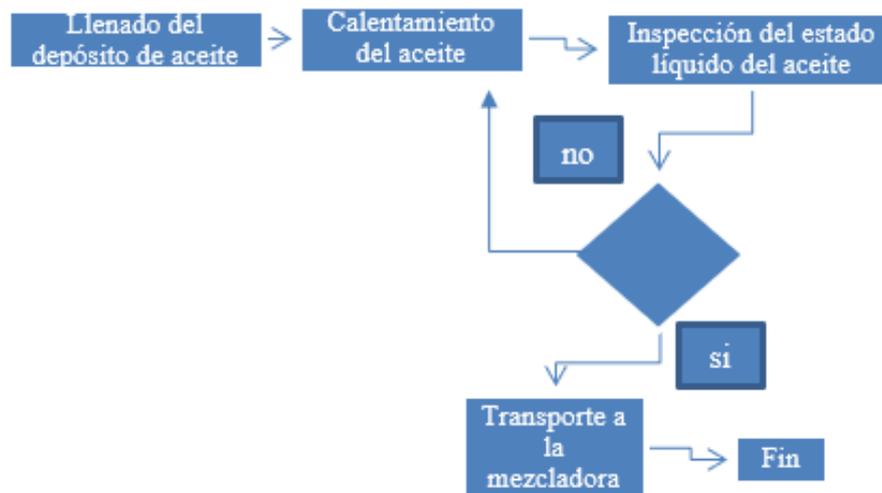


Figura 16-3: Proceso de adición de aceite de palma
 Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Para conocer la temperatura a la cual el aceite de palma pasa de su estado semisólido a líquido, realizamos un ensayo en el LABORATORIO DEL GADM CHAMBO donde obtuvimos los siguientes resultados

Tabla 33-3: Resultados de los análisis de temperatura

Parámetros	Resultados	Observaciones
Tamaño de la muestra	30gr	
Temperatura en sólido	20,3° Celsius	De color amarillo
Temperatura en líquido	69,5° Celsius	De color rojo

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Estos valores de temperatura ayudarán en el cálculo y dimensionamiento de los elementos del sistema de bombeo utilizado en la dosificación de aceite de palma, se muestra también el informe realizado por el laboratorio con fines pertinentes para nuestro trabajo de titulación.

 GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTON CHAMBO LABORATORIO DEL GADM CHAMBO DIRECCION : 18 DE MARZO Y GUIDO CUADRADO Telf. 03-2910172			
REPORTE DE ANALISIS DE ENSAYO			
DATOS DE LA MUESTRA			MUESTRA N°. 031
Producto: Bal-1040(grasa especial para alimentos balanceados)		Recolectada por: Ing. María de los Angeles Cargua	
Marca: Danec		Hora:13:35 pm	
F.elaborado:20/10/2020		Fecha de análisis: 28/01/2021	
F.expira: 20/10/2021		Hora:14:00 pm	
1) DETERMINACIONES FISICO-QUÍMICAS			
PARAMETROS	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADOS
pH	Unidades	<7	4,38
Color en sólido	Unidades de color	Depende de su origen	amarillo
Color líquido	Unidades de color		rojo
Olor	-	No Objetable	Característico
Temperatura sólido	°C	max. 26°C	20,3
Temperatura líquido	°C	-	69,5
Temperatura ambiente	°C	-	20
Tamaño de la muestra	gr	-	30
ABREVIATURAS °C Grados Celcius			
LIMITE PERMISIBLE Referente al producto sometido a ensayo			
OBSERVACIONES: El producto cumple con los parámetros referente a las especificaciones del etiquetado.			
 <small>Identificado electrónicamente por:</small> MARIA DE LOS ANGELES CARGUA LOPEZ			
ATENTAMENTE:			
<hr style="width: 50%; margin: auto;"/> Ing. María Cargua TÉCNICA DEL AGUA POTABLE			
Nota: El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo Las muestras son receptadas en el laboratorio.			

Figura 17-3: Reporte de análisis de ensayo

Realizado por: Ing. María Cargua

Algo muy importante que se debe tomar en cuentas es el momento en el que las muestras cambiaron de estado, es decir el aceite utilizo un tiempo de 15 minutos para pasar de solido a líquido y un tiempo de 75 minutos para pasar de líquido a sólido.

3.2.1.3. Sustentos de la automatización del sistema de dosificación de aceite de palma

Para manejar la posibilidad de aumentar la producción se necesita disminuir los tiempos en los distintos procesos o contratar más personal que agilite la producción de balanceados, en este caso se determinó que el proceso de adición de aceite de palma al no contar con un bombeo y

dosificación adecuada toma más tiempo de lo necesario, además de no homogenizarse correctamente la mezcla de balanceado.

Se necesita un sistema de bombeo el cual proporciona una presión adecuada para que, por medio de los aspersores ubicados en una flauta dentro del mezclador, pulverice el aceite de palma hacia la mezcla final.

Por medio de la siguiente tabla sustentamos cuál de las actividades que compone la dosificación de aceite de palma es posible automatizar, se toma en cuenta las necesidades urgentes de la empresa y el costo de la construcción de este sistema.

Tabla 34-3: Actividades que se pueden automatizar

Actividad	Es necesario automatizar		Requerimientos
	SI	NO	
Transporte y almacenamiento del aceite		x	Lugar destinado donde llega el aceite en cajas
Transporte al recipiente de calentamiento		x	El operario lleva el aceite hasta el recipiente
Calentado del aceite	x		Con ayuda de un generador de chispa y un controlado de llama
Transporte del aceite al mezclador	x		Por medio de un sistema de bombeo y tuberías
Dosificación exacta del aceite	x		Control por medio de lógica cableada o un PLC
Tiempo de adición del aceite	x		Usando temporizadores que prenden y apagan a la bomba
Control del paso del líquido	x		Usando aspersores que dosifican el fluido

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021.

3.2.2. Cálculos del sistema de bombeo de aceite de palma

El cálculo se lo realiza en unidades del sistema internacional de medida (SI), el propósito del cálculo es encontrar la altura de bombeo necesaria que se expresa en metros de columna de agua (mca.), la cual al ser transformada a sus equivalentes obtendremos una presión con la cual podemos escoger una bomba adecuada para esa presión y trabajo, además para reducir el tiempo que ocupaba el anterior sistema es necesario generar un caudal como mínimo de 8 galones por minuto.

Las distancias de las tuberías necesarias para los cálculos las podemos observar en el gráfico 18-3 donde se acota y dimensiona los tramos necesarios hasta el último aspersor de la flauta de

dosificación, además que nos sirve para guiarnos y saber cuántos accesorios se necesitan desde la descarga de la bomba hasta el final de la flauta de dosificación.

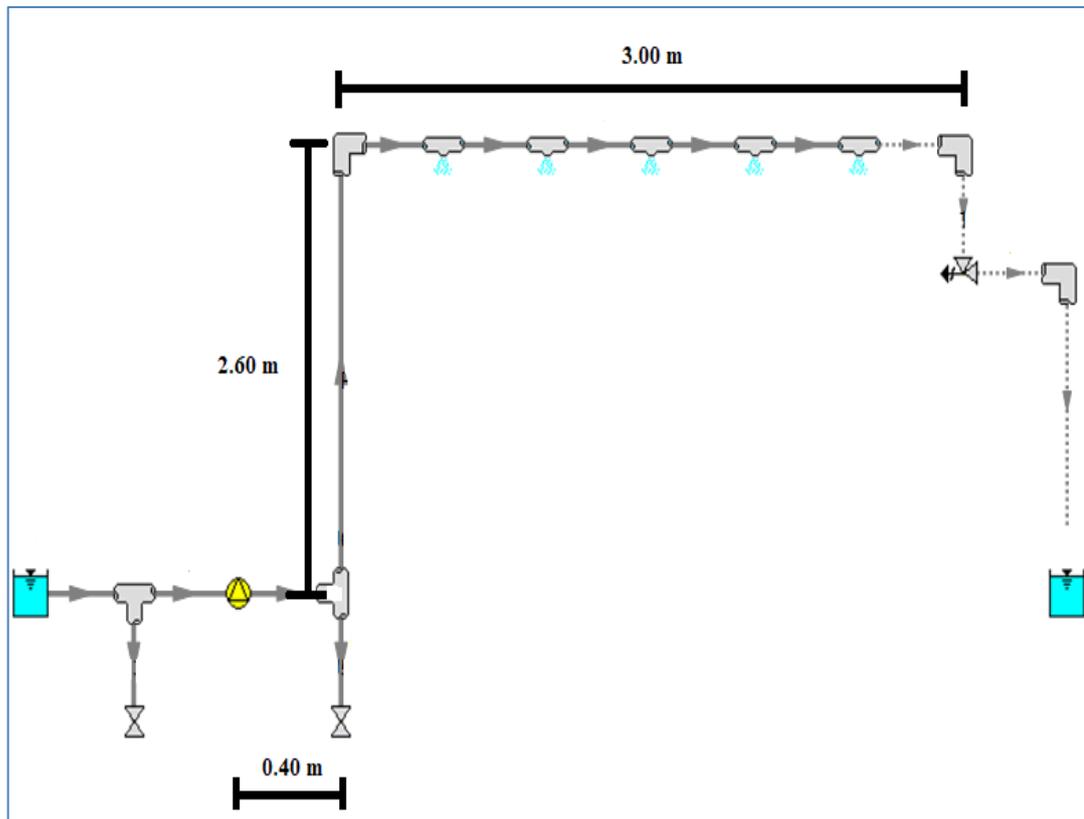


Figura 18-3: Acotación del sistema de dosificación de aceite de palma

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Es importante poseer catalogos de tuberías y accesorios, los cuales suministran ciertos valores constantes necesarios para el calculo, en nuestro caso usamos los del libro de máquinas hidráulicas.(Parra y Robles, 2016)

Tabla 35-3: Propiedades físicas del aceite de palma

propiedad	Valores a 70° celcius
Densidad	0.89 g/ml
Viscosidad cinemática	8.6 cst
Viscosidad dinámica	8.3 CP

Fuente: (Legaz, 2010; Rincón y Martínez, 2009)

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Datos:

$$Q = 8 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \rightarrow 0.0005047 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$L_1 = 0.4 \text{ m}$$

$$L_2 = 2.6 \text{ m}$$

$$L_3 = 3.0 \text{ m}$$

$$L_T = 6.0 \text{ m}$$

$$\varnothing \text{ tubería} = \frac{1}{2} \text{ in} \rightarrow 21.35 \text{ mm}$$

$$\varnothing \text{ interno tubería} = 17.35 \text{ mm} \rightarrow 0.01735 \text{ m}$$

$$T \text{ líquido} = 70^\circ\text{C}$$

Se debe calcular la velocidad con la que debe fluir el aceite, luego reynolds y el factor de fricción en la tubería.

Para el cálculo del caudal se utilizará la fórmula número (14).

$$Q = v \times A \quad (14)$$

Donde:

Q=Caudal

V=Velocidad

A=Área

Se despeja la velocidad y se reemplaza los valores de caudal y área

$$v = \frac{Q}{A} \quad (15)$$
$$v = \frac{0.0005047 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{\pi(0.01735)^2}{4} \text{m}^2}$$
$$v = 2.144 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Con la ecuación de Reynolds se sabrá si el flujo es laminar o turbulento

$$Re = \frac{v \times \emptyset}{\gamma} \quad (16)$$

Donde:

Re=número de Reynolds

v=velocidad

\emptyset =diámetro interno de la tubería

γ = viscosidad cinemática

Se procede al reemplazo todos los datos de la siguiente manera:

$$Re = \frac{2.15 \frac{m}{s} \times 0.01735m}{8.6 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$
$$Re = 4337.5$$

Según el valor de **Re**, el flujo es laminar por lo tanto la ecuación del factor de fricción es :

$$f = \frac{64}{Re} \quad (17)$$

Se reemplaza el valor de Reynolds así:

$$f = \frac{64}{4337.5}$$
$$f = 0.0147$$

Este valor se usa en el cálculo de pérdidas por altura.

Cálculo de pérdidas por altura:

$$h_{LT} = \frac{8fL_T Q^2}{\pi^2 g \emptyset^5} \quad (18)$$

Donde:

h_{LT} =pérdidas por altura

f=factor de fricción

L_T =longitud total de la tubería

Q =caudal

g =gravedad

ϕ =factor de fricción

Reemplazando los valores se tiene lo siguiente:

$$h_{LT} = \frac{8(0.0147)(6)(0.0005047)^2}{\pi^2(9.81)(0.01735)^5}$$

$$h_{LT} = 1.2021 \text{ mca}$$

Cálculo de pérdidas por accesorios:

$$h_{acc} = k \frac{v^2}{2g} \quad (19)$$

Donde:

h_{acc} =pérdida en accesorios

k =factor de pérdida de cada elemento

v^2 =velocidad del fluido

g =gravedad

Reemplazando los valores se obtiene lo siguiente:

$$h_{acc} = 3.55 \frac{2.15^2}{2(9.81)}$$

$$h_{acc} = 0.836 \text{ mca}$$

Aplicando la fórmula para el balance de energía se obtendrá el valor que la bomba debe generar para llegar con la presión necesaria al último aspersor de la flauta.

$$\frac{P_1}{\delta} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + H_B = \frac{P_2}{\delta} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + H_p \quad (20)$$

Donde:

P_1 = es la presión del depósito de aceite caliente

Z_1 = la altura del nivel de referencia

v_1, v_2 = velocidad del fluido dentro de la tubería

H_B = altura de bombeo

P_2 = presión requerida al final de la flauta de dosificación

Z_2 = distancia de bombeo

H_p = pérdidas

En la ecuación anterior se va a anular la presión 1 porque el depósito de aceite caliente no está presurizado es decir su presión es la de la atmosfera, de la misma manera las velocidades se desprecian ya que el diámetro de la tubería no varía a lo largo del sistema por lo que estas son insignificantes, y por último la altura del nivel de referencia es cero, por lo que se elimina de la ecuación.

Se despeja la altura de bombeo en la ecuación y se reemplaza los demás datos.

$$H_B = \frac{P_2}{\delta} + Z_2 + H_p \quad (21)$$

$$H_B = 408 + 2.6 + 0.836 + 1.202$$

$$H_B = 412.638 \text{ mca}$$

$$H_B = 40.45 \text{ bar}$$

$$H_B = 586.13 \text{ Psi}$$

El valor de H_B muestra que se necesita una bomba la cual genere dicha presión con un caudal mínimo de 8 galones por minuto, con esto se reduce el tiempo de adición del aceite de palma hacia la mezcladora.

Debido a las propiedades del aceite de palma como alta viscosidad y densidad mostradas en la tabla 35-3, se decidió utilizar una bomba de engranes, la cual una de sus características es el bombeo de fluidos viscosos a altas temperaturas. También se considera el uso de tubería galvanizada por sus propiedades anticorrosivas y resistencia a temperaturas altas.

3.2.3. Diseño del sistema de dosificación de aceite de palma

Tabla 36-3: Consideraciones en la automatización del sistema de dosificación de aceite de palma

Actividades sin automatizar	Consideraciones en el diseño
El encargado de controlar el mezclado debe subir una altura de 3 metros para depositar el aceite de palma en el recipiente de calentamiento.	Destinar otro espacio donde montar el sistema de dosificación para mejorar la comodidad del operario y reducir los peligros por caídas en alturas
El calentamiento se lo realiza en una olla la cual está a una altura mayor al mezclador	Se utilizará la misma olla ya que la construcción o adquisición de un recipiente donde calentemos el aceite implica un aumento considerable del presupuesto inicial del proyecto
La impulsión del aceite caliente hasta el mezclado es gracias al efecto de la gravedad y por medio de tuberías	Se requiere una mejor homogenización del balanceado por lo que necesitamos un sistema de bombeo que nos genere la presión requerida que pulverice el aceite por medio de 5 aspersores colocados en una flauta a lo largo del mezclador horizontal
Solidificación del aceite en las tuberías	El tiempo que trabaja el sistema de dosificación de aceite de palma es de 2 minutos por tonelada, por lo que el líquido tendera a solidificarse en las mismas tuberías, se necesita un diseño donde nos permita purgar el sistema en los tiempos que no funcione y al finalizar su trabajo
Temperatura de trabajo de un máximo de 80°	la bomba y tuberías para utilizar deberán soportar estas temperaturas, además considerar un recubrimiento para conservar la temperatura del aceite de palma bombeado

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Al momento de diseñar el sistema de dosificación de aceite de palma, encontramos algunos inconvenientes de tipo ergonómico y de seguridad los cuales se deben solucionar con nuestra propuesta, como se observa en la tabla 36-3.

En el siguiente diseño se usó los cálculos realizados para determinar los elementos a usar como tipo de bomba, motor para impulsar la bomba, sistema de tubería y accesorios, además se consideró las especificaciones que nos proporcionaron los operarios de la planta de producción de balanceados para brindar mayor comodidad al momento de realizar este proceso.

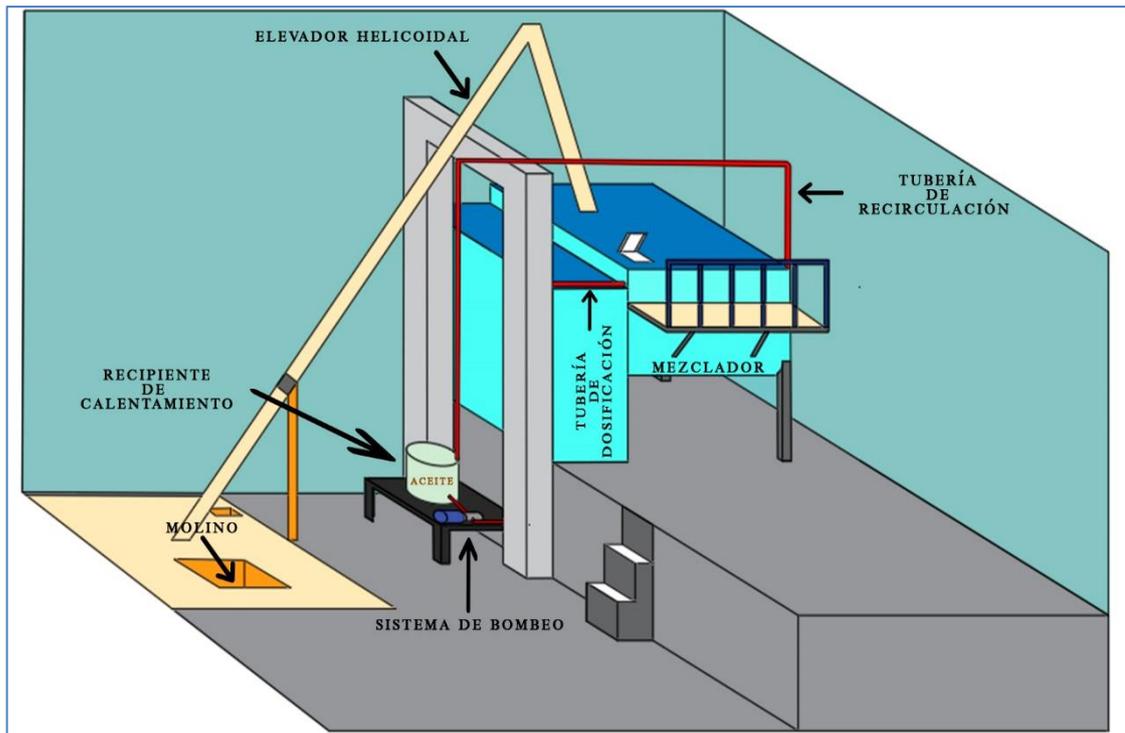


Figura 19-3: Ilustración de la nueva ubicación del sistema de dosificación de aceite de palma
Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

El sistema de dosificación de aceite también hará uso de los siguientes elementos.

Tabla 37-3: Selección de elementos para el sistema de dosificación de aceite de palma

Elemento	Denominación	características
Depósito de aceite	J1	Ø 55cm*40cm
Bomba de engranes	J2	11,89 GPM A 1800 RPM
Motor WEG	M	1HP A 1800 RPM
Acople tipo T (acero galvanizado)	J3, J14	½ plg
Codos a 90° (acero galvanizado)	J5, J10, J15, J11	½ plg
Tubería de acero galvanizado	P1, a la P15	½ plg
Válvulas	J4, J16	½ plg
Válvula de alivio	J12	½ plg
Aspersores para aceite	J6, J7, J8, J9	½ plg, abertura hasta 45°

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Para dar solución a los problemas que generara el bombeo de aceite de palma caliente, se considera lo siguiente en el diseño, se debe generar la suficiente presión en las boquillas de los aspersores para que éstos expulsen el líquido con un buen ángulo y cantidad, se prevee un aumento en la presión de bombeo por lo que debemos considerar el uso de una válvula de alivio para que mediante una tubería el aceite sea llevado a otro recipiente de apoyo, y por última se considera que al final de la jornada laboral el aceite que se encuentra en la bomba y las tuberías debe retornar

a un contenedor para evitar que se solidifique para el siguiente día, esto se soluciona debido a que los orificios de los aspersores es de un tamaño de 5/32 in (3.9mm), al existir cierta inclinacion de la faluta provoca que la presión atmosférica actue dentro de la tubería y expulse al aceite de palma hacia el depósito de vaciado, dicho proceso se ilustra a continuacion.

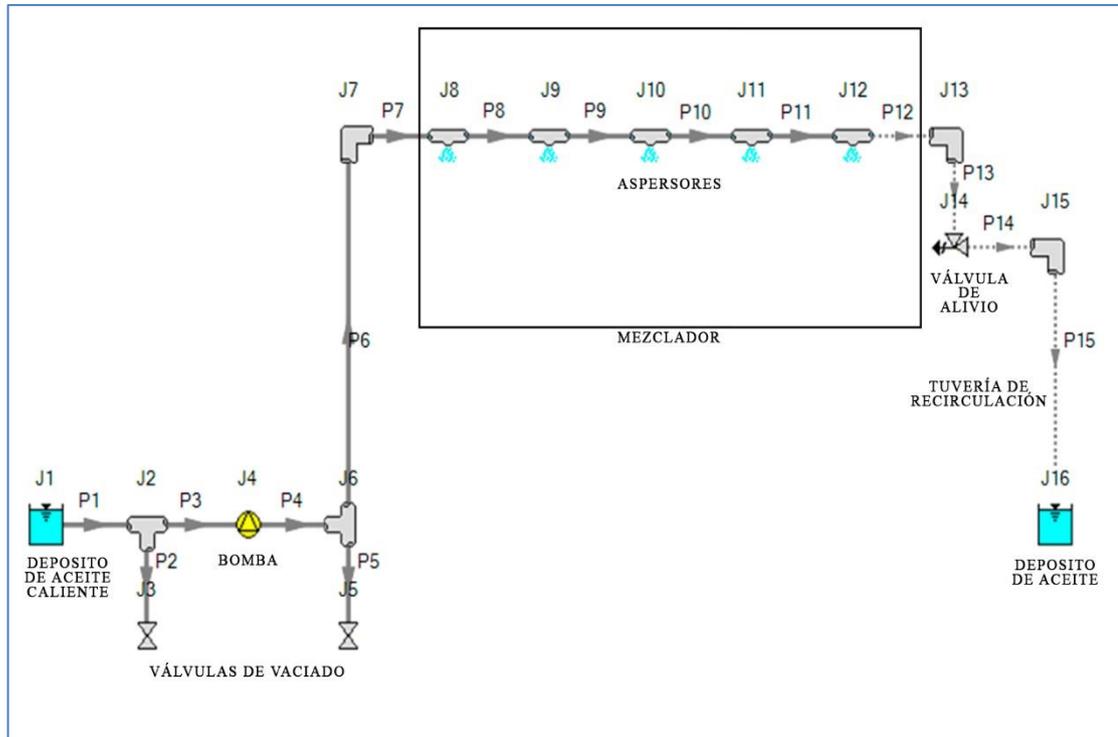


Figura 20-3: Sistema de tuberías y accesorios para la dosificación de aceite de palma

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

3.2.4. Construcción, instalación y automatización del sistema de dosificación de aceite de palma

3.2.4.1. Construcción del sistema de dosificación de aceite de palma

Para el proceso de construcción y montaje del sistema de bombeo se considera y agrupa en la siguiente matriz, procurando redactar de manera clara y entendible los procedimientos y técnicas utilizadas.

Tabla 38-3: Construcción de la base para el recipiente de calentamiento y sistema de bombeo

Actividad	Proceso	Evidencia
Adquisición de materia prima	<ul style="list-style-type: none"> • Compra y transporte de 2 ángulos de 2*1/4 plg 	
Trazar las dimensiones	<p>Se necesita trazar los siguientes tramos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 tramos de 40cm • 2 tramos de 60cm • 4 tramos de 100cm 	
Ejecutar los procesos tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Cortar las secciones trazadas • Verificar las dimensiones • Ajustar la perpendicularidad • Soldar de estructura • Pintar la estructura 	
Ensamblaje del equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Acoplar el quemador para el recipiente de calentamiento • Montar el sistema motor bomba 	

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Tabla 39-3: Construcción del tramo de tubería de dosificación

Actividad	Proceso	Evidencia
Adquisición de materia prima	<ul style="list-style-type: none"> • Compra y transporte de 2 tuberías galvanizadas de 1/2 plg • Compra de 4 codos a 90° de 1/2 plg • Compra de 2 acoples tipo T de 1/2 plg • Compra de 5 aspersores • Compra de válvulas 	
Trazar las dimensiones	<p>Necesitamos trazar las siguientes dimensiones de tubería:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 tramos de 40cm • 3 tramos de 20cm • 3 tramos de 60cm • 1 tramos de 260cm, 115cm, 183cm, 300cm, 330cm 	
Ejecutar los procesos tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Cortar los tramos trazados • Verificar las dimensiones • Roscar la tubería • Acoplar los aspersores 	
Ensamblaje del equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de la flauta con los aspersores • Instalar las válvulas 	

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

3.2.4.2. Instalación del sistema de dosificación de aceite de palma

Cuando la construcción de la base y tubería del sistema de dosificación de aceite de palma a finalizado, se procede a transportar estos equipos hasta las instalaciones del Grupo Avícola San Vicente para llevar a cabo su instalación y puesta a punto en su nueva ubicación.

Tabla 40-3: Proceso de instalación del sistema de dosificación de aceite de palma

Actividad	Descripción	Herramientas utilizadas
Anclaje del sistema	Consideramos que la estructura deberá estar fija al piso lo que reduce las vibraciones producidas por el sistema de bombeo, para esto se realiza 4 orificios en el piso en los cuales se anclará la estructura, mediante tornillos y taco Fisher.	Taladro percutor Copa o llave número 11 Nivel de burbuja
Acople de tuberías	Todos los tramos de tubería se acoplan de la siguiente forma. De la bomba hacia la válvula de vaciado Desde la válvula de vaciado hacia un codo a 90° Desde el codo a 90° hasta la flauta de dosificación Desde la flauta de dosificación hasta la válvula de alivio Desde la válvula de alivio hasta la válvula de ingreso de aire Desde la válvula de ingreso de aire hasta el tramo de recirculación	Pinza de presión Llave Stilson
Anclaje de tuberías	Una parte de la tubería se sostendrá en la columna ubicada cerca a el sistema, esto se lo realizará por medio de abrazaderas de anclaje	Taladro percutor Copa o llave número 11
Montaje de aspersores	Para introducir la flauta de dosificación, esta no debe contener a los aspersores, ya que éstos no le permitirían el ingreso por un costado del mezclador	Pinza de presión
Conexión del sistema eléctrico y de control	La energización del sistema siempre será el paso final, para precautelar la integridad de las personas que instalan los equipos mecánicos. Se realiza el montaje y conexión de breakers, protecciones y elementos de control en el cuadro del tablero de mando. Una vez realizado todas las instalaciones se procede a realizar una inspección de las uniones de las tuberías accesorios y también las conexiones eléctricas del tablero de control.	Multímetro Destornillador punta de estrella y punta plana

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021.

3.2.4.3. Automatización y control del proceso de dosificación de aceite de palma

Para encender o detener el sistema de dosificación de aceite de palma se considera la instalación de un tablero individual, ya que el control y mando deben estar ubicados cerca del mismo, brindando al operario un tiempo de respuesta rápido para su accionamiento o al momento de suscitarse un inconveniente.

El propósito es disminuir el esfuerzo físico que realiza el operario y reducir el tiempo de trabajo del sistema de dosificación de aceite, como beneficios de la automatización tenemos, el encendido del sistema de calentamiento, la selección de la cantidad adecuada de aceite y el control del tiempo de dosificación para cada tipo de balanceado que produce la planta.

Cabe recalcar que se aprovechó las funciones que nos brinda el variador de frecuencia para poder controlar la velocidad de giro de la bomba.

Los elementos que se usaron para la automatización son:

Tabla 41-3: Listado de elementos usados para la automatización del sistema de dosificación de aceite de palma

Elementos	Características
Variador de frecuencia	1HP
Tablero Beaucoup	40*30*20 (cm)
Potenciómetro de precisión	10 vueltas 10 k Ω
Canaleta ranura gris	25mm*40mm
Breaker riel Schneider electric 1p	20 A
Pulsadores	Varios colores
Relé encapsulado	Camsco
Timer ON DELAY	Capacidad 6 min
Luces piloto	Rojo y azul
Paro de emergencia	Color rojo
Cable concéntrico	Varios metros
Riel DIN, bornes y prensa estopas	Sin especificaciones

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

El diagrama de la figura 21-3 se realizó en el software CADe_SIMU, en el cual se considera que el mando para encender el sistema de dosificación se lo realizara desde 2 puntos de mando y temporizando en apagado del sistema

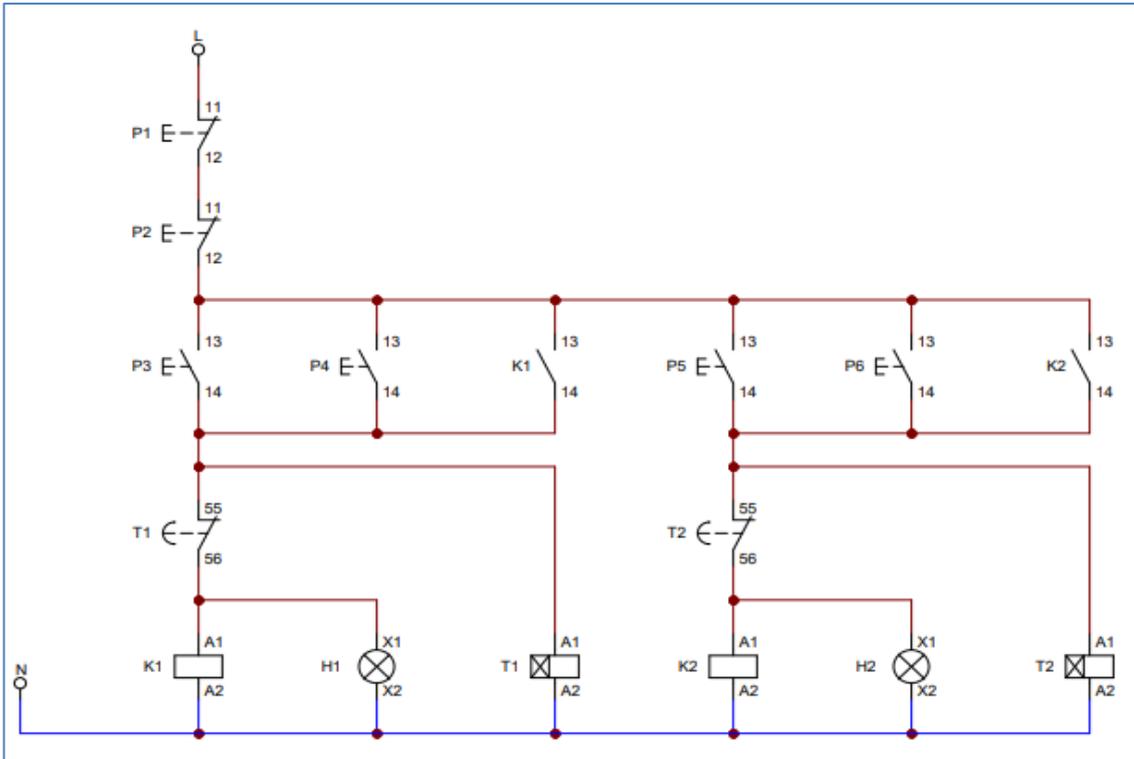


Figura 21-3: Diagrama de control para la automatización del sistema de dosificación de aceite de palma

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

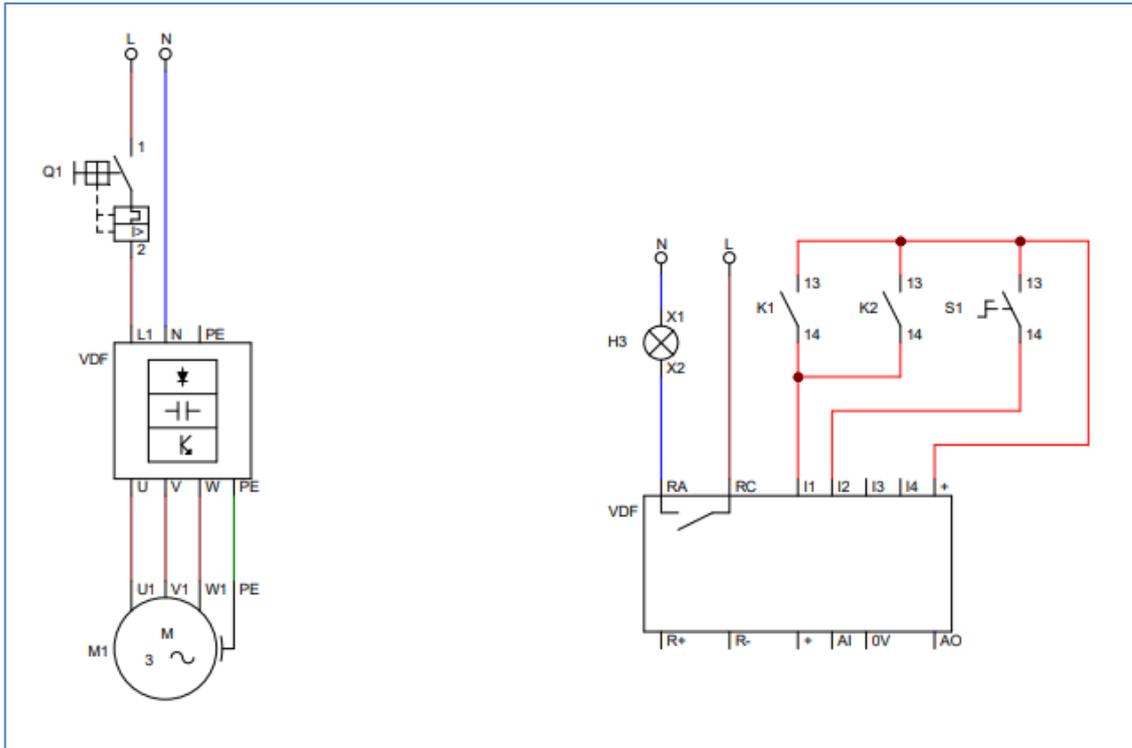


Figura 22-3: Diagramas de potencia para la automatización del sistema de dosificación de aceite de palma

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

3.2.5. Puesta a punto del sistema de dosificación de aceite de palma

La calidad del balanceado producido a partir de la instalación del sistema de dosificación de aceite de palma nos ayuda en su calibración lo cual determina las condiciones óptimas de funcionamiento.

Se realiza 3 pruebas donde se toma mediciones de temperatura, velocidad de giro de la bomba y presión en las tuberías de transporte de aceite.

Tabla 42-3: Pruebas de funcionamiento

Número de prueba	Parámetros	Resultados
Prueba 1	Temperatura del fluido 70°. Frecuencia de giro del motor es 60 Hz. Presión de bombeo 200 Psi.	El aceite fue pulverizado y lanzado con demasiada fuerza, lo que genera que el mezclador se ensucie. El tiempo que se demoró en bombear todo el fluido fue de 1 minuto.
Prueba 2	Temperatura del fluido 75°. Frecuencia de giro del motor es 20 Hz. Presión de bombeo 60 Psi.	El aceite es lanzando en forma de gotas muy finas, lo que ayudo a la homogenización de la mezcla. El tiempo que tomo bombear el fluido fue de 4 minutos.
Prueba 3	Temperatura del fluido 70°. Frecuencia de giro del motor es 40 Hz. Presión de bombeo 100 Psi Disminución del ángulo de aspersión a 10° aproximadamente	Una pequeña parte del aceite es pulverizada y lo demás es lanzado al mezclador en forma de un chorro. Al reducir el ángulo de aspersión el aceite deja de adherirse a las paredes del mezclador. El tiempo que se demoró en bombear todo el fluido fue de 1. minutos
		

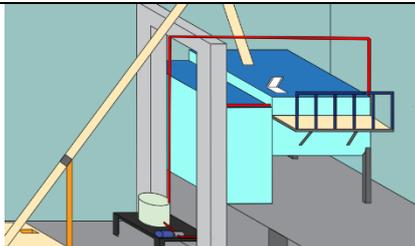
Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

3.2.5.1. Reducción de tiempos en la producción de balanceados

Como uno de los objetivos del presente trabajo se enfoca en aprovechar los beneficios de la automatización del sistema de dosificación de aceite de palma, entonces se analiza como influyo esto a la reducción de tiempos de este subproceso el cual antes se demoraba de 10 a 12 minutos, donde solo el proceso de adición del aceite a la mezcladora toma 2 minutos, y el proceso de

mezclado 9 minutos, para determinar éste parámetro la empresa contrato a un laboratorio externo el cual hizo pruebas de calidad al balanceado.

Tabla 43-3: Cuadro comparativo del sistema de dosificación de aceite de palma

Antiguo sistema		Nuevo sistema	
			
Transporte del aceite de palma hacia el recipiente de calentamiento	2 min	Transporte del aceite de palma hacia el recipiente de calentamiento	1 min
Encendido del sistema	40 s	Encendido del sistema	20 s
Tiempo de adición	2 min	Tiempo de adición	1.5 min
Tiempo de mezclado	9 min	Tiempo de mezclado	9 min
Consumo de gas	2 tanques semanales	Consumo de gas	2 tanques semanales

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

El nuevo sistema de dosificación puede adicionar el aceite de palma caliente en un tiempo de 1 minutos, se usa 5 aspersores los cuales pulverizan el aceite hacia la mezcla con lo cual se logra una mejor homogenización del balanceado y se reduce el tiempo en el cual obtenemos un buen producto final.

La reducción de tiempo en toda la jornada laboral es de 36 minutos aproximadamente, este tiempo es usado para producir 1 tonelada más de balanceado.

3.3. Redacción de un informe de acuerdo con los datos obtenidos de las termo gramas realizados al tablero de control

Las pruebas de análisis termográfico considerado como una técnica de mantenimiento predictivo, donde se busca encontrar con antelación cualquier modo de falla que pudiera existir en el tablero eléctrico de la planta, para estas tomas además de la cámara termográfica se utilizó un Aparato de medición multifunciones: temperatura, velocidad del aire, humedad relativa y luxómetro 45170.

Tabla 44-3: Información general previa a realizar la termografía

DATOS INFORMATIVOS	
Empresa:	Grupo Avícola San Vicente

Ubicación:	Provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, barrio San Martín de Veranillo
Teléfono:	032372482
Realizado por:	Ángel Cargua, Cristhian Mendoza
Fecha y hora:	2021-02-17 12:00

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021



Figura 23-3: Cámara SATIR

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Tabla 45-3: Información general del equipo

EQUIPO UTILIZADO	
Cámara termográfica	SATIR
Rangos térmicos:	-20°C a 250°C hasta + 1500°C
Sensibilidad térmica:	≤ 0.05 °C @ 30 °C 1000mk
Resolución:	384 x 288
Pantalla:	Pantalla táctil
Modo de enfoque:	SAT – OPTIFLEX Ajuste inteligente
Precisión de medición:	±2 °C, ±2 % a 25 °C de las lecturas
Resolución espacial:	1.1 mrda
Rango espectral:	7 – 14 μm
Modo de imagen:	IR, digital, fusión de imagen, picture in picture
IFOV:	24° x 18° /0.1m
Características adicionales:	IP54, wifi, GPS, brújula electrónica

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Se definen los parámetros de variación de temperatura en la Tabla 46-3.

Tabla 46-3: Cuantificación por grados de temperatura

DT entre componentes similares bajo cartas similares	DT entre el componente y la temperatura ambiente	Acción recomendada	
1 °C - 3 °C	1 °C - 10 °C	Clase 0	Ordenen investigación
4 °C - 15 °C	11 °C - 20 °C	Clase 1	Reparar cuando sea conveniente

-	21 °C - 40 °C	Clase 2	Reparación tan pronto sea posible
>15 °C	>40 °C	Clase 3	Reparación inmediata

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Tabla 47-3: Análisis de elementos defectuosos

N.º	EQUIPO ANALIZADO	ELEMENTO EN FALLA	Δ T	SEVERIDAD
01	Tablero principal	Distribuidor de cargas	48.2 °C	Reparación inmediata
02		Disyuntor termomagnético bipolar 2 y 3	53 °C	Reparación inmediata
03		PLC	78.3 °C	Reparación inmediata
04		Guarda motor 2		
		Contactador metasol	126.3 °C	Reparación inmediata
		Relé de sobre carga térmica	77.8 °C	Reparación inmediata
05		Guarda motor 4	39,7 °C	Reparación inmediata

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

La reparación inmediata que nos indica la tabla tendrá como acción correctiva de mantenimiento el cambio inmediato de los equipos de protección y control ya que deben ser dimensionados para más altos rangos de sobrecarga, sobre tensión y sobre corriente.

ANÁLISIS TERMOGRÁFICO DEL DISTRIBUIDOR DE CARGAS

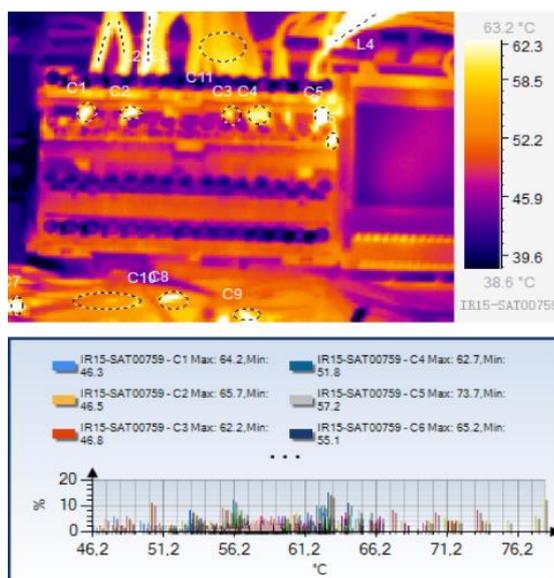


Figura 24-3: Termogramas del distribuidor de cargas

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Tabla 48-3: Información del termogramas

Información del fotograma	Valores:
Temperatura máxima:	73.7 °C
Temperatura mínima:	33.5 °C
Temperatura ambiente:	25.5 °C
Emisividad:	0.95
Nombre del archivo:	IR_SAT00759.SAT
Distancia:	1 m

Hora de toma:	17/2/2021 12:50:56
Corrección de temperatura:	0.0 °C
Humedad relativa:	40 %
C1: temperatura máxima	64.2 °C
C2: temperatura máxima	65.7 °C
C3: temperatura máxima	62.2 °C
C4: temperatura máxima	62.7 °C
C5: temperatura máxima	73.7 °C
C6: temperatura máxima	65.2 °C

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Observación: el punto C5 presenta un elevado incremento de temperatura, debido a que sobrepasa las cargas en esta barra N. 1 del distribuidor

DISYUNTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR 2 Y 3

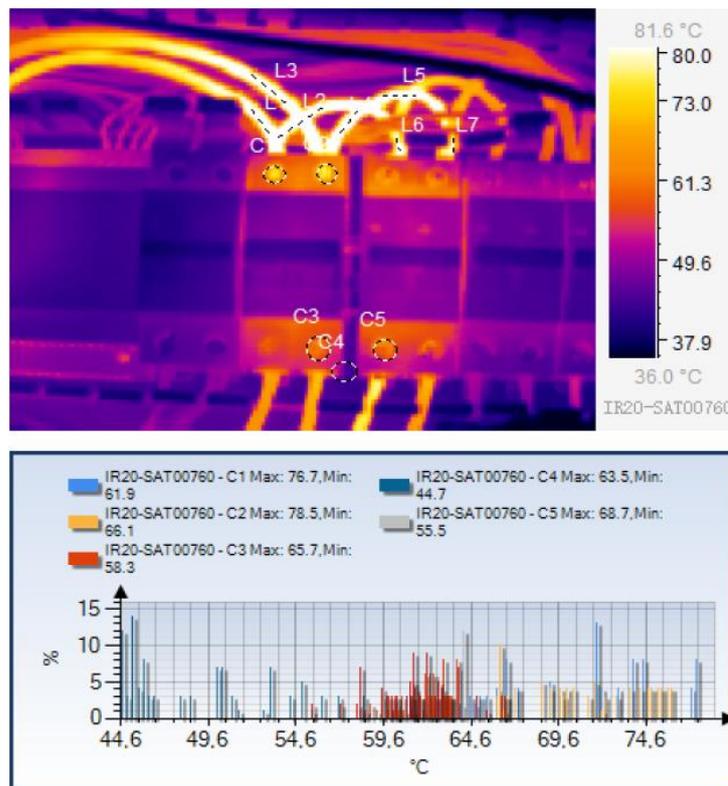


Figura 25-3: Termogramas del disyuntor termogénico bipolar 2 y 3
Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021.

Tabla 49-3: Información del termogramas

Información del fotograma	Valores:
Temperatura máxima:	78.5 °C
Temperatura mínima:	32.8 °C
Temperatura ambiente:	25.5 °C
Emisividad:	0.95
Nombre del archivo:	IR_SAT00760.SAT

Distancia:	1 m
Hora de toma:	17/2/2021 12:51:35
Corrección de temperatura:	0.0 °C
Humedad relativa:	40 %
C1: temperatura máxima	76.7 °C
C2: temperatura máxima	78.5 °C
C3: temperatura máxima	65.7 °C
C4: temperatura máxima	63.5 °C
C5: temperatura máxima	68.7 °C

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Observación: el punto C2 se sobrecalienta debido al desbalance de cargas al que está sometido la leve termomagnética N. 2, este que protege al motor en la zaranda.

PLC

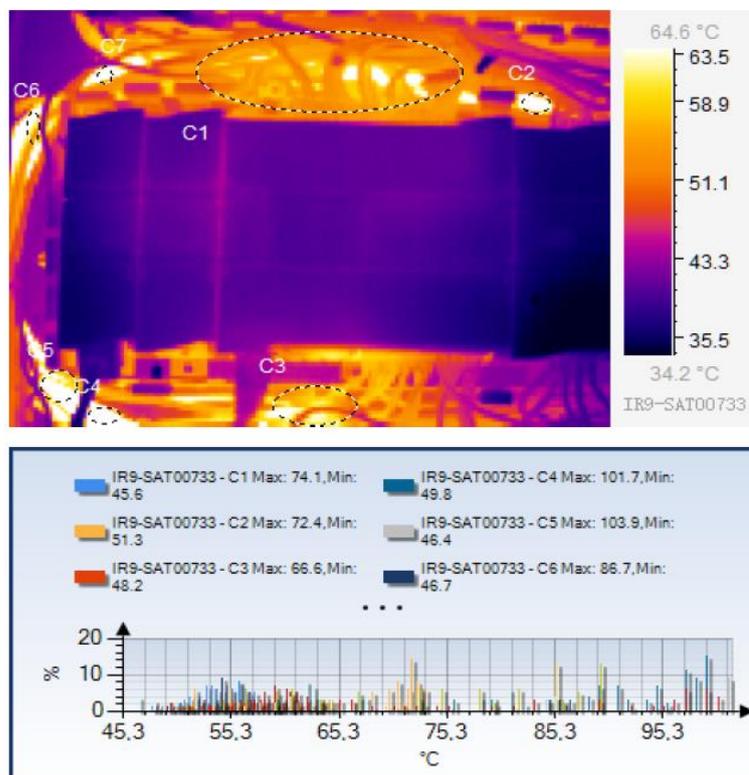


Figura 26-3: Termogramas del PLC

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Tabla 50-3: Información del termogramas

Información del fotograma	del	Valores:
Temperatura máxima:		103.9 °C
Temperatura mínima:		33.8 °C
Temperatura ambiente:		25.6 °C
Emisividad:		0.95
Nombre del archivo:		IR_SAT00733.SAT

Distancia:	1 m
Hora de toma:	17/2/2021 12:34:28
Corrección de temperatura:	0.0 °C
Humedad relativa:	39 %
C1: temperatura máxima	74.1 °C
C2: temperatura máxima	72.4 °C
C3: temperatura máxima	66.6 °C
C4: temperatura máxima	101.7 °C
C5: temperatura máxima	103.9 °C
C6: temperatura máxima	86.7 °C

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Observación: en el PLC no se encuentran puntos calientes elevados, sino más bien en los conductores que lo rodean debido al mal cálculo del calibre del conductor y a la mala distribución de elementos dentro del tablero.

GUARDA MOTOR 2

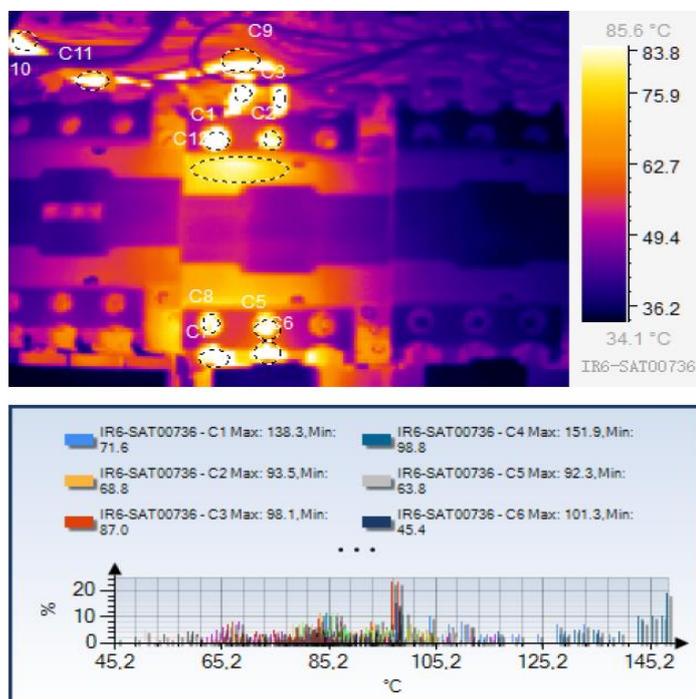


Figura 27-3: Termogramas del contactor metasol

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Tabla 51-3: Información del termogramas

Información del fotograma	del	Valores:
Temperatura máxima:		151.9 °C
Temperatura mínima:		32.6 °C
Temperatura ambiente:		25.6 °C
Emisividad:		0.95
Nombre del archivo:		IR_SAT00736.SAT

Distancia:	1 m
Hora de toma:	17/2/2021 12:34:56
Corrección de temperatura:	0.0 °C
Humedad relativa:	39 %
C1: temperatura máxima	138.3 °C
C2: temperatura máxima	93.5 °C
C3: temperatura máxima	98.1 °C
C4: temperatura máxima	151.9 °C
C5: temperatura máxima	92.3 °C
C6: temperatura máxima	101.3 °C

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Observación: el punto C4, que representa la entrada del contactor del guarda motor N2 de la zaranda presenta exceso de temperatura debido al gran consumo de energía eléctrica generado por el calibre de conductor mal dimensionado.

RELE DE SOBRE CARGA TERMICA LEXUS

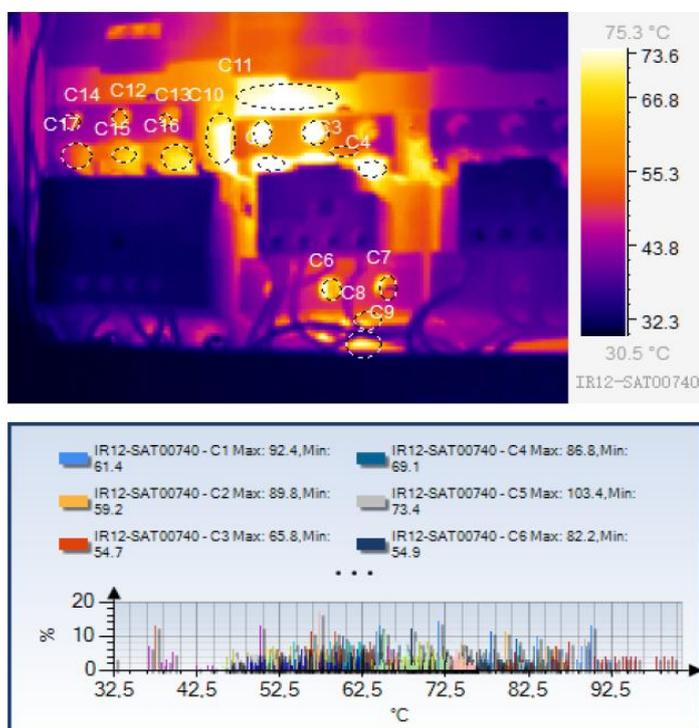


Figura 28-3: Termogramas del relé de sobrecarga térmica

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Tabla 52-3: Información del termogramas

Información del fotograma	Valores:
Temperatura máxima:	103.4 °C
Temperatura mínima:	28.6 °C
Temperatura ambiente:	25.6 °C
Emisividad:	0.95
Nombre del archivo:	IR_SAT00736.SAT

Distancia:	1 m
Hora de toma:	17/2/2021 12:35:23
Corrección de temperatura:	0.0 °C
Humedad relativa:	39 %
C1: temperatura máxima	92.4 °C
C2: temperatura máxima	89.8 °C
C3: temperatura máxima	65.8 °C
C4: temperatura máxima	86.8 °C
C5: temperatura máxima	103.4 °C
C6: temperatura máxima	82.2 °C

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Observación: el punto C5, representa la alimentación del relé térmico del guarda motor N.2 están presentando un elevado incremento de temperatura el cual deberá ser intervenido.

GUARDA MOTOR 4

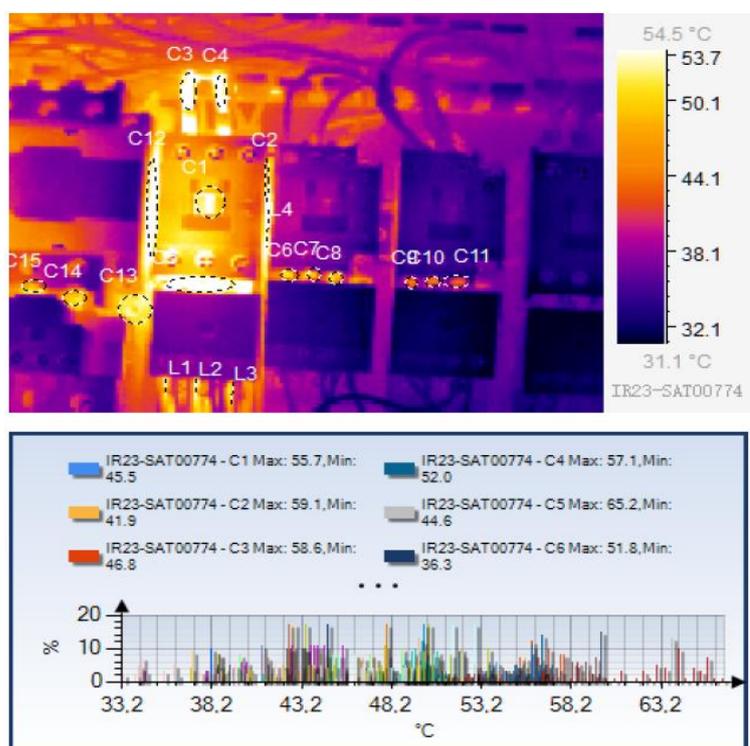


Figura 29-3: Termogramas del guarda motor 4

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Tabla 53-3: Información del termogramas

Información del fotograma	del	Valores:
Temperatura máxima:		65.2 °C
Temperatura mínima:		30.5 °C
Temperatura ambiente:		25.5 °C
Emisividad:		0.95
Nombre del archivo:		IR_SAT00774.SAT

Distancia:	1 m
Hora de toma:	17/2/2021 13:09:09
Corrección de temperatura:	0.0 °C
Humedad relativa:	40 %
C1: temperatura máxima	55.7 °C
C2: temperatura máxima	59.1 °C
C3: temperatura máxima	58.6 °C
C4: temperatura máxima	57.1 °C
C5: temperatura máxima	65.2 °C
C6: temperatura máxima	51.8 °C

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Observación: el guardamotor del transportador helicoidal N.2 deberá ser intervenido debido a que su temperatura esta fuera de parámetro.

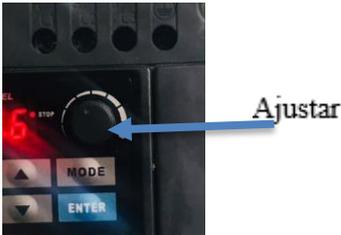
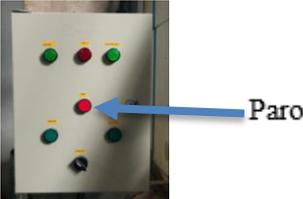
3.4. Manual de operación

3.4.1. Sistema de dosificación de aceite de palma

El manual de operación consta de actividades que son necesarias seguir para que el sistema mantenga su buen funcionamiento a lo largo del día de trabajo y cumpla su vida útil con los menores inconvenientes y fallos posibles, a continuación, se enlistan las actividades que se debe cumplir antes, durante y después del funcionamiento del sistema de dosificación de aceite de palma.

Tabla 54-3: Matriz de operación del sistema

Puesta en servicio	
Actividad	descripción
Verificación antes del encendido 	Para energizar o encender el sistema se debe tomar en cuenta que el contactor que protege a los elementos del tablero y al motor debe estar En estado ON.
Verificación en tuberías y válvulas 	Comprobar que las válvulas de purga estén cerradas tanto en la succión y descarga, además de inspeccionar las tuberías para detectar fugas en las uniones.

<p>Control de velocidad de arranque</p> 	<p>El fabricante recomienda que la velocidad a la que gire el motor que acciona la bomba no sobrepase los 1800 rpm y tampoco disminuya de 200 rpm para evitar sobrecalentamientos en el motor, y cavitación en las tuberías, esto se lo verifica con la frecuencia que muestra el variador del tablero de control.</p>
<p>Cantidad de aceite</p>	<p>Para la producción de la primera tonelada se debe enviar el fluido que necesitamos para mezclar con el balanceado más el fluido que reposara en las tuberías hasta finalizar la producción diaria.</p>
<p>Limpieza en la descarga de aceite</p> 	<p>Siempre se debe realizar una limpieza de los aspersores en la flauta de dosificación para remover los residuos de aceite y balanceado que obstruyen el paso del aceite de palma.</p>
Funcionamiento diario	
<p>Actividad</p>	<p>descripción</p>
<p>Control de presión</p> 	<p>Controlar la presión con la que se bombea el fluido para cada tonelada de producción, sin dejar que sobrepase los 120 Psi, que se visualizan en el manómetro ubicado en la descarga de la bomba.</p>
<p>Control de velocidad</p> 	<p>Se debe controlar que la frecuencia del motor este en 40 Hz para que este gire a la bomba con las revoluciones necesarias para mantener un buen tiempo y presión de dosificación, ajustar la frecuencia haciendo girar la perilla del en la parte superior del variador de ser necesario.</p>
<p>Precauciones</p> 	<p>Evitar tener contacto directo con el acople motor bomba mientras el sistema está funcionando.</p> <p>Evitar tener contacto directo con el recipiente de calentamiento de aceite</p>
Apagado del sistema	
<p>Actividad</p>	<p>descripción</p>
<p>Apagado del sistema</p> 	<p>Lo primero que se debe realizar es el desenergizado del motor que gira a la bomba mediante el botón de apagado o paro de color rojo y ubicado en el tablero de control</p>

<p>Purga de tuberías</p> 	<p>Una vez parado todo el sistema procedemos a abrir la válvula de purga, permitiendo el ingreso de aire a las tuberías del sistema y así ayudar a que el fluido retorne a un recipiente, evitando que este se solidifique en la tubería para el siguiente día de trabajo</p>
--	---

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Tabla 55-3: Operación del sistema de automatización de la dosificación de aceite de palma

Encendido del sistema			
Elementos que actúan	Etiqueta	Color	Descripción
<p>Pulsador P1</p> 	Engorde	Verde	Cuando se lo pulsa el sistema empieza a funcionar por 1.28 minutos que es lo necesario para dosificar 33 kilogramos de aceite de palma que necesita 1 tonelada de balanceado de engorde.
<p>Pulsador P2</p> 	Crecimiento	Verde	Al pulsarse P2 el sistema empieza a funcionar por 1.12 minutos que es lo necesario para dosificar 30 kilogramos de aceite de palma que necesita 1 tonelada de balanceado de crecimiento.
<p>Pulsador P3</p> 	Paro	Rojo	Se lo pulsa para detener el sistema de bombeo en caso de alguna anomalía en el mismo, o si lo requiere el operario.
<p>Pulsador P4</p> 	Inversión de giro	Negro	Se lo pulsa para cebar el sistema cuando sea necesario.
<p>Pulsador P1', P2', P3'</p> 	Engorde, crecimiento, paro, respectivamente	Verde y rojo	También existe un control a distancia ubicado en la parte derecha del mezclador, mismo que es usado cuando el operario desea accionar el sistema mientras se encuentra lejos del tablero de control.

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

3.5. Manual de mantenimiento

3.5.1. Sistema de dosificación de aceite de palma

El mantenimiento del sistema constituye una parte fundamental en la conservación del equipo, debido a que se habla de un proceso el cual es de mucha importancia para la producción, un desperfecto o falla en el mismo provocará que el proceso productivo se detenga por completo. Para realizar el mantenimiento del sistema de dosificación se estableció un cuadro donde se detallan las herramientas, los tiempos y el personal que ejecutara la tarea de mantenimiento.

Cabe recalcar que la matriz fue desarrollada en función de los catálogos del fabricante del motor y bomba utilizados en el proyecto.

Tabla 56-3: Guía para el mantenimiento

Mantenimiento del sistema de dosificación de aceite de palma			
Tarea	Descripción	Herramientas	
Revisión de los prensaestopas	Los prensaestopas tienen la función de impedir la fuga del fluido al eliminar la entrada de aire a los espacios de aspiración, en una inspección visual se debe constatar que la fuga de fluido sea mínima, de forma constante y no creciente.		Frecuencia: Mensual Encargado: Técnico a cargo
Tarea	Descripción	Herramientas	Frecuencia:
Cambio de la empaquetadura de los prensaestopas	La empaquetadura que acompaña a los prensaestopas se debe cambiar de forma periódica en función de las horas de trabajo del equipo y los materiales de construcción, cuando el sistema funciona de manera semi permanente.	<ul style="list-style-type: none"> • Empaques • Llave Stilson 	Seis meses a un año de funcionamiento Encargado: Técnico a cargo
Tarea	Descripción	Herramientas	Frecuencia:
Análisis de vibraciones mecánicas en la tubería de descarga	Las consecuencias de las vibraciones pueden producir el aumento de esfuerzos y tensión dentro de la tubería, como también el desgaste de materiales y daños por fatiga de los materiales, los parámetros a medir son: Frecuencia Desplazamiento Velocidad y aceleración Dirección Dichas mediciones nos indican tubería floja, cavitación de válvulas y transmisión de la vibración de la bomba.	Analizador de vibraciones	Anual Encargado: Técnico capacitado en mantenimiento predictivo y preventivo.
Tarea	Descripción	Herramientas	Frecuencia:
Inspección visual de válvulas	La inspección visual en juntas, conexiones y áreas que contienen empaques o sellos tiene como objetivo la detección de fugas del fluido bombeado.		Mensual Encargado: Técnico a cargo

CONTINUA			
Tarea	Descripción	Herramientas	
Revisión de tuberías de descarga	Se debe realizar una inspección visual a los sellos y tramos de tubería cuyos daños pueden generarse por la mala instalación, diseño y selección de estas.	Llave Stilson	Frecuencia: Seis meses
			Encargado: Técnico a cargo
Revisión del sistema motor bomba	Medición de vibraciones cuyo objetivo es la detección de desalineamientos y pérdida de anclaje.	Analizador de vibraciones	Frecuencia: anual
	Descripción	Herramientas	Encargado: Técnico a cargo
	La comprobación del ajuste en los contactos del motor hacia el tablero de control es necesario para evitar sobrecalentamiento de los mismo o del conductor.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarmador de estrella o plano • Multímetro • Estilete • Playo • Cinta aislante 	Frecuencia: Tres meses
			Encargado: Técnico a cargo
Limpieza y pintura	Es necesario realizar una limpieza que nos ayude a mantener una zona limpia y de fácil acceso, la cual está en constante contacto con fluidos calientes y polvo.	<ul style="list-style-type: none"> • Escobas • Trapos • Detergente 	Frecuencia: diaria
			Encargado: Técnico a cargo
	Descripción	Herramientas	Frecuencia: Anual
	Para la pintura que se debe aplicar al sistema se considera los siguientes: Colocar un anticorrosivo antes de pintar. Revisar que las partes mecánicas no queden tapadas por excesos de pintura.	<ul style="list-style-type: none"> • Compresor • Pistola para pintura • Pintura anticorrosiva 	Encargado: Técnico a cargo

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

CAPÍTULO IV

4. GESTIÓN DEL PROYECTO

4.1. Recursos humanos

- Director
- Miembro
- Postulante 1
- Postulante 2

4.2. Cronograma

En la tabla 1-4 se puede observar el cronograma establecido al principio de la elaboración de este proyecto para llevar registro y constancia de las actividades que se han realizado.

4.3. Presupuesto

A continuación, se describen los costos directos e indirectos generados en la ejecución y construcción del proyecto de integración curricular, donde se detallan las cantidades, precios y material utilizados, los cuales fueron encontrados y adquiridos en su mayoría en la ciudad de Riobamba

Tabla 2-4: Presupuesto del proyecto de integración curricular

COSTOS			
Cantidad	Descripción	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
COSTOS DIRECTOS			
1	Motor eléctrico WEG 1 Hp	160,00	160,00
1	Bomba de engranes 2APF18L	170,00	170,00
1	Acople flexible tipo araña	130,00	130,00
1	Variador de frecuencia DELTA VDF EL	218,40	218,40
	Material de construcción	126,15	126,15
	Tuberías y accesorios	234,25	234,25
	Material eléctrico	217,38	217,38
COSTOS INDIRECTOS			
1	Impresiones	35,00	35,00
1	Empastados	10,00	10,00
	Gastos varios	60,00	60,00
TOTAL			1361,18

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Tabla 3-4: Costos de material de construcción

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total
2	Angulo de (0.5 x 50 x 50) mm.	32,50	65,00
1	Angulo de (0.3 x 30 x 30) mm.	10,00	10,00
1	Angulo de (0.5 x 40 x 30) mm.	10,00	10,00
10	Pernos de 6/8 y 7/16 con tuercas y rodela	0,84	8,40
8	Cauchos para aislante de base	0,50	4,00
1	Broca metálica	2,50	2,50
2	Broca para cemento	3,25	6,50
1	Paquete de clavos para cemento	2,00	2,00
1	Tacos y tornillos para anclaje	3.25	3.25
1	Pintura negra y diluyente	9,50	9,50
1	Electrodos y disco de corte	5,00	5,00
		Total	126,15

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Tabla 4-4: Costos de tuberías y accesorios

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total
1	Tubería de ½ para la flauta de aspersores	12,80	12,80
1	Tubería de ½ para transporte de aceite	25,60	25,60
	Accesorios para sistema de tuberías	35,50	35,50
1	Manómetro de 240 psi	9,75	9,75
1	Válvula de bola de ½ de pulgada	7,60	7,60
1	Válvula de bola de ¾ de pulgada	10,00	10,00
2	Niples de ¾ de pulgada de 10 cm y 15 cm	1,50	3,00
5	T de cobre de ½ pulgada	4,00	20,00
5	Acople de cobre	4,00	20,00
5	Aspersores de alta presión	18,00	90,00
Total			234,25

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

Tabla 5-4: Costos de material eléctrico

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total
1	Tablero metálico (40x30x20) cm	34,05	34,05
1	Canaleta ranurada (25 x 40) mm	6,05	6,05
1	Breaker riel 20 A 1P	5,00	5,00
2	Timer ON-DELAY CSC 6/60s 6/60min 24-240 V AC/DC	24,97	49,95
2	Base de riel 8 pines redondos	1,40	2,80
2	Relé encapsulado MY2 8 pines planos 120 V AC	3,36	6,72
2	Base de riel 8 pines planos pequeños	1,98	3,95
2	Pulsadores 22mm plástico verde 1 NA	1,62	3,25
1	Pulsador 22mm plástico rojo 1 NC	1,62	1,62
1	Selector 22mm plástico 2 posiciones 1NA	1,80	1,80
2	Luz LED 22mm verde 100V AC	1,68	3,36
1	Luz LED 22mm rojo 110V AC	1,68	1,68
3	Cable concéntrico 4 x 18 AWG	0,78	2,35
25	Cable concéntrico 3 x 12 AWG	2,00	50,00
1	Insumos eléctricos	44,80	44,80
Total			217,38

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2021

CONCLUSIONES

Como conclusiones del trabajo elaborado se presentan las siguientes:

Se verificó que, en el Grupo Avícola San Vicente, el tablero de control actual es funcional mientras la carga instalada no aumente, además, la misma no respeta los parámetros reglamentarios de construcción y diseño bajo la norma IEC 61439 lo que atenta contra la seguridad y operación.

Se calculó la intensidad total I (164 A) de consumo de los motores monofásicos a una tensión de empleo U_e (235 V), lo que permitió seleccionar las protecciones y conductores necesarios, mediante los requerimientos que exige la norma, se establece los parámetros para la distribución de elementos internos y su montaje, los cuales se verificarán una vez realizada la construcción por el técnico a cargo.

Se realizó diagramas de control, potencia y modelación estética que facilitarán la construcción y montaje físico del tablero de control rediseñado.

Se analizó el tiempo de trabajo que realiza cada maquinaria en la empresa, determinando que la dosificación de aceite de palma debía ser mejorado mediante una automatización, reduciendo los tiempos en la producción general de cada tonelada de balanceado.

Se realizó cálculos para determinar los requerimientos de potencia y presión del sistema de dosificación de aceite de palma, además del diseño realizado en AutoCAD y AFT fhatom que nos sirve como guía en su construcción y montaje.

Se implementó un sistema automático de dosificación de aceite de palma usando un conjunto bomba-motor de 1hp, para una mejor aspersión del fluido en la etapa de mezclado del balanceado.

Se realizó un informe a partir del análisis termográfico en el tablero de control principal, donde muestra un desbalance de cargas y sobre calentamiento en la mayoría de sus conductores, mostrando al contactor 2, 3 y guardamotor 2, 4 como los elementos más críticos del tablero.

RECOMENDACIONES

Aplicar la propuesta realizada para el rediseño del tablero de control considerando el estudio realizado donde se detalla los cálculos y diseños.

Capacitar al personal de la empresa para la operación y mantenimiento, adiestrando en la correcta ejecución de procedimientos prácticos y precisos para los operarios.

Proponer un nuevo trabajo de titulación que ejecute la propuesta de rediseño y conexión del tablero de control analizado.

Ejecutar las tareas de mantenimiento establecidas para el sistema de dosificación de aceite de palma.

Se recomienda realizar un plan de mantenimiento que pueda ser aplicable en toda la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

ABB. "Cuaderno de aplicaciones técnicas n.º 9 Guía para la construcción de un cuadro eléctrico de baja tensión conforme a las normas IEC 61439, Parte 1 y Parte 2". *ABB Corporation*, 2015. pp. 1-81.

AZNARÁN BALCÁZAR, I.T. & REYES ARANDA, G.J. "Aplicación De La Termografía Infrarroja En Tableros Electricos De Distribución Para Mejorar La Seguridad Y La Calidad De La Energía Electrica". [en línea], . 2015. pp. 15-34. [Consulta: 10 noviembre 2021]. Disponible en: http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSR_9e83451a15986e5413cb8a85c9d138b7.

CAMPOS, A., SALGUERO, S. & ALBINO, L. *Aminoácidos en la Nutrición de Pollos de Engorde : Proteína Ideal Aminoácidos en la Nutrición de Pollos de Engorde : Pro teína Ideal. , no. March.* 2016.

CARRILLO VELARDE, C.J. & CALERO LÓPEZ, G.R. 2016. Automatización del proceso de dosificación, ensacado y control de peso en lazo cerrado para la máquina mezcladora de balanceado de la estación experimental Tunshi ESPOCH. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. pp. 34-45 [Consulta: 9 octubre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5990>.

COMMISSION, I.E. *IEC 60529.* 2009.

NEC. *ELECTROMECAÓNICAS, C. 15 instalaciones.* 2013

EQUIPMENT, C.R.& D. 2013. "*Mezclador horizontal - Scott Equip | Empresa de equipos de I + D*". [en línea]. [Consulta: 9 octubre 2021]. Disponible en: <http://www.rdequipmentco.com/product/horizontal-mixer-scott-equip/>.

GONZALO, A. & MALLITÁSIG, T. Implementación de una máquina mezcladora para balanceado en la microempresa avícola San Nicolás ubicada en la parroquia San Buenaventura. [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestria) Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. 2018. pp. 23-25. [Consulta: 9 octubre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utC.edu.ec/handle/27000/5396>.

Heras, S. de las.. *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*. 2011. ISBN 9788476538937.

IEC 61131-1. *Programmable controllers*. 61010-1 © Iec:2001, 2006, pp. 13.

SANDOYA UNAMUNO, A, et al. "*Norma Ecuatoriana de la Construcción*". [en línea]. 2018. [Consulta: 9 octubre 2021] Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>.

INTERNATIONAL, A.L. *El gran escándalo del aceite de palma*. 2016

JACOME ZAMBRANO, H.A. Mejoramiento del tablero de control para el funcionamiento de los motores de la trituradora de piedra marca Minyu con potencia de 500 kw con un volumen de producción de 200 tph, localizada en la ciudad de Chaguarpamba (Trabajo de titulación) (Ingeniería), Escuela politecnica nacional. (Quito-Ecuador). 2010. pp. 13-19

LANDA RUMIPAMBA, L.D. & VALDIVIEZO GUAÑO, J.A. Mejoramiento de los sistemas de control automático del proceso productivo y de la gestión energética en la planta de balanceados Grupo Avícola San Vicente. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Riobamba-Ecuador). 2020. pp. 34-56

LEGAZ, R. "*El aceite vegetal*. Estudio de la viscosidad y densidad de diferentes aceites para su uso como biocombustible". 2010. pp. 23-28.

LEGRAND. 2015. "Tableros a norma".*Huegif* [en línea], 2015. (Ecuador) 3(2), pp. 54-67. [Consulta: 9 octubre 2021]. Disponible en: <https://legrand.com.pe/wp-content/uploads/2018/03/Catalogo-Tablero-A-Norma-1.pdf>.

MAYA, S. "Procesos de producción de alimentos balanceados". *Corporación Universitaria Lasallista* [en línea]. 2016. (Ecuador) 12(3), pp. 23-46. [Consulta: 9 octubre 2021]. Disponible en:
http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1492/1/Procesos_Produccion_Alimentos_balanceados_COLANTA.pdf.

MCNAUGHTON, K.J. *Bombas: Selección, Uso y Mantenimiento*. 1989. ISBN 9684220367.

PARRA, B. & ROBLES, A. *Máquinas Hidráulicas Teoría y Problemas*. 2016. ISBN 9788416325191.

RINCÓN, M. & MARTÍNEZ, D. "Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria". *Revista Palmas* [en línea], 2009. (Ecuador) 30(2), pp. 11-24. [Consulta: 9 octubre 2021]. ISSN 0121-2923. Disponible en: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1432>.

SÁNCHEZ CARRERA, D.R. & GUSQUI LAMIÑA, D.R. *“Implementación de un sistema de control automático y monitoreo, usando un controlador y una interfaz de usuario para la molienda y mezclado de alimentos balanceados de la Avícola la Morenita”*. 2017

SÁNCHEZ MAYORGA, A.M. Montaje de una fabrica de producción de alimento balanceado para Avícola Santa Lucia utilizando un sistema HMI. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela politécnica del ejército (Quito-Ecuador). 2008. pp. 23-34.

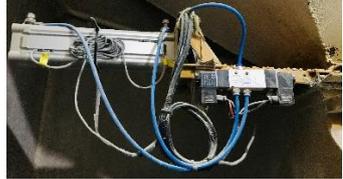
SANCHEZ, Y. 2017. Diseño de una planta industrial para la producción de alimentos balanceados para aves, cerdos y vacunos [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Nacional del Callao, Colombia. 2017. pp. 23-34 [Consulta: 9 octubre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/3622>.

TITUAÑA AMAN, R.X. Diseño y construcción de dos tableros eléctricos de control para el funcionamiento automático y manual de cuatro bombas eléctricas, para el abastecimiento de agua en la comunidad Alamor. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL (Quito-Ecuador). 2015. pp. 34-76

USCA ALLAUCA, L.G. & VALLEJO GONZALEZ, D.A. Diseño e implementación de un sistema SCADA, para el control automático de las compuertas de guillotina y monitoreo del sistema de pesaje de balanceados, en la Avícola la Morenita [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2018. pp. 12-34 [Consulta: 9 octubre 2020]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/9061>.

ANEXOS

ANEXO A: FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS/SISTEMAS

		Nombre del sistema MOLINO DE MARTILLOS			
					
Datos					
Generales		Específicos		Operación	
Marca	1030623134	Alto (m)	0,70	Capacidad (TNPH)	1,25
Modelo	03DEZ2015	Ancho (m)	0,40	Velocidad (rpm)	1730
Proveedor	WEG	Largo (m)	0,35	Granulometría de Alimentación(mm)	10
Año de operación	2017	Peso (kg)		Granulometría de Descarga (mm)	4
Características adicionales: Posee un motor eléctrico					
Elementos del sistema Molino de Martillos					
Motor eléctrico		Datos técnicos			
		Marca		Potencia kW (cv)	
		WEG		7,5 (10)	
		Intensidad (A)		Voltaje (V)	
		42/21		220/440	
		Frecuencia (Hz)		RPM	
60		1730			
Solenoido electroválvula AIRTC		Datos técnicos			
		Modelo		Voltaje (V)	
		4V230C-08		220	
		Presión		Potencia(W)	
		1,5-8 bar		4,5	
		Características			
Cilindro doble efecto SE63X200			Sensores capacitivos		
Racor			Válvula 5/3		
Sensores inductivos			Accionamiento por bobina		



Nombre del sistema
TRANSPORTADOR HELICOIDAL N°1 MOLINO -TOLVA DE
ALMACENAMIENTO



Datos

Generales		Específicos		Operación	
Marca	1032005880	Alto (m)	4.00	Capacidad (TNPH)	10.00
Modelo	20ABR2018	Diámetro (m)	0.25	Velocidad (rpm)	1780
Proveedor	INMEG	Largo (m)	6.00	Mat. transportado	Maíz triturado
Año de operación	2017	Peso (kg)			

Características adicionales: Posee un motor eléctrico y un tornillo sin fin para transporte

Elementos del sistema Transportador helicoidal del molino 1

Motor eléctrico	Datos técnicos	
	Marca	Potencia HP
	WEG	5
	Intensidad (A)	Voltaje (V)
	22.2	220
	Frecuencia (Hz)	RPM
60	1780	



Nombre del sistema
TRANSPORTADOR HELICOIDAL MEZCLADORA N°2



Datos

Generales		Específicos		Operación	
Marca	1031829142	Alto (m)	6.00	Capacidad (TNPH)	1.25
Modelo	13ABR2016	Diámetro (m)	0.25	Velocidad (rpm)	1780
Proveedor	INMEG	Largo (m)	6.00	Mat. transportado	Maíz triturado
Año de operación		Peso (kg)			

Características adicionales: Posee un motor eléctrico y un tornillo sin fin para transporte

Elementos del sistema Transportador helicoidal del molino 1

Motor eléctrico	Datos técnicos		
	Marca	Potencia HP	
	WEG	7.5	
	Intensidad (A)	Voltaje (V)	
	35.5	220	
	Frecuencia (Hz)	RPM	
	60	1780	
Solenoido electroválvula AIRTC	Datos técnicos		
	Modelo	Voltaje (V)	
	4V230C-08	220	
	Presión	Potencia(W)	
	1.5-8 bar	4.5	
	Características		
	Cilindro doble efecto SE63X200	Sensores capacitivos	
Racor	Válvula 5/3		
Sensores inductivos	Accionamiento por bobina		



Datos

Generales		Específicos		Operación	
Marca	<i>Diseño Propio</i>	Alto (m)	1,20	Capacidad (TNPH)	1.25
Modelo	<i>Diseño Propio</i>	Ancho (m)	1,10	Velocidad (rpm)	1745
Proveedor	<i>Efraín Cunalata</i>	Largo (m)	2,20	Mat. transportado	Maíz Triturado
Año de operación	2017	Peso (kg)			

Características adicionales: Posee un motor eléctrico y poleas de transmisión

Elementos del sistema Zaranda Vibratoria

Motor eléctrico	Datos técnicos	
		Marca
WEG		5.00(3.70)
Intensidad (A)		Voltaje (V)
22.00/11.00		220/440
Frecuencia (Hz)		RPM
60		1745



Nombre del sistema
TRANSPORTADOR HELICOIDAL 3 MEZCLADORA –
TOLVA DE ENVASADO



Datos

Generales		Específicos		Operación	
Marca	1031829142	Alto (m)	5.00	Capacidad (TNP)	1.25
Modelo	13ABR2016	Ancho (m)	0.25	Velocidad (rpm)	1780
Proveedor	INMEG	Largo (m)	5.00	Mat. transportado	Producto terminado
Año de operación		Peso (kg)			

Características adicionales: Posee un motor eléctrico y poleas de transmisión

Elementos del Transportador Helicoidal

Motor eléctrico	Datos técnicos	
		Marca
WEG		3.00(2.2)
Intensidad (A)		Voltaje (V)
14.4/7.2		220/440
Frecuencia (Hz)		RPM
	60	1745

ANEXO B: FICHAS TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA

BRAKER PRINCIPAL



Modelo:	SETRON
Frecuencia:	50/60 Hz
Número de polos:	2
Corriente:	1600 A
Fases:	2
Tipo de corriente:	AC
Voltaje:	415 V

PLC SIMATIC S7-1200, 1214C AC/DC/RLY utilizados.



Paquete de programación:	Step 7 v11.0 SP2 o superior
Tensión de alimentación:	120-230 V AC
Alimentación de sensores:	Rango permitido de (20.4 – 28.8)
Pérdidas:	14 A
Memoria de trabajo integrada:	75 kbyte
Memoria de carga integrada:	4 Mbyte
Tiempo de ejecución de la CPU Para operaciones de bits	0.085 μ s
Entradas digitales Cantidades de entradas binarias Funciones tecnológicas	14 integradas 6; HSC (High speed counting)

Salidas digitales:	10; relés
Entradas analógicas:	2; 0 a 10 V
Interfaz Tipo de interfaz Norma física	PROFINET Ethernet
Lenguaje de programación:	KOP FUP SCL

CONTACTORES EBS1C



Estándar:	IEC60947
Certificado:	ISO 9001, SEMKO
Frecuencia:	50/60 Hz
Número de polos:	3
Corriente:	50 A
Fases:	3
Tipo de corriente:	AC
Voltaje:	380 V

RELÉ DE SOBRECARGA TÉRMICA LEXO EBS1 RT-93



Homologaciones:	IEC60947-4-1
Clase de viaje:	10
Frecuencia:	50/60 Hz
Voltaje:	230/380 V
Corriente nominal:	93

Regulación de corriente:	37-50 A 30-40 A
Contactador compatible:	LC1 D4010 LC1 D5010
Número de polos:	3
Protección:	IP20

CONTACTORES METASOL



Estándar:	NEMA
Certificado:	
Frecuencia:	50/60 Hz
Número de polos:	3
Corriente:	32 A 22 A 18 A 32 A
Fases:	3
Tipo de corriente:	AC
Voltaje:	208 V 240 V 230 V 208 V

RELÉ DE SOBRECARGA TÉRMICA METASOL



Homologaciones:	KEMA, UL/CSA, certificado CE
Clase de viaje:	10
Frecuencia:	50/60 Hz
Voltaje:	220/380 V
Corriente:	12-18 A
Contactores compatibles:	MC-9b, MC-22b, MC-22a, MC-40a
Número de polos:	3

DISYUNTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR EBS6BN



Homologaciones:	CB, ISO
Frecuencia:	50/60 Hz
Voltaje:	220/415 V
Curva de disparo:	C
Tensión nominal de aislamiento:	500 V
Tensión nominal soportada de impulso:	600 V
En conformidad con la norma:	IEC-60898
Grado de protección:	IP20

ANEXO C: FÓRMULAS PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE BALANCEADO

Balanceado inicial para aves

Componentes	Producto	Tonelada(kg)	Medía tonelada(kg)
Macro	Maíz	580	290
	Soya	350	175
	Aceite de palma	17	8.5
Micro	Calcio	13	6.5
	Fosfato	12	6
	Metionina	3.1	1.55
	Sal	2.8	1.4
	OSMEC	1.5	0.75
	Lisina	2.6	1.3
	Ácido	1	0.5
	Atrapante	1	0.5
	Termitox	1	0.5
	Vitamina	2.5	1.25
	Treonina	0.8	0.4
	Anticoccidial químico	0.5	0.25
	Promotor de crecimiento BMD	0.5	0.25
	Celmanax	2	1
	Enzima robavio	0.5	0.25
Colina	0.5	0.25	
Butitec	0.5	0.25	

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2020

Balanceado de engorde para aves

Componentes	Producto	Tonelada(kg)	Medía tonelada(kg)
Macro	Maíz	670	335
	Soya	250	125
	Aceite de palma	33	16.5
Micro	Calcio	12	6
	Fosfato	10	5
	Metionina	2.4	1.2
	Sal	2.3	1.15
	OSMEC	1.8	0.9
	Lisina	2.1	1.05
	Ácido	1	0.5
	Atrapante	1	0.5
	Termitox	1	0.5
	Vitamina	2	1
	Treonina	0.9	0.45
	Anticoccidial químico	0.6	0.3
	Promotor de crecimiento BMD	0.15	0.075
	celmanax	0.75	0.0375
	Enzima robavio	0.5	0.25
Colina	0.9	0.45	
Butitec	0.5	0.25	

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2020

Balanceado de crecimiento para aves

Componentes	Producto	Tonelada(kg)	Medía tonelada(kg)
Macro	Maíz	622	311
	Soya	300	150
	Aceite de palma	30	15
Micro	Calcio	12	6
	Fosfato	11	5.5
	Metionina	2.6	1.3
	Sal	2.1	1.05
	OSMEC	2.4	1.2
	Lisina	1.9	0.95
	Ácido	1	0.5
	Atrapante	1	0.5
	Termitox	1	0.5
	Vitamina	2	1
	Treonina	0.6	0.3
	Anticoccidial químico	0.5	0.25
	Promotor de crecimiento BMD	0.15	0.075
	celmanax	0.75	0.375
	Enzima robavio	0.5	0.25
	Colina	0.7	0.35
	Butitec	0.5	0.25

Fuente: (Landa Rumipamba y Valdiviezo Guaño, 2020)

Realizado por: Cargua Ángel, Mendoza Cristhian, 2020

ANEXO D: CATÁLOGO DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS

Interruptores automáticos K60 (curva C)

Protección termomagnética de circuitos y receptores



- > Los Interruptores K60 combinan las siguientes funciones:
- protección de circuitos contra corrientes de cortocircuito;
 - protección de circuitos contra corrientes de sobrecarga.

Corriente alterna (CA) de 50/60 Hz			
Capacidad de ruptura (Icn) según IEC 60898-1			Capacidad de ruptura de servicio (Ics)
Fase/fase (2P, 3P, 4P)	Tensión (Ue)		
Fase/fase (2P, 3P, 4P)	400 V		
Fase/neutro (1P)	230 V		
Valor nominal (In)	Entre 6 y 63 A	4500 A	100 % de Icn

Referencias

Interruptor K60				
Tipo	1P	2P	3P	4P
Piezas auxiliares	Sin piezas auxiliares			
Valor nominal (In)	Curva C	Curva C	Curva C	Curva C
6 A	A9N11772	A9N11781	A9N11790	A9N11799
10 A	A9N11773	A9N11782	A9N11791	A9N11800
16 A	A9N11774	A9N11783	A9N11792	A9N11801
20 A	A9N11775	A9N11784	A9N11793	A9N11802
25 A	A9N11776	A9N11785	A9N11794	A9N11803
32 A	A9N11777	A9N11786	A9N11795	A9N11804
40 A	A9N11778	A9N11787	A9N11796	A9N11805
50 A	A9N11779	A9N11788	A9N11797	A9N11806
63 A	A9N11780	A9N11789	A9N11798	A9N11807
Ancho en pasos de 9 mm	2	4	6	8
Accesorio	Enclavamiento para candado (ref. 26970)			

Characteristics

Starter type	GV2	DM102 to DM110	DM114	DM116	DM120	DM121	DM122	DM132	
Breaking capacity (I _q) (1)	Conforming to IEC 60947-4-1	400/415 V	kA	50	50	15	15	15	10
		440 V	kA	50	15	8	8	6	6
		500 V	kA	50	6	6	6	4	4

References



GV2DM102●●

D.O.L. starters, non-reversing

Standard power ratings of 3-phase motors 50/60 Hz in AC-3			Setting range of thermal trips	Fixed magnetic tripping current 13 Irth	For customer assembly	Pre-assembled	Weight	
400/415 V	440 V	500 V	A	A	Motor circuit-breaker Reference	Contactors Reference to be completed (2)	Basic reference, to be completed by adding the voltage code (2)	
kW	kW	kW	A	A			kg	
0.06	0.06	–	0.16...0.25	2.4	GV2ME02	LC1D09●●	GV2DM102●● (3)	0.596
0.09	0.09	–	0.25...0.40	5	GV2ME03	LC1D09●●	GV2DM103●● (3)	0.596
–	0.12	–	–	–	–	–	–	–
0.12	–	–	0.40...0.63	8	GV2ME04	LC1D09●●	GV2DM104●● (3)	0.596
0.18	0.18	–	–	–	–	–	–	–
0.25	0.25	–	0.63...1	13	GV2ME05	LC1D09●●	GV2DM105●● (3)	0.596
0.37	0.37	–	–	–	–	–	–	–
–	–	0.37	1...1.6	22.5	GV2ME06	LC1D09●●	GV2DM106●● (3)	0.596
0.55	0.55	0.55	–	–	–	–	–	–
–	–	0.75	–	–	–	–	–	–
0.75	0.75	–	1.6...2.5	33.5	GV2ME07	LC1D09●●	GV2DM107●● (3)	0.596
–	1.1	1.1	–	–	–	–	–	–
1.1	–	1.5	2.5...4	51	GV2ME08	LC1D09●●	GV2DM108●● (3)	0.596
1.5	1.5	2.2	–	–	–	–	–	–
2.2	2.2	–	4...6.3	78	GV2ME10	LC1D09●●	GV2DM110●● (4)	0.596
–	3	3	–	–	–	–	–	–
3	–	4	6...10	138	GV2ME14	LC1D09●●	GV2DM114●● (4)	0.596
4	4	5.5	–	–	–	–	–	–
5.5	5.5	7.5	9...14	170	GV2ME16	LC1D12●●	GV2DM116●●	0.601
7.5	7.5	–	13...18	223	GV2ME20	LC1D18●●	GV2DM120●●	0.606
–	9	9	–	–	–	–	–	–
9	11	11	17...23	327	GV2ME21	LC1D25●●	GV2DM121●●	0.646
11	–	15	20...25	327	GV2ME22	LC1D25●●	GV2DM122●●	0.646
15	15	18.5	24...32	416	GV2ME32	LC1D32●●	GV2DM132●●	0.651

Add-on blocks

Description	Mounting of GV2	Sold in lots of	Unit reference
Combination block between circuit breaker and contactor	┌ rail	10	GV2AF3
	Mounting plate LAD 311	10	GV2AF4

(1) The breaking performance of circuit breakers GV2ME can be increased by adding a current limiter GV1L3, see page B6/21.

(2) Standard control circuit voltages (for other voltages, please consult your Regional Sales Office):

Volts	24	220	230
~ 50/60 Hz	B7	M7	P7
... (4)	BD	–	–

(3) Type 2 coordination also possible, see page A6/10.

(4) Only available for GV2DM. Coil with integral suppression device as standard.

Note: The combinations are valid for IE2 motors and IE3 with maximum starting current = 7.5 x motor rating current (see pages A6/4 and A6/5).



LRD01



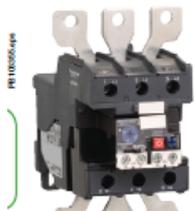
LRD300



LRD330



LRD430



LRD340

3-pole differential thermal overload relays for TeSys D contactors - Class 10

- for use with fuses or magnetic circuit breakers GV2L and GV3L
- compensated relays with manual or automatic reset
- with relay trip indicator
- for a.c. or d.c.

Relay setting range (A)	Fuses to be used with selected relay			For use with contactor LC1	Reference	Weight kg
	aM (A)	gG (A)	BS88 (A)			
Class 10 A ⁽¹⁾ for connection by screw clamp terminals or connectors						
0.10...0.16	0.25	2	–	D09...D38	LRD01	0.124
0.16...0.25	0.5	2	–	D09...D38	LRD02	0.124
0.25...0.40	1	2	–	D09...D38	LRD03	0.124
0.40...0.63	1	2	–	D09...D38	LRD04	0.124
0.63...1	2	4	–	D09...D38	LRD05	0.124
1...1.6	2	4	6	D09...D38	LRD06	0.124
1.6...2.5	4	6	10	D09...D38	LRD07	0.124
2.5...4	6	10	16	D09...D38	LRD08	0.124
4...6	8	16	16	D09...D38	LRD10	0.124
5.5...8	12	20	20	D09...D38	LRD12	0.124
7...10	12	20	20	D09...D38	LRD14	0.124
9...13	16	25	25	D12...D38	LRD16	0.124
12...18	20	35	32	D18...D38	LRD21	0.124
16...24	25	50	50	D25...D38	LRD22	0.124
23...32	40	63	63	D25...D38	LRD32	0.124
30...38	40	80	80	D32 and D38	LRD35	0.124
Class 10 A ⁽¹⁾ for connection by EverLink® BTR screw connectors ⁽²⁾						
9...13	16	25	25	D40A...D65A	LRD313	0.375
12...18	20	32	35	D40A...D65A	LRD318	0.375
17...25	25	50	50	D40A...D65A	LRD325	0.375
23...32	40	63	63	D40A...D65A	LRD332	0.375
30...40	40	80	80	D40A...D65A	LRD340	0.375
37...50	63	100	100	D40A...D65A	LRD350	0.375
48...65	63	100	100	D50A and D65A	LRD365	0.375
62...80	80	125	125	D80A	LRD380	0.375
Class 10 A ⁽¹⁾ for connection by screw clamp terminals or connectors						
17...25	25	50	50	D80 and D95	LRD3322	0.510
23...32	40	63	63	D80 and D95	LRD3353	0.510
30...40	40	100	80	D80 and D95	LRD3355	0.510
37...50	63	100	100	D80 and D95	LRD3357	0.510
48...65	63	100	100	D80 and D95	LRD3359	0.510
55...70	80	125	125	D80 and D95	LRD3361	0.510
63...80	80	125	125	D80 and D95	LRD3363	0.510
80...104	100	160	160	D80 and D95	LRD3365	0.510
80...104	125	200	160	D115 and D150	LRD4365	0.900
95...120	125	200	200	D115 and D150	LRD4367	0.900
110...140	160	250	200	D150	LRD4369	0.900
80...104	100	160	160	⁽³⁾	LRD33656	1.000
95...120	125	200	200	⁽³⁾	LRD33676	1.000
110...140	160	250	200	⁽³⁾	LRD33696	1.000

Class 10 A ⁽¹⁾ for connection by lugs

Select the appropriate overload relay with screw clamp terminals or connectors from the table above and add one of the following suffixes:

- figure 6 for relays LRD01 to LRD35 and relays LRD313 to LRD380.
- A66 for relays LRD3322 to LRD3363.

Relays LRD4300 are suitable, as standard, for use with lug-clamps.

Thermal overload relays for use with unbalanced loads

Class 10 A ⁽¹⁾ for connection by screw clamp terminals or lugs

In the references selected above, change the prefix LRD (except LRD4300) to LR3D.

Example: LRD01 becomes LR3D01.

Example with EverLink®connectors: LRD340 becomes LR3D340.

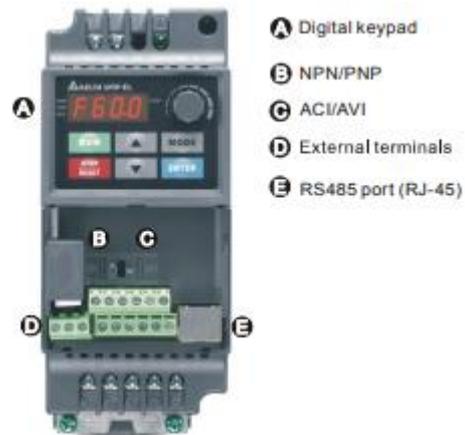
Example with lugs: LRD3406 becomes LR3D3406.

⁽¹⁾ Standard IEC 60947-4-1 specifies a tripping time for 7.2 times the setting current I_r : class 10A: between 2 and 10 seconds.

⁽²⁾ BTR screws: hexagon socket head. In accordance with local electrical wiring regulations, a size 4 insulated Allen key must be used (reference LADALLEN4, see page B8/28).

⁽³⁾ Independent mounting of the contactor.

ANEXO E: CARACTERÍSTICAS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.



Estructura	Rango del suministro eléctrico	Modelos
A	0,25 a 2 hp (0,2 a 1,5 kW)	VFD002EL11A/21A/23A, VFD004EL11A/21A/23A/43A, VFD007EL21A/23A/43A, VFD015EL23A/43A
B	1 a 5 hp (0,75 a 3.7 kW)	VFD007EL11A, VFD015EL21A, VFD022EL21A/23A/43A, VFD037EL23A/43A