

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

**Propuesta de Diseño del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los
Equipos de Pesado de Pollos para la Reducción de Costos en la Empresa
Chimú Agropecuaria S.A.**

LINEA DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO, MANUFACTURA Y MECANIZACIÓN
SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: GESTIÓN EMPRESARIAL
AUTOR (ES):

Moreno de la Cruz, Alma Celeste
Rojas Senador, César Joel

Jurado Evaluador:

Presidente: Muller Solón, José Antonio
Secretario: Velásquez Contreras, Segundo
Vocal: Flores Lezama, Carlos

ASESOR:

Urcia Cruz, Manuel
Código Orcid: <http://orcid.org/0000000182860597>

TRUJILLO – PERÚ

2023

Fecha de sustentación: 2023-04-21

Propuesta de Diseño del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los Equipos de Pesado de Pollos para la Reducción de Costos en la Empresa Chimú Agropecuaria S.A.

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

17%

★ hdl.handle.net

Fuente de Internet



Dr. Ing. MANUEL URDIA CRUZ
Ingeniero Industrial
Reg. CIP: 27703
Reg. SINEACE: 0862
RPG UNT: 614

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

Declaración de Originalidad

Yo, Dr. Urcia Cruz Manuel, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Industrial, de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada: “Propuesta de Diseño del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los Equipos de Pesado de Pollos para la Reducción de Costos en la Empresa Chimú Agropecuaria S.A.”, autores Moreno de la Cruz Alma Celeste y Rojas Senador Cesar Joel, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 4%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el (20/09/2023).
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Lugar y fecha: Trujillo, 19 de julio de 2023

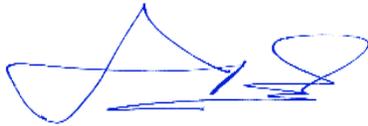
Asesor:

Dr. Urcia Cruz Manuel

DNI: 18208167

ORCID: <http://orcid.org/0000000182860597>

FIRMA



Autores:

Moreno De La Cruz Alma Celeste

DNI:70920776

FIRMA:



Rojas Senador Cesar Joel

DNI: 70476796

FIRMA:



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

**Propuesta de Diseño del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los
Equipos de Pesado de Pollos para la Reducción de Costos en la Empresa
Chimú Agropecuaria S.A.**

LINEA DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO, MANUFACTURA Y MECANIZACIÓN
SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: GESTIÓN EMPRESARIAL
AUTOR (ES):

Moreno de la Cruz, Alma Celeste
Rojas Senador, César Joel

Jurado Evaluador:

Presidente: Muller Solón, José Antonio
Secretario: Velásquez Contreras, Segundo
Vocal: Flores Lezama, Carlos

ASESOR:

Urcia Cruz, Manuel
Código Orcid: <http://orcid.org/0000000182860597>

TRUJILLO – PERÚ

2023

Fecha de sustentación: 2023-04-21

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Propuesta de Diseño del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los Equipos de Pesado de Pollos para la Reducción de Costos en la Empresa Chimú Agropecuaria S.A.

APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR:



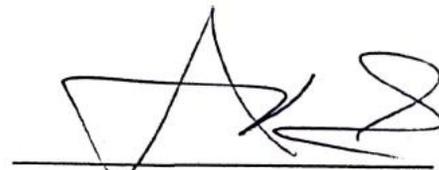
Presidente
Dr. José Antonio Muller Solón
CIP N°: 41187



Secretario
Ms. Segundo Velásquez Contreras
CIP N°: 27355



Vocal
Ms. Carlos Flores Lezama
CIP N°: 75972



Asesor
Ing. Manuel Urcia Cruz
CIP N°: 27703

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, por permitirme llegar a este momento de mi vida profesional, a mis padres Federico y Miriam, por el incondicional apoyo y esfuerzo que me brindan; quienes con sus palabras de aliento no me dejaron decaer y con su ejemplo me enseñan a ser una mejor persona.

Alma Celeste

Dedico este trabajo sobre todo a mi padre y a mi madre, que sin ellos no hubiera podido llegar hasta donde estoy, también a todas las personas que me apoyaron y decidieron creer en la persona en que me he convertido, a todos ellos, mi más sincero agradecimiento.

Cesar Rojas

Agradecimientos

Agradecemos a nuestro asesor Ing. Manuel Urcia Cruz por su apoyo incondicional, paciencia y brindar su conocimiento para la elaboración de nuestra tesis, por ser un guía y amigo en todo momento.

Agradecemos a nuestros docentes de la carrera por acompañarnos y forjarnos como profesionales, así mismo hacer de ello una gran experiencia para nuestras vidas.

Moreno De La Cruz Alma Celeste – Rojas Senador Cesar Joel

Resumen

La presente investigación estaba dirigida a elaborar la propuesta de implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad para disminuir los costos del proceso de pesaje de pollos en la empresa Chimú Agropecuaria S.A., para tal fin se empleó una metodología de tipo aplicada no experimental estimando como población a los 120 equipos de la cadena de producción y como muestra a los equipos del área de pesado. Además se emplearon hojas de registros, guías de observación y fichas de resumen como instrumentos para la recolección de datos, obteniendo como resultados que la balanza BACLA-01 Linco 180 era la más crítica con una calificación de 24 con un nivel de confiabilidad de 99,72%, además los costos totales de mantenimiento anual para el equipo fue de S/ 70430,45. Con ello se elaboró la propuesta en base al RCM empleando la hoja de decisiones para proponer 10 tareas de mantenimiento con sus respectivas frecuencias y responsables de ejecución además de un cronograma. Posteriormente se estimaron los costos nuevos de mantenimiento RCM, obteniendo un total de S/ 61764,00, representando un ahorro del 12,31%. Con ello se concluyó que la propuesta de implementar la metodología RCM beneficia económicamente y técnicamente a la empresa Chimú Agropecuaria S.A.

Palabras claves: Confiabilidad, mantenimiento, propuesta, costos, pesaje, criticidad.

Abstract

The objective of this research was to elaborate the proposal for the implementation of maintenance focused on reliability to reduce the costs of the chicken weighing process in the company Chimú Agropecuaria S.A. For this purpose, a non-experimental applied methodology was used, estimating as population the 120 teams from the production line and, as a sample, the teams from the weighing area. In addition, record sheets, observation guides and summary sheets were used as instruments for data collection, obtaining as results that the BACLA-01 Linco 180 scale was the most critical with a rating of 24 with a reliability level of 99, 72%, in addition to the total annual maintenance costs for the equipment was S / 70430.45. With this, the proposal was prepared based on the RCM using the decision sheet to propose 10 maintenance tasks with their respective frequencies and responsible for execution as well as a schedule. Subsequently, the new RCM maintenance costs were estimated, obtaining a total of S/ 61,764.00, representing a saving of 12.31%. With this, it was concluded that the proposal to implement the RCM methodology economically and technically benefits the company Chimú Agropecuaria S.A.

Keywords: Reliability, maintenance, proposal, costs, weighing, criticality.

Índice de Contenidos

Dedicatoria	2
Agradecimientos	3
Resumen	4
Abstract	5
Índice de Contenidos	6
Índice de tablas	8
Índice de figuras	10
I.111.1.	11
Realidad	
Problemática	
1.2. Descripción del Problema	13
1.3. Formulación del Problema	14
1.4. Objetivos de la Investigación	14
1.5. Justificación	14
II. 162.1.	162.2.
192.3.	272.4.
292.5.	29III.
313.1.	313.2.
313.3.	313.4.
323.5.	32IV.
334.1.	334.1.1.
OE. 1 Identificar y priorizar los equipos y sus fallos de acuerdo con su nivel de criticidad en la línea de producción	33
4.1.2. OE. 2 Determinar los costos actuales que genera el mantenimiento a la máquina con mayor número de paradas	54
4.1.3. OE. 3 Desarrollar la metodología del mantenimiento centrado en la	
	7

confiabilidad para la máquina con mayor número de paradas	59
4.1.4. OE 4 Determinar los nuevos costos con la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para la máquina con mayor número de paradas.	71
V.	78
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS	81
ANEXOS	83

Índice de tablas

Tabla 1 Matriz de Operacionalización de las Variables	30	Tabla 2 Técnicas e Instrumentos	32
Tabla 3 Máquinas y equipos empleados en la producción de los pollos	41	Tabla 4 Fallas de los equipos de pesado en la empresa Chimú Agropecuaria S.A.	44
Tabla 5 Tiempo de atención del personal de mantenimiento	46	Tabla 6 Calificación del rango de criticidad	47
Tabla 7 Criticidad de la balanza aérea	48	Tabla 8 Ponderaciones para la matriz AMEF	48
Tabla 9 Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)	49	Tabla 10 Tiempo Programado para Producir – Año 2021	50
Tabla 11 Tiempo medio entre fallas de las 3 balanzas (min.) - 2021	51	Tabla 12 Tiempo total de operación Empresa CHIMÚ – 2021	52
Tabla 13 Tiempo medio para reparar los equipos – Mantenibilidad 2021	53	Tabla 14 Confiabilidad de las balanzas aéreas 2021	54
Tabla 15 Porcentaje de Disponibilidad de las balanzas 2021	55	Tabla 16 Costos del mantenimiento de la balanza aérea – periodo 2021	56
Tabla 17 Mantenimiento de cada parte de la balanza BACLA-01 Linco 180	59	Tabla 18 Resultados del diagnóstico inicial	60
Tabla 19 Hoja de información del RCM de las piezas del equipo BALAC-01 Linco 180	61	Tabla 20 Hoja de decisiones del RCM	65
Tabla 21 Responsable del área de mantenimiento	68	Tabla 22 Especialista en mantenimiento mecánico y eléctrico	69
Tabla 23 Propuesta para planificar el mantenimiento	70	Tabla 24 Cronograma de mantenimiento para la balanza BALAC-01 Linco 180	72
Tabla 25 Costo anual de los repuestos con el RCM	74	Tabla 26 Costo anual de la mano de obra con el RCM	75
Tabla 27 Costo anual de falla con el RCM	76		

Índice de figuras

Figura 1 Diagrama de Operaciones de la Etapa de matanza de los pollos	34	Figura 2
Diagrama de Operaciones de la Etapa de Eviscerado de los pollos	36	Figura 3
Diagrama de Operaciones de la Etapa de Clasificación de los pollos	38	Figura 4
Diagrama de Operaciones de la Etapa de almacén y despacho de los pollos	40	Figura 5 Diagrama de operaciones del proceso actual de mantenimiento
	43	Figura 6 Diagrama de Decisiones RCM
	63	Figura 7 Proceso estándar del mantenimiento correctivo
	66	Figura 8 Proceso estándar de mantenimiento preventivo
	67	Figura 9 Proceso del mantenimiento autónomo
		68

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

La industria Agropecuaria engloba un conjunto de actividades destinadas a la producción, comercialización y distribución de diversos productos según el rubro donde se desarrolla, consiguiendo así posicionarse en el campo de la industria peruana.

Actualmente, la industria Agropecuaria es una de las piezas claves dentro del comercio nacional brindando uno de los soportes más estables para el crecimiento económico de nuestro país; es de conocimiento que Latinoamérica se encuentra con un desarrollo industrial progresivo y constante (Brasil, México, Colombia, Argentina, entre otras). (Castañeda, 2019) En Perú, los últimos 10 años el PBI primario acumuló un crecimiento de 35,8%, siendo la minería la actividad con mayor dinamismo y seguida del sector agropecuario con 3,5%; cabe resaltar que el sector agropecuario fue el único que obtuvo tasas positivas.

En nuestro país, la actividad agropecuaria es de gran importancia ya que genera empleo y su desarrollo a nivel industrial lo cual implica el crecimiento tecnológico, como consecuencia brinda mayor estabilidad al crecimiento económico, industrial y una nueva perspectiva frente a otros países haciendo que su mirada empresarial se inserte y posicione en nuevos mercados. Las empresas pertenecientes a rubro cuentan con actividades extractivas y productivas, así como contar con equipos y maquinas para llevar a cabo tareas específicas dentro de la organización y se espera el óptimo funcionamiento en su programación evitando fallas, paradas no programadas, falta de confiabilidad, retrabajo, tiempos muertos y elevados costos relacionados directa e indirectamente al proceso y/o equipos.

Siendo un sector industrial de gran relevancia en la economía del país, es fundamental mantener los costos identificados en cada sector de la empresa con la finalidad de optimizar los mismos y encontrar con mayor simplicidad brechas de reducción de ser necesario, enfocándonos en los activos físicos de la compañía (balanzas, chiller, cortadora de patas, línea de transporte, cortadora de pollos, etc.) los cuales son capaces de realizar actividades programadas, buscando prolongar la operatividad de los mismos; es necesario establecer e implementar metodologías de mantenimiento, logrando minimizar costos de producción, parada de planta y mantenimiento.

Del mismo modo, existen equipos considerados críticos en el proceso de producción del beneficio de aves en las diferentes áreas como matanza, eviscerado, chillers, pesaje, cortes y equipos periféricos; los cuales presentan fallas o una parada no programada, las operaciones de recepción y despacho de producto beneficiado (pollo) generan atrasos en todo el proceso productivo. Así mismo, la falla en pesos de instrumentos de medición tales como balanzas influyen directamente en la confiabilidad del pesaje en los productos finales que se entregará al cliente por lo que se ve reflejado en los sobrecostos o reprocesos.

La operatividad de equipos relacionados al pesaje de productos finales en el proceso de matanza de aves presenta usualmente fallas por inadecuada calibración, limpieza, desgaste de componentes internos, mala operación de usuarios y/o factores externos o ambientales que influyen durante el proceso de funcionamiento del equipo. Las fallas antes mencionadas pueden ser constantes o esporádicas por lo que siempre se está en un riesgo de mal pesaje del producto lo que predominan consecuencias en producción como el mal pesaje del producto final, costos por parada de producción, costos de tiempo muerto con el personal, costos reflejados en la baja productividad del día, costos de distribución, entre otras consecuencias que se pueden mencionar referente a la empresa. Sin embargo, esas consecuencias no solo

afectan directamente a un cliente interno sino también a nuestros clientes externos, ya que se ven afectados por la baja calidad del producto, tiempo de demora en punto de venta e insatisfacción con nuestra empresa como proveedores de productos de primera necesidad.

1.2. Descripción del Problema

La región de La Libertad se encuentra dentro de las cinco primeras fuentes de aprovisionamiento de aves, las cuales concentran más del 85% de la producción del país. Dado que la región La Libertad tiene mayor porcentaje de actividad ha brindado diversos puestos de trabajo en grandes empresas que lideran este rubro tales como Avícola El Rocío S.A, Molino La Perla S.A.C, Chimú Agropecuaria S.A, Técnica Avícola S.A.C, avícola Yugoslavia S.A.C, entre otras.

La empresa Chimú Agropecuaria S.A. ubicada en la ciudad de Trujillo-Perú, con más de 25 años dedicada a la crianza, reproducción, incubación, comercialización y distribución de aves en distintos puntos del país. Actualmente, la empresa cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de plantas industriales, dentro de ellos se ubica la Balanza aérea de pesaje 5000 kg pollo/hora.

El cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo para la Balanza aérea de pesaje 5000 kg pollo/hora se viene ejecutando con normalidad sin embargo la antigüedad del equipo causa un impacto relevante en el proceso productivo ya que las constantes de fallas y paradas no programadas en producción han incrementado a causa de la operatividad constante del equipo, dando como resultado las consecuencias funcionales y operacionales. Además, las fallas de los instrumentos de medición influyen en la confiabilidad del pesaje en los productos finales (pollo beneficiado) los que a su vez generan un retraso al momento de la distribución al punto de venta, en consecuencia, afecta a la satisfacción del cliente externo e interno de la empresa.

Con la finalidad de disminuir los mantenimientos correctivos generados a partir de una falla presentada en el equipo, se plantea implementar una estrategia de mantenimiento basado en la confiabilidad dando un enfoque en análisis de modos de falla y efectos. De esta forma, se pretende ayudar a la empresa Chimú Agropecuaria S.A. a contar con un mayor alcance frente al mantenimiento basado en confiabilidad para el equipo en necesidad.

1.3. Formulación del Problema

¿En qué medida la propuesta de implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad puede disminuir los costos del proceso de pesaje de pollos en la empresa Chimú Agropecuaria S.A.?

1.4. Objetivos de la Investigación

Objetivo general:

La propuesta de implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad puede disminuir los costos del proceso de pesaje de pollos en la empresa Chimú Agropecuaria S.A.

Objetivos específicos

- Identificar y priorizar los equipos y sus fallos de acuerdo a su nivel de criticidad en la línea de producción.
- Determinar los costos actuales que genera el mantenimiento a la máquina con mayor número de paradas.
- Desarrollar la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para la máquina con mayor número de paradas.
- Determinar los nuevos costos con la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para la maquinaria con mayor número de paradas.

1.5. Justificación

Teniendo en cuenta las constantes fallas del equipo en plantas industriales y poca disponibilidad del equipo para trabajar eficientemente según producción lo indica; por tal motivo se busca brindar una oportunidad de utilización y ejecución de mantenimiento efectivo.

La Gestión del mantenimiento basado en confiabilidad logrará considerar las implicancias ambientales y de seguridad en cada patrón de falla antes de considerar su efecto en las operaciones, de este modo se minimizará los riesgos identificables relacionados con la funcionalidad del equipo. Asimismo, focalizará su atención en las actividades de mantenimiento donde tienen mayor desempeño en planta asegurándose de que lo invertido en mantenimiento repercuta en el área dando mejores resultados.

La presente investigación logrará brindar mayor vida útil al equipo y componentes debido al correcto uso de técnicas de mantenimiento ligadas directamente a confiabilidad y equipo en estudio; será posible reconocer diferentes tipos de mantenimiento los cuales tendrán color según matriz de criticidad y proveerán reglas para decidir el más adecuado según situación en la que se encuentre, así se asegurará de optar por el mantenimiento más efectivo en activos fijos de la empresa.

Implementar una gestión basada en confiabilidad genera un impacto favorecedor en el personal ya que se reducirán los efectos de rotación y se proveerá una visión clara de las habilidades necesarias para mantener el equipo en óptimo funcionamiento. Además, se creará una cultura de lenguaje técnico facilitando el entendimiento por diferentes involucrados directa o indirectamente con la gestión de mantenimiento; generando un eficaz entendimiento en los objetivos por alcanzar.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes de estudio

Villacrés (2016) en su investigación titulada como “Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo Hidrocleaner Vactor M654 de la empresa ETAPA EP”. En su investigación, la aplicación del RCM determinaron los equipos críticos del vehículo Hidrocleaner Vactor M654 dando como resultado: un equipo con riesgo alto (chasis), 3 equipos con riesgo medio alto (Motor de combustión interna, Transmisión de potencia y Compresor de lóbulos) y 3 equipos de riesgo medio bajo y dos equipos de riesgo bajo; también se determine por el AMFE 5 sistemas del vehículo hidrocleaner M654 (Sistema de frenado, eléctrico, dirección, suspensión, hidráulico); asimismo se determine un plan de mantenimiento que permitió la reducción de la tasa de fallos en los componentes del equipo crítico y tras haber ejecutado las actividades correctivas se determine que la tasa de fallos se redujo en un 45%.

Aporte: Esta investigación nos ayudará a evaluar los componentes críticos de la balanza aérea de pesaje 5000 kg pollo/hora teniéndose en cuenta para el mantenimiento y buscando el constante monitoreo de las mismas para así reducir la tasa de fallas y brindar las actividades correctivas de estos componentes.

Según el estudio realizado por Nuñez (2016) “RCM para optimizar la Disponibilidad de los tractores D8T en la empresa ARUNTANI SAC – Unidad Tukari”. Esta investigación tiene como finalidad la aplicación del RCM y sus principales herramientas (Diagrama de Pareto, Análisis modal de fallos y efectos y Análisis de criticidad), ayudando a determinar fallas agudas y constantes con el fin de determinar mejoras para el estudio de criticidad de la maquinaria, logrando que la disponibilidad mecánica ascendiera en un 9.5%; asimismo hubo mejora en la condición de criticidad, haciendo que estos aspectos se reduzcan hasta 18 estados de criticidad regular y 03 estados de criticidad opcional; se disminuyeron las paradas imprevistas de los tractores; en cuanto al programa de capacitación.

Además, se alcanzaron mejoras en aspectos cualitativos como el trabajo limpio y ordenado, la calidad de trabajo, mejora de la competencia y compromiso de las partes interesadas.

Aporte: Esta investigación nos brindará la ayuda necesaria aplicando la investigación del RCM y sus principales herramientas para un mejor alcance en la elaboración de los formatos necesarios para el levantamiento de información de la máquina balanza aérea de pesaje 5000 kg pollo/hora reestructurando y/o perfeccionando el proceso de mantenimiento reduciendo el tiempo del mismo para una mayor disponibilidad del equipo de trabajo y buscando alcanzar mejores resultados en los aspectos cualitativos evaluados.

Por otra parte, Cáceres (2016) “La aplicación del RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la máquina Secadora Circular 2400x de la empresa CORPORACION JARCON S.A.C.”. En su investigación la aplicación del RCM buscó mejorar la disponibilidad mecánica aplicando análisis de modos y Efectos de Falla mejorando el proceso de mantenimiento por consecuencia se redujo las horas paradas de los equipos aumentando su disponibilidad en un 25%, asimismo se llevó a cabo el perfeccionamiento de las técnicas de mantenimiento dando como resultado el incremento del ciclo de vida útil en los componentes con el objetivo de implementar una visión hacia un mantenimiento de estándares mundiales generando mayor confianza para los clientes; el análisis de modos y efectos de falla llegó a detectar de manera eficiente y eficaz los modos de fallo mediante la clasificación de su importancia de ocurrencia en base a los efectos que éstas producen en los equipos.

Aporte: Esta investigación nos brindara las bases para realizar el análisis de modos y efectos de falla teniendo en cuenta distintas variables involucradas en el proceso de mantenimiento y así lograr definir la prioridad de fallas en el equipo con la finalidad de disminuir dichas fallas y/o averías involucradas generando así antecedentes de trabajo óptimos para la presente investigación así mismo

aumentar su disponibilidad perfeccionando técnicas de mantenimiento para el aumento de su vida útil.

Castro (2017), “Método basado en RCM, para la gestión de mantenimiento en tractores agrícolas: Caso Municipalidad Distrital de Colquepata”. En su investigación la aplicación del RCM es llevada a cabo para cualquier equipo o conjunto de ellos pero lo fundamental es preparar una persona experta o facilitador en RCM y alimentarlo con el personal técnico, que es el que tiene el conocimiento de los activos, en cuanto a funcionamiento, operación, fallas, mantenciones, etc.; de acuerdo al análisis de criticidad de los 16 subsistemas: 02 eran de alta criticidad, 04 de mediana criticidad y 10 de baja criticidad y de acuerdo al AMEF y la clasificación a través del NRP (Número de Prioridad de Riesgo), de los 21 modos de falla analizados: 02 eran fallas inaceptables, 07 eran fallas de reducción deseable y 12 eran falla aceptables; estos parámetros nos dan una imagen de cómo está funcionando el equipo o conjunto de equipos para su corrección.

Aporte: Esta investigación nos dará un alcance en cuanto a capacitación de la persona encargada de la aplicación del RCM y su equipo de trabajo para que éste mismo tenga el conocimiento necesario en cuanto al funcionamiento, operación, fallas, entre otras relacionadas al equipo o equipos involucrados buscando que esta persona sea preparada a tal punto de llegar a ser una experta o facilitador en RCM y sea capaz de manejar personal y poder capacitarlo para una evaluación general de equipos o conjunto de equipos que requiera corrección.

Soto (2016) “Mantenimiento basado en la Confiabilidad para el mejoramiento de la disponibilidad Mecánica de los volquetes FAW en GYM S.A.”. En su investigación la aplicación del RCM llegó a la conclusión que uno de los principales problemas en los volquetes fue el regulador de corriente del alternador, produciendo los cambios en ellos en la mayoría de los volquetes; asimismo se logró realizar el mantenimiento diario respectivo para mantener en buenas condiciones el vehículo y así anticiparse a las fallas evitando la inoperatividad mecánica y mejorando su

disponibilidad de 90.14% a 92.034%.

Aporte: Esta investigación nos brindará bases para el desarrollo de RCM enfocado al principal problema de la balanza aérea de pesaje 5000 kg pollo/hora para así poder realizar un mantenimiento adecuado y anticiparnos a los posibles fallos por el uso constante del equipo evitando la inoperatividad mecánica y mejorando su disponibilidad.

Villanueva (2017) “Gestión de Mantenimiento basado en la confiabilidad de las redes del subsistema de distribución eléctrico 22.9/13.2 KV de San Gabán – Ollachea”. En su investigación la aplicación del RCM permitió pronosticar las fallas ocasionadas en las líneas de la Red Primaria para su respectiva prevención, los elementos críticos encontrados son los de protección en conjunto y el Sistema de transporte de la energía es decir los conductores, también se debe tener en cuenta el mantenimiento del conductor de aluminio, franja de servidumbre y pozos a tierra sobre todo en temporadas o épocas lluviosas del año en donde se presenta las tormentas eléctricas.

Aporte: Esta investigación nos dará bases para pronosticar los posibles fallos en la balanza aérea de pesaje 5000 kg pollo/hora y proponer un plan de mantenimiento preventivo necesario para dicho equipo; también nos ayudará con el mantenimiento para las partes del equipo y poder decir cuál de ella es un elemento crítico para poder tener un plan de mantenimiento con mayor énfasis en esa parte permitiendo la disminución de paradas en las líneas de producción.

2.2. Marco Teórico

A. Evolución del mantenimiento

La historia del mantenimiento radica desde el momento en que se presentan las máquinas para la producción de bienes y servicios, el sucesivo progreso del mantenimiento como área de estudio permite distinguir diferentes generaciones evolutivas. A lo largo del proceso industrial, las máquinas se hicieron más complejas y la dedicación a los

trabajos de reparación se incrementó, a partir de las primeras áreas dedicadas al mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Siendo las correctivas las primeras actividades con el fin de solucionar las fallas que producían constantemente los equipos.

Según lo que describe (Santiago, 2003), a partir de la Primera y Segunda Guerra Mundial aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que producen los equipos, sino prevenirlas buscando evitar el inicio de las mismas, considerando como objetivo aumentar y fiabilizar la producción, evitar pérdidas debido a averías y costes con la misma causa raíz. Generando distintos tipos de mantenimiento como Preventivo, Correctivo y Predictivo, así mismo, empezaron a difundirse nuevas filosofías de mantenimiento causando un gran impacto en el rubro empresarial e industrial proponiendo como meta cercana una actividad con cero averías.

B. Mantenimiento

(Garrido, 2003) Define al mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible buscando la más alta disponibilidad y máximo rendimiento.

Un enfoque moderno nos presenta (Villanueva, 2007) haciendo referencia en el servicio y calidad que una máquina o sistema debe brindar “Mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier clase de trabajo hecho en sistema, subsistemas, etc., para que estos continúen o regresen a proporcionar el servicio con la calidad esperada, son trabajos de mantenimiento, pues están ejecutados con ese fin”

C. Tipos de mantenimiento

Mantenimiento Preventivo

Es el mantenimiento que tiene por misión conservar un nivel de servicios determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento oportuno evitando un fallo inesperado o parada de la misma. Está basado en actividades de lubricación, inspección y ajustes.

(Villanueva, 2007) la define como “Actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, con el fin de garantizar que la calidad de servicio que estos proporcionen continúe dentro de los límites establecidos”.

Mantenimiento Correctivo

Conjunto de actividades destinadas a corregir la ocurrencia de fallas que se van presentando en los distintos equipos que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

(Amendola, 2012) lo define como reparaciones realizadas mediante la interrupción del proceso de producción y teniendo dos orígenes:

- Reparaciones detectadas a partir de mantenimiento preventivo o predictivo, por lo que se puede programarse de acuerdo la disponibilidad de producción.
- Reparaciones originadas de un fallo imprevisto, estas en muchas ocasiones suelen ser emergencias.

Mantenimiento Predictivo

Conjunto de acciones y técnicas aplicadas para detectar posibles fallas de los equipos en etapas iniciales para evitar que estos se manifiesten durante su funcionamiento, evitando emergencias y posibles paradas de planta. Generando mantener e informar constantemente el estado y operatividad de los equipos.

De acuerdo con (Villanueva, 2007) es el sistema permanente de diagnóstico que permite detectar con anticipación la posible pérdida de calidad de servicio que esté entregando el equipo.

D. Filosofía de mantenimiento

A partir de la década de los setenta empezaron a surgir filosofías con la finalidad de implementar el mantenimiento dentro de la industria; las distintas filosofías comienzan a tomar fuerza posteriormente a los primeros avances del mantenimiento y del desarrollo de los tipos que surgieron; las filosofías más conocidas son TPM (Mantenimiento Productivo Total) y RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad). La primera filosofía está basada en el autor Seiichi Nakajima, está basada en la combinación de conceptos de calidad total en las técnicas de mantenimiento incluyendo al personal de la empresa; mostrando como meta el aumento de la productividad laboral, reducción de actos inseguros, mejora clima laboral e incremento de satisfacción del cliente. La segunda filosofía tiene sus inicios en la industria de aviación usando como herramienta estructurada de análisis buscando el incremento de confiabilidad en equipos y optimización en los costos de mantenimiento.

E. Técnicas de mantenimiento

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Deriva de unas siglas en inglés definiéndolo como Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad o Reliability Central Maintenance (RCM); es

una técnica de organización de las actividades y de gestión de mantenimiento para desarrollar programas que se basan en la confiabilidad de los equipos en función de su diseño y construcción (Mora, 2009).

(Garrido, 2012) El objetivo del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es incrementar la disponibilidad y disminuir los costos de mantenimiento; también cuenta con beneficios en el desarrollo de competencias, promover el trabajo y mantener como visión la mejora continua. De tal manera, evitamos acciones de mantenimiento innecesarias y es posible mantener un control más exhaustivo.

La metodología de RCM, tiene un enfoque procedimental el cual ayuda a identificar las necesidades causa raíz de mantenimiento de los activos; basándose en el análisis de siete preguntas estratégicas:

- ¿Qué función cumple el activo en el entorno operacional?
- ¿Cuáles son las razones por la que falla el activo?
- ¿Cuáles son las causas por la que falla el activo?
- ¿Qué sucede cuando ocurre la falla?
- ¿Cuáles son las consecuencias de la falla?
- ¿Qué se puede hacer para prevenir, predecir y/o eliminar la falla?
- ¿Qué medidas se deben tomar para controlar la falla cuando ya ha ocurrido o no se puede prevenir?

Ventajas del RCM

Siendo una metodología con lenguaje técnico sencillo y común para todos los involucrados en el desarrollo del mismo, genera diversos beneficios tales como:

- Incremento de rendimiento operativo
- Control de costos de mantenimiento (mano de obra, mantenimiento, etc.)
- Uso óptimo de la vida útil de los equipos.
- Control en la base de datos de mantenimiento
- Análisis de posibles fallos de sistemas
- Eliminar averías de las máquinas

Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

(Rosales, 2009) El Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales, es un proceso sistemático, analítico y estandarizado para la identificación de fallas potenciales del diseño de un proceso previniendo su ocurrencia, con el propósito de eliminarlos o minimizar el riesgo asociado con ellos. Por lo tanto, el objetivo del AMEF es:

- Reconocer y evaluar los modos de falla potenciales y causas asociadas.
- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial
- Analizar la confiabilidad del sistema
- Documentar el proceso
- Implementar AMEF como metodología para la identificación de fallas atraen ciertos beneficios como:
 - Incrementa la probabilidad de los modos de fallo y efectos considerados durante el diseño.
 - Brinda información adicional con la finalidad de apoyar en la planificación de programas eficientes
 - Proporciona formatos para la recomendación de acciones que reduzcan el riesgo de seguimiento.

F. Indicadores de mantenimiento

Los indicadores son una expresión cuantitativa de un proceso que al ser comparadas con un nivel de referencia muestran una tendencia que permiten tomar decisiones para mantener o mejorar el resultado del proceso en referencia (Garrido, 2012).

Confiabilidad

(Andreani, 2009) Se define como la probabilidad que un elemento funcione, sin fallar, durante un tiempo determinado bajo condiciones ambientales y de entorno preestablecidos.

La confiabilidad de un equipo puede ser expresada a través de la expresión:

$$\text{Confiabilidad} = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF}$$

Donde:

MTBF: Tiempo medio entre fallas (minutos/fallas)

MTTR: Tiempo medio para reparar (minutos/fallas)

Asimismo, podemos relacionar la confiabilidad con la calidad del producto final en una operación; de la misma forma se mide cualitativamente relacionado con el nivel de satisfacción de las necesidades de los usuarios internos y/o externos.

Disponibilidad

La disponibilidad es el porcentaje de tiempo que el activo está realmente funcionando (tiempo de actividad) en comparación con cuando está programado para operar. Además, proporciona una medida de cuándo el activo se está ejecutando y ser operado si es necesario.

Se busca el equilibrio entre costo y disponibilidad, según la naturaleza de requisitos del sistema los niveles de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad son variables los cuales pueden influir en el costo de la vida útil.

Matemáticamente la disponibilidad puede ser definido en relación al tiempo disponible para producir entre el tiempo medio de reparación. Es decir:

$$D(t) = \frac{TTO}{TPP} * 100\%$$

Donde:

$D(t)$: Disponibilidad

TPP: Tiempo programado para producir (minutos)

Mantenibilidad

Es la característica más importante que debe buscar el área de mantenimiento. Significa la capacidad de un equipo de desarrollar las funciones para las que es requerido en un determinado periodo de tiempo (López, 2018).

$$\text{Mantenibilidad } (M) = \frac{1}{MTTR}$$

Donde:

$M(t)$: Mantenibilidad

MTTR: Tiempo medio para reparar (minutos/fallas)

Análisis de criticidad

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de optimizar el proceso de asignación de recursos (económicos, humanos y técnicos). (Da Costa, 2010) Para realizar este análisis tomaremos en cuenta lo siguiente: Criterios utilizados. Los criterios empleados son los siguientes:

- Seguridad.
- Ambiente.
- Producción.
- Costos (operacionales y mantenimiento).
- Frecuencia de fallas.
- Tiempo promedio para reparar.
- Presentación de resultados.

Costos de mantenimiento

Es el valor del conjunto de bienes y servicios que se consumen para tareas de mantenimiento. Se encuentran conformados por costos de suministro y costos de mano de obra que incluyen los costos de operación. (Gaviria, 1991)

Para su desarrollo se aplicará lo siguiente:

$$CT = CR + CMO + CF$$

Donde:

CT: Costo total del mantenimiento

CR: Costo de repuestos

CMO: Costo de mano de obra

CF: Costo por fallos

2.3. Marco Conceptual

- **CONFIABILIDAD:** Se define como la probabilidad que un elemento funcione, sin fallar, durante un tiempo determinado bajo condiciones ambientales y de entorno preestablecidos.
- **FALLA:** (Ingaroca, 2016) Deterioro o desperfecto en las instalaciones, máquinas o equipos que no permiten su normal funcionamiento.
- **MODOS DE FALLA:** Es una causa de falla o riesgo en la que un sistema puede fallar, se sabe que mientras más complejo es un sistema existen más modos de falla.

- **AVERÍAS:** (Ingroca, 2016) Incapacidad para realizar la función requerida debido a un estado interno. Es el resultado de un fallo, bien del elemento mismo o de cualquier etapa precedente del ciclo de vida.
- **VIDA ÚTIL:** (Ingroca, 2016) Duración estimada que puede tener el equipo cumpliendo correctamente con la función para el cual ha sido creada.
- **OPERATIVIDAD:** Se define como la capacidad para funcionar un equipo o activo, dentro de todos los parámetros establecidos.
- **DISPONIBILIDAD:** Confianza que se tiene a un componente, equipo o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente en un tiempo establecido.
- **OPTIMIZAR:** Se define como la estrategia para obtener los mejores resultados posibles por medio de alguna actividad o proceso ejecutado.
- **CRITICIDAD:** Metodología que permite establecer la jerarquía de procesos, sistemas y equipos creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas. Con la finalidad de direccionar los recursos donde sea más importante y/o necesario.
- **COSTOS:** El costo es todo desembolso, pasado, presente o futuro, que se involucra al proceso de producción, cuyo valor queda incluido en los productos y contablemente se ve en los inventarios (desembolso capitalizable) (Castaño, 2009).
- **COSTOS DIRECTOS DE MANTENIMIENTO:** Es el valor del conjunto de bienes y servicios que se consumen para tareas de mantenimiento. Se encuentran conformados por costos de suministro y costos de mano de obra que incluyen los costos de operación. (Gaviria, 1991).
- **COSTOS SUMINISTROS:** Son todos aquellos costos de los elementos físicos que son imprescindibles durante una tarea de mantenimiento (Gaviria, 1991).
- **COSTOS DE MANO DE OBRA:** Son los costos relacionados a salario y prestaciones sociales devengados por los técnicos de mantenimiento asignados a una labor de mantenimiento. (Gaviria, 1991).
- **COSTO DE PARADA DE EQUIPO:** Costos de maquinaria o equipo en

estado improductivo por causas relacionadas directamente con el mantenimiento. (Gaviria, 1991).

2.4. Hipótesis

Si se implementa la propuesta de mantenimiento centrado en la confiabilidad disminuirá los costos del proceso de pesaje de pollos en la empresa Chimú Agropecuaria S.A.

2.5. Variables e indicadores

Variable Independiente (V.I.): Propuesta de Mantenimiento centrado en Confiabilidad.

Variable Dependiente (V.D.): Disminución de costo del proceso de pesaje

Para una mejor comprensión de las variables y sus indicadores, se elaboró una matriz en la que se detallan los conceptos, operación, dimensiones e indicadores tanto de la variable independiente como dependiente, el detalle se plasmó en la tabla siguiente:

Tabla 1
Matriz de Operacionalización de las Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
Variable Independiente: Propuesta de Mantenimiento centrado en la Confiabilidad	El Mantenimiento basado en la Confiabilidad es una técnica para elaborar un plan de mantenimiento mediante el análisis de cada sistema, determinando las fallas y consecuencias que se deriven de las mismas. Teniendo como finalidad incrementar la disponibilidad y reducir costes de mantenimiento de los activos estudiados.	La gestión de Mantenimiento basado en Confiabilidad está enfocada en un estudio de indicadores los cuales estiman la óptima disponibilidad del equipo, reconociendo variables fundamentales como Análisis modal de fallas y efectos, Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad	Análisis modal de fallas y efectos	Matriz de análisis modal de falla y efectos
			Tiempo medio entre fallos	$Tiempo\ medio\ entre\ fallas(MTBF) = \frac{T_{pp}}{N^{\circ}\ fallas}$
			Confiabilidad	$Confiabilidad = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF}$
			Disponibilidad	$Disponibilidad = \frac{TTo}{Tpp} * 100\%$
			Mantenibilidad	$(MTTR) = TTR \div N^{\circ}\ fallas$ Mantenibilidad = $1 \div MTTR$
Variable Dependiente: Disminución de costo del proceso de pesaje	Costo de mantenimiento se relaciona al costo asociado por concepto de acciones ejecutadas para conservar o restaurar un bien en específico, el cual involucra costos directos e indirectos en las actividades realizadas; cabe resaltar que dichos costos son independientes según el nivel de actividad.	Los costos del proceso de pesaje de pollo están relacionados directamente con demoras, paralizaciones y/o reparaciones de la balanza.	Costos totales de mantenimiento	$CT = CR + CMO + CF$

Nota. En la Tabla 1 se observa un total de 6 indicadores, 5 para medir a la V.I. y 1 para la V.D.. Elaboración Propia.

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y Nivel de Investigación

Tipo de Investigación

Por su finalidad, la investigación es aplicada ya que se aplicarán los conocimientos interiorizados en los cursos de Ingeniería de costos y económica.

Nivel de la Investigación

Es descriptivo, al caracterizarse por considerar los componentes, medir conceptos y lograr definir variables.

3.2. Población y Muestra del estudio

Población

120 equipos en línea de producción de beneficio de aves en la empresa Chimú Agropecuaria S.A.

Muestra

Es no probabilística por conveniencia e igual al equipo de pesado Balanza aérea de pesaje 5000 kg pollo/hora de la empresa Chimú Agropecuaria S.A.

3.3. Diseño de la Investigación

La presente investigación tiene un diseño No Experimental Correlacional, la cual se orienta a determinar la relación entre nuestras variables ejecutándose en la misma muestra.

Esquema:



Donde:

MCC: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

CASM: Confiabilidad Actual Sin Mantenimiento

CACM: Confiabilidad Actual Con Mantenimiento

3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación

Para detallar las técnicas e instrumentos a emplear, se presenta la siguiente tabla en la que se expresaron los informantes, ventajas y desventajas o limitaciones.

Tabla 2
Técnicas e Instrumentos

TÉCNICA/HERRAMIENTA	INSTRUMENTO	INFORMANTE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Observación de campo	Hoja de registro	Investigadores	Contacto directo del investigador con la realidad.	Aplicación limitada a aspectos fijos o respectivos.
	Guía de observación			
Observación experimental	Hoja de registro	Investigadores	Se obtienen datos sencillos de comprender y refleja tendencia.	Limitación con tiempo de producción
	Guía de observación			
Análisis documental	Fichas de resumen	Investigadores	Muy objetiva. Puede construir evidencias.	Aplicación limitada a fuentes documentales.

Nota. En la Tabla 2 se aprecia que en todas las técnicas e instrumentos la fuente o informantes fueron los investigadores debido a que la información fue recaba según las observaciones efectuadas en la investigación. Elaboración Propia.

Para analizar los datos recolectados mediante los instrumentos mencionados, con la finalidad de lograr los objetivos planteados en nuestra investigación se utilizarán las siguientes herramientas:

- Hoja de cálculo Excel.
- Técnicas de Ingeniería (análisis modal de fallas y efectos, Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Análisis de Criticidad).

3.5. Procesamiento y análisis de datos

- Microsoft Excel: Aplicación de hojas de cálculo que se utiliza para el

desarrollo de tareas financieras y contables con gráficos, fórmulas, etc.

- Diagrama de Ishikawa: Herramienta que nos permite analizar las causas de un problema, por lo que mediante un análisis llegar a saber cuál de las causas es la que genera el mayor porcentaje de nuestro problema pudiendo darle una posible solución dentro de una industria o empresa.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

4.1.1. OE. 1 Identificar y priorizar los equipos y sus fallos de acuerdo con su nivel de criticidad en la línea de producción

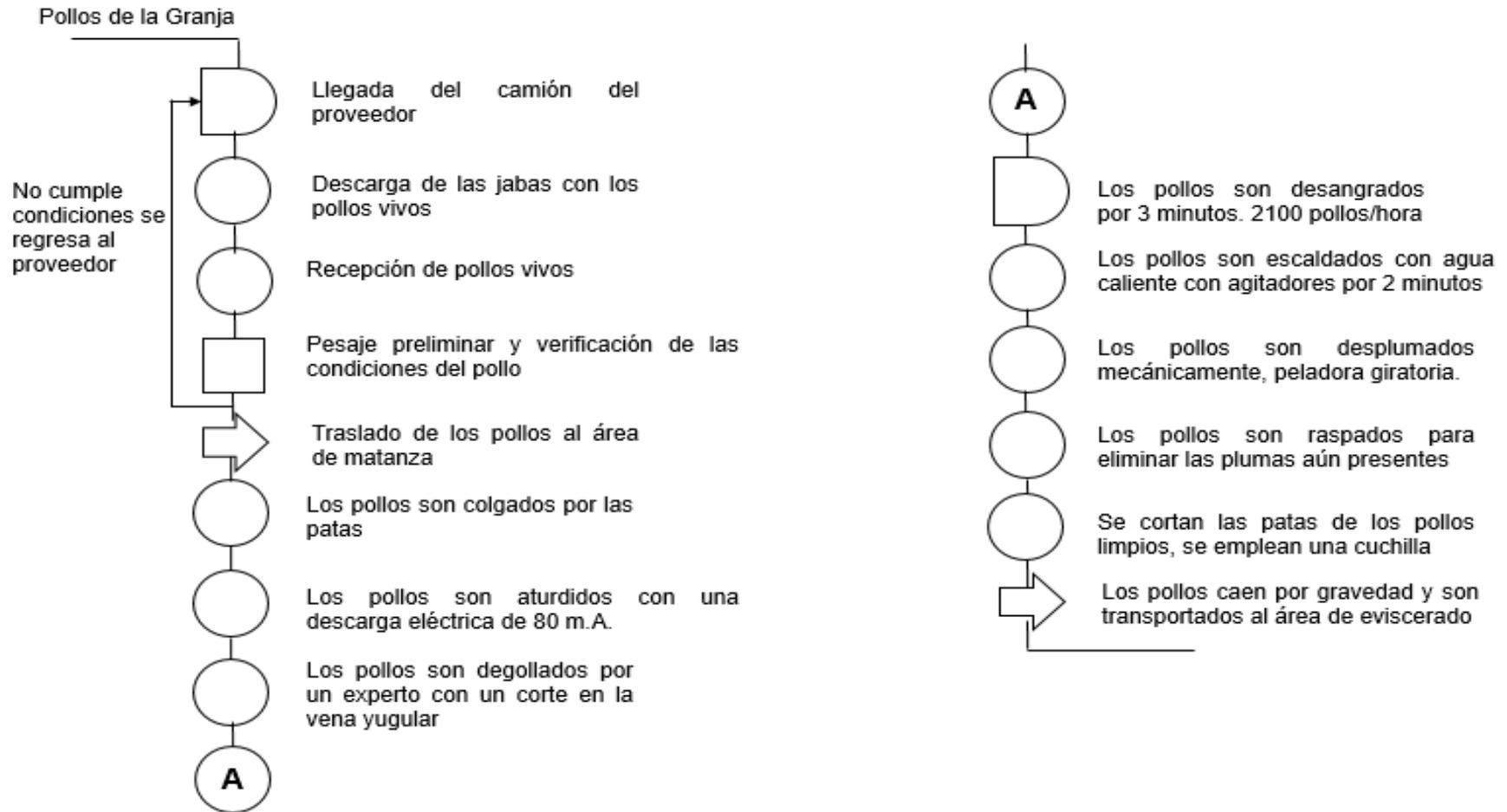
El centro de beneficio de aves en la empresa Chimú Agropecuaria S.A., cuenta con una distribución de los distintos equipos que intervienen en el proceso de producción de la empresa; previamente se dará una descripción de las etapas con las que cuenta el proceso desde la recepción del producto hasta despacho.

A. ETAPA DE MATANZA

Para esta etapa se presenta el siguiente diagrama de operaciones para detallar el flujo del proceso.

Figura 1

Diagrama de Operaciones de la Etapa de matanza de los pollos



Nota: En la figura 1 podemos apreciar que la frecuencia de desangrado es de 2100 pollos por cada hora. Elaboración propia.

Para una mejor comprensión el proceso se detalla a continuación.

- Recepción de pollo: En primera fase se descarga del camión las jabas de pollo vivo enviándolo a la zona de extracción, se procede al pesaje preliminar y verificación de las condiciones iniciales del pollo como el buche, golpes entre otros por lo que se anotan en el formato específico.
- Colgado: Se procede a colgar al ave de las patas en la cadena de matanza cuidando de no presionar el muslo del ave, siendo esta la primera fase del proceso de producción.
- Aturdido: El ave recibe una descarga eléctrica (80 microamperios aproximadamente) con agua y sal en un área oscura la cual es previamente acondicionada con luz roja a una baja potencia con la finalidad de evitar el estrés de ésta.
- Degollado: Implica el uso de un cuchillo para realizar un corte en la arteria carótida y vena yugular por un operador debidamente capacitado a fin de evitar incisiones insuficientes.
- Desangrado: El ave pasa a través de un transportador durante 3 minutos mediante un túnel de desangrado a una velocidad de 2100 pollo/hora aproximadamente.
- Escaldado: El agua calentada por medio de vapor y homogeneizada mediante 4 agitadores internos durante 2 minutos aproximadamente, es un medio para sumergir el ave antes de iniciar el proceso de desplumado.
- Desplumado: Previamente el ave escaldada pasa por una peladora mecánica suministrado de dedos de goma adecuados en un disco giratorio, la máquina brinda la certeza de no ocasionar desgarros en la piel del ave ya que se encuentra calibrada para ejecutar dicha actividad.
- Repasado: Consiste en eliminar las plumas que no fueron retiradas en la etapa anterior.

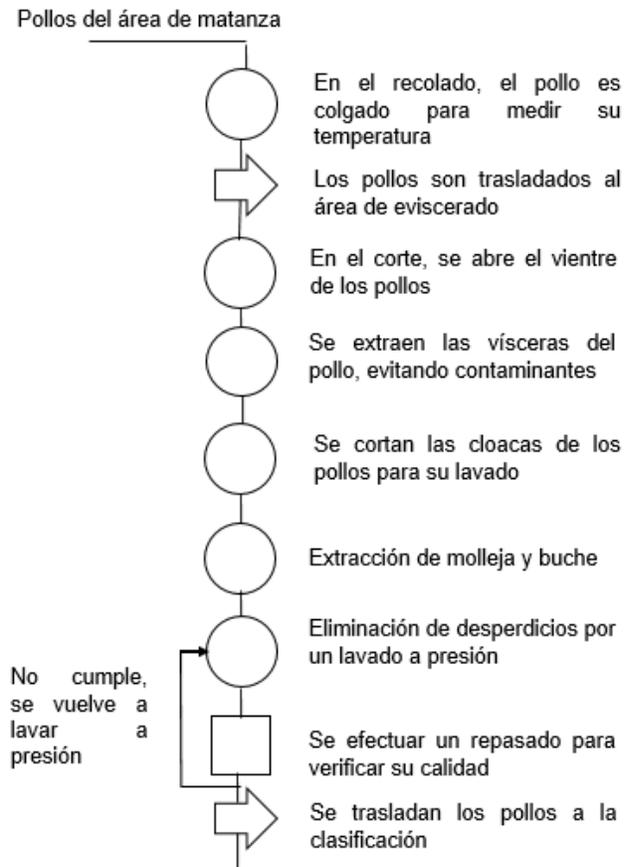
- Corte de patas: Para culminar con esta etapa el ave, mediante una cuchilla se corta las patas a por lo que este cae y pasa al proceso de eviscerado.

B. ETAPA DE EVISCERADO

Para esta etapa se reciben los pollos provenientes del área de matanza para retirarle las vísceras, a continuación, se detalla el siguiente diagrama.

Figura 2

Diagrama de Operaciones de la Etapa de Eviscerado de los pollos



Nota: El pollo tiene que pasar un estricto proceso de limpieza para poder clasificarlos. Elaboración propia.

El proceso consta de los siguientes pasos:

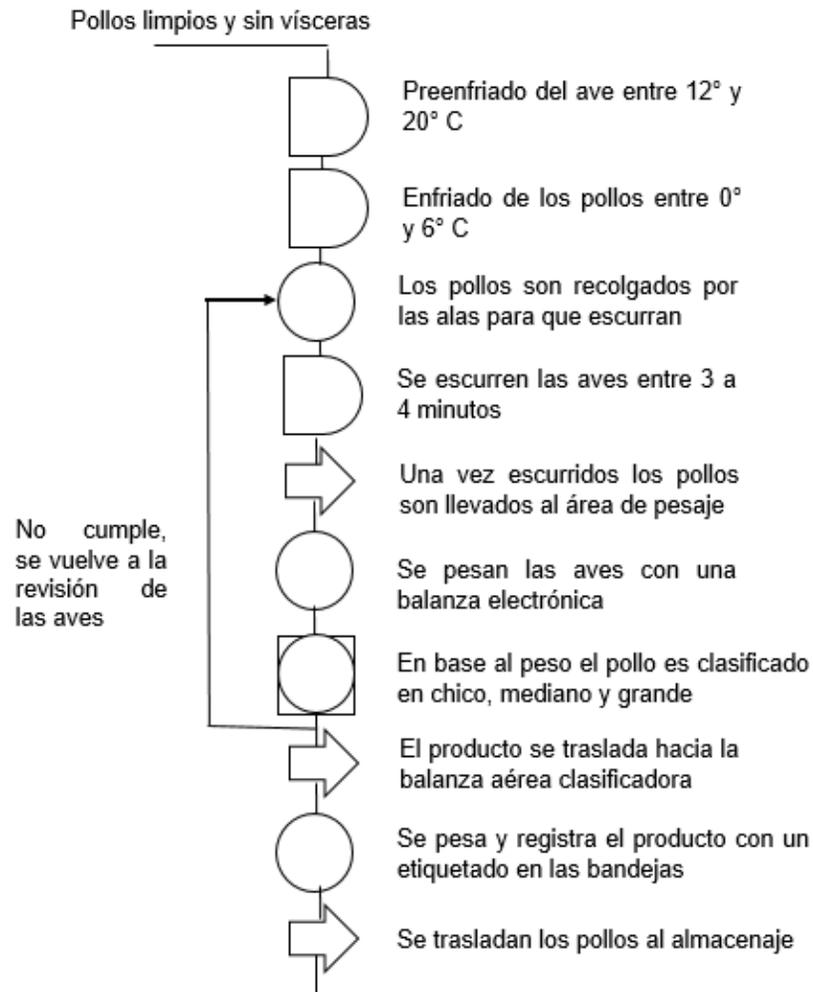
- **Recolado:** El pollo proveniente del área de matanza se cuelga en el transportador de eviscerado con el objetivo de controlar su temperatura mediante termómetros.
- **Corte:** Con los parámetros de control ya previstos, se procede a realizar la apertura del vientre para la evisceración evitando el deterioro del producto.
- **Extracción de vísceras:** Se exponen las vísceras con cuidado para no contaminar el producto con residuos de la actividad, este proceso es el mismo para las distintas variedades de pollo.
- **Corte de cloaca:** En esta actividad el operario debe ser más cuidadoso y preciso en el corte de la cloaca para facilitar el lavado de esta.
- **Extracción de molleja y buche:** La extracción de molleja y buche se hace de manera manual evitando roturas para no contaminar el pollo. En esta fase del proceso se realiza un control y se reporta si existe daño.
- **Lavado de cloaca:** Los restos de cloaca son eliminados fuera del pollo mediante un lavado con chorros de agua, aquellos pollos que presentan manchas de heces son retirados de la línea de producción para un posterior lavado más minucioso.
- **Repasado:** El pollo pasa por un proceso de revisión donde terminan de retirar los órganos internos que aún pudieran quedar en este. Aquellos pollos cuyos restos internos o posible fuente de contaminación aún no son removidas, son retirados de la línea de producción para su posterior lavado.

C. ETAPA DE CLASIFICACIÓN

Luego del proceso de eviscerado se procede a clasificar los pollos siguiendo el siguiente flujo.

Figura 3

Diagrama de Operaciones de la Etapa de Clasificación de los pollos



Nota: Se clasifican los pollos de acuerdo a su peso. Elaboración propia.

El proceso consta de los siguientes pasos:

- Pre – enfriado: Se basa en un enfriamiento rápido para reducir la proliferación micobacteriana e hidratar el pollo. El agua del pre – chiller se encuentra bajo los parámetros de temperatura (mínimo 12 y máximo 20°C). Además, es sometida a un flujo de agua constante y burbujeo para facilitar la homogeneización de hidratación y temperatura del producto.
- Enfriado y sanitización: Según el tipo de producto de producción

se considera las temperaturas de trabajo las cuales están entre 0 a 6°C. En caso la temperatura esté fuera del rango establecido se debe agregar hielo hasta alcanzar los límites permisibles, así como se debe controlar la hidratación sabiendo que el pollo es sometido a temperaturas elevadas.

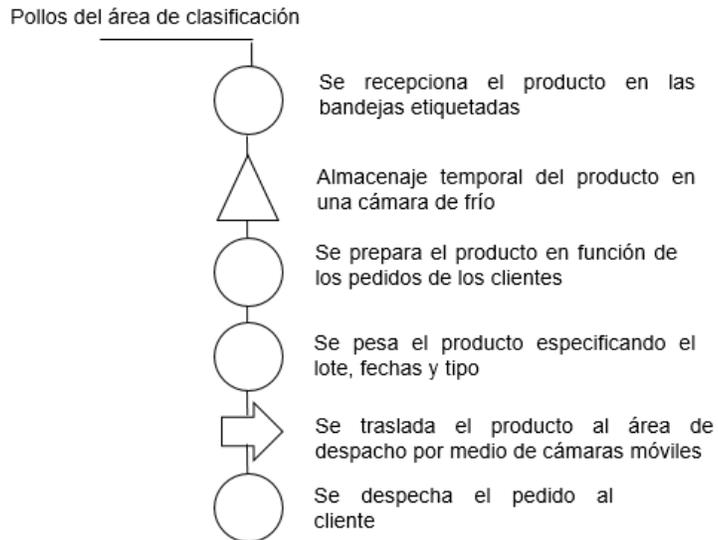
- **Recolgado:** El producto debe ser colgado de las alas en la cadena de escurrido del área de clasificación. A partir de esta etapa se hace la práctica de SSOP a fin de evitar la contaminación por el manipuleo o transporte de equipos.
- **Escurreo:** Transcurre por el paso de la cadena de escurrido por un tiempo estimado de 3 a 4 minutos.
- **Abastecimiento:** Posterior al descongelamiento el producto se pesa en balanza electrónica a través de un operario asignado para supervisión del pesaje y evitar alteraciones de este.
- **Clasificación:** La clasificación está basada en rangos de peso (chico, mediano y grande). En esta etapa se realiza un control de defectos como hematomas o fracturas de cualquier origen o proceso deficiente, por lo que los productos con esas características son retirados por no cumplir las especificaciones.
- **Pesado y registro:** Con el producto ya en bandejas se traslada hacia la balanza aérea clasificadora para su registro, luego se coloca una identificación en la superficie de la bandeja.

D. ETAPA DE ALMACÉN Y DESPACHO

Para esta etapa se presenta el siguiente diagrama.

Figura 4

Diagrama de Operaciones de la Etapa de almacén y despacho de los pollos



Nota: Los pollos son puestos en bandejas para separarlos en función al pedido de los clientes. Elaboración propia.

El proceso consta de los siguientes pasos:

- Recepción del producto: Las bandejas ya etiquetadas se apilan manteniendo las condiciones higiénicas sanitarias estipuladas en la organización.
- Almacenamiento: El producto se conserva temporalmente en una cámara de frío donde se monitorea la temperatura adecuada para evitar que la cadena de frío se rompa; de este modo se evita que el producto se vuelva a contaminar.
- Preparación del pedido: La preparación del pedido está en función a los pedidos solicitados por los clientes, se identifican las bandejas según solicitud y se debe monitorear la calidad de los productos a despachar.
- Pesado: Zona de entradas y salida a cámara con especificaciones como lote, fechas y tipo de producto.
- Despacho: Se realiza por medio de cámaras móviles adecuadas para transporte del producto.

4.1.1.1. Máquinas y equipos presentes en el proceso de producción de los pollos en la empresa Chimú Agropecuaria S.A.

A continuación, se muestra el listado de las máquinas y equipos que se utilizan en el proceso industrial del pollo para la comercialización.

Esta lista comprende según la etapa del proceso por ejemplo para la fase de matanza se tienen al transportador aéreo, aturdidor, escaldador y peladora mecánica, en la fase de clasificación comprenden al túnel de lavado y a la balanza aérea, mientras que para la fase de almacenaje se tiene a la cámara de frío. Es así que se muestra la tabla siguiente:

Tabla 3
Máquinas y equipos empleados en la producción de los pollos

Maquinas	Etapa del proceso	Capacidad de Diseño	Capacidad Efectiva	Año de adquisición
Transportador aéreo	Matanza	2000 pollos/Hr.	1820 pollos/Hr.	2012
Aturdidor	Matanza	1500 pollos/Hr.	1340 pollos/Hr.	2015
Escaldador	Matanza	70 Ltr.	56 Ltr.	2012
Peladora mecánica	Matanza	50 Sg./Pollo	40 Seg./pollo	2012
Túnel de Lavado	Clasificación	800 pollos/HR.	700 pollos/Hr.	2012
Balanza aérea	Clasificación	5000 kg pollo/Hr	4900 kg pollo/Hr.	2015
Cámara de frío	Almacenaje	2000 kg	1900 kg	2015

Nota. En la tabla 3 se puede apreciar que la Balanza aérea es el equipo con más capacidad de diseño (5000 kg pollo/Hr) y mayor capacidad efectiva (4900 kg pollo/Hr) además de ser una de las máquinas relativamente nuevas, detalles a considerar en la presente investigación.

4.1.1.2. Proceso de mantenimiento actual de la empresa Chimú Agropecuaria S.A.

Para poder describir el proceso actual de mantenimiento de la empresa Chimú Agropecuaria S.A., se efectuó el siguiente detalle:

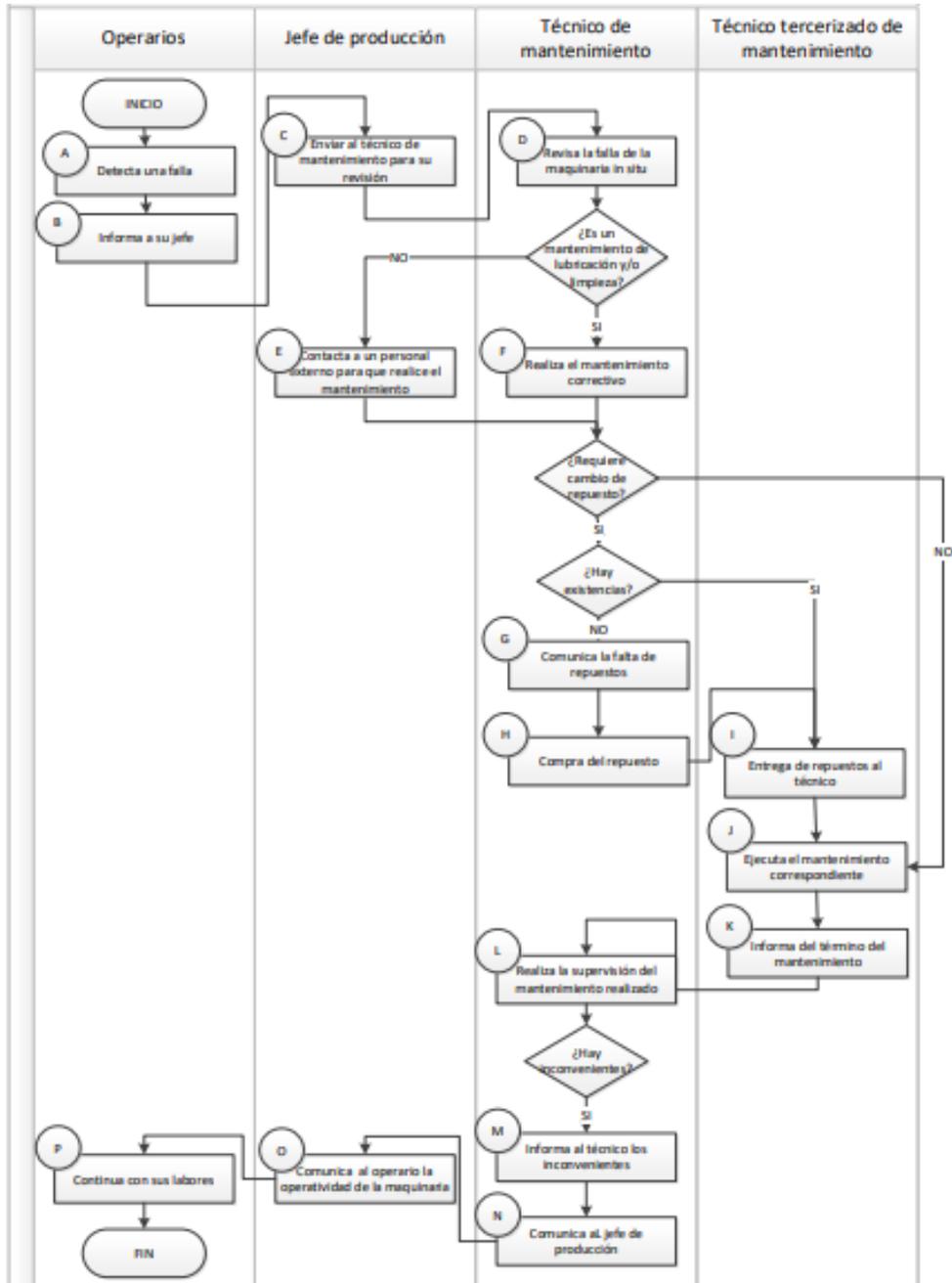
- El operador detecta una falla en la maquinaria o equipo.
- Se le informa al encargado del área de producción sobre la falla.
- El encargado envía al técnico para efectuar el mantenimiento.
- El técnico de mantenimiento comprueba la falla de la maquinaria o equipo en el lugar.
- El personal encargado realiza las evaluaciones de lo programado, de no ser concerniente a lubricaciones, limpiezas, etc., éste comunica al encargado de producción para que acuda un técnico más especializado.
- En caso de que se traten de actividades menores de mantenimiento, lo lleva a cabo el mismo técnico de la planta.
- **El técnico** evalúa el requerimiento de algún repuesto para efectuar el mantenimiento, de ser necesario, se hace una solicitud al encargado de producción sobre los repuestos a emplear.
- El encargado del área de producción dirige al técnico de mantenimiento a realizar la compra los repuestos necesarios.
- El técnico de mantenimiento confirma la entrega de los repuestos al técnico externo.
- El técnico externo efectúa el mantenimiento correspondiente.
- Culminado el mantenimiento, el técnico externo informa al técnico de planta.
- El técnico supervisa el mantenimiento efectuado por el técnico externo.
- El técnico verifica que no haya inconvenientes en la operatividad del equipo o máquina, caso contrario, el técnico informa al técnico externo y este efectúa nuevamente el mantenimiento.
- De no haber inconvenientes, el técnico de planta comunica al

encargado de producción sobre la operatividad del equipo o máquina.

- El encargado del área de producción comunica al operador la conformidad de la maquinaria.
- El operador sigue con sus labores de producción.

Figura 5

Diagrama de operaciones del proceso actual de mantenimiento



Nota: En la figura 5 se observa que el operario tiene que detectar la falla para poder tratarla. Elaboración propia.

4.1.1.3. Número de fallas de los equipos de pesado en el proceso de Pollos de la empresa Chimú Agropecuaria S.A.

Los equipos presentes en el proceso de pesado son tres balanzas aéreas marca Linco modelo 180, en la tabla siguiente se presenta el resumen de los fallos por mes en el año 2021.

La codificación de este equipo en la empresa Chimú Agropecuaria S.A., se determina como BACLA-0N° Linco 180, solo se reemplaza el número de cada balanza como se muestra a continuación:

Tabla 4
Fallas de los equipos de pesado en la empresa Chimú Agropecuaria S.A.

Mes	Fallas			Total
	BACLA-01 Linco 180	BACLA-02 Linco 180	BACLA-03 Linco 180	
Enero	9	5	6	20
Febrero	7	4	7	18
Marzo	6	6	5	17
Abril	9	4	7	20
Mayo	6	4	3	13
Junio	6	5	2	13
Julio	7	6	4	17
Agosto	5	3	2	10
Septiembre	5	4	4	13
Octubre	7	5	6	18
Noviembre	8	4	6	18
Diciembre	6	5	3	14
Total	81	55	55	191

Nota. En la tabla 4 se presentan los datos de fallas en el año 2021 proporcionados por la empresa Chimú Agropecuaria S.A., en el que la BACLA-01 Linco 180 presentó 81 fallas, la BACLA-02 Linco 180 55 fallas y la BACLA-03 Linco 180 55 fallas. Empresa Chimú Agropecuaria SA.

En base a ello se verificó los tiempos que implica contactar con el personal interno y externo para el mantenimiento de cada equipo (tabla 5), es por ello que para poder determinar el tiempo de demora TD se empleó la siguiente

fórmula:

$$TD = TF - TR$$

Tabla 5
Tiempo de atención del personal de mantenimiento

Mes	BACLA-01 Linco 180			BACLA-02 Linco 180			BACLA-03 Linco 180		
	Tiempo de fallas TF (min)	Tiempo de reparación TR (min)	Tiempo de demora para llegada del técnico TD (min)	Tiempo de fallas TF (min)	Tiempo de reparación TR (min)	Tiempo de demora para llegada del técnico TD (min)	Tiempo de fallas TF (min)	Tiempo de reparación TR (min)	Tiempo de demora para llegada del técnico TD (min)
Enero	75	37	38	51	32	19	34	34	0
Febrero	49	28	21	25	25	0	29	17	12
Marzo	33	33	0	31	24	7	41	32	9
Abril	43	26	17	41	31	10	39	21	18
Mayo	69	54	15	25	25	0	41	39	2
Junio	47	32	15	30	30	0	39	26	13
Julio	56	32	24	27	15	12	51	48	3
Agosto	60	44	16	29	19	10	41	21	20
Septiembre	54	43	11	36	29	7	37	37	0
Octubre	49	32	17	29	29	0	26	15	11
Noviembre	43	21	22	41	32	9	35	27	8
Diciembre	36	36	0	33	29	4	37	25	12
Total	614	418	196	398	320	78	450	342	108

Nota. En la tabla 5 se aprecia el tiempo total de demora para la atención del mantenimiento por parte del personal encargado, en la que la balanza BACLA-01 Linco 180 es la que tuvo un mayor tiempo de demora para la llegada del técnico con un registro de 196 minutos en todo el 2021, esto es clave para poder determinar la criticidad de los equipos analizados. Empresa Chimú Agropecuaria SA.

4.1.1.4. Análisis de criticidad para las Balanzas aéreas en el proceso de pesado en la planta de la empresa Chimú Agropecuaria S.A.

Para efectuar este análisis se empleó la tabla de ponderación (Anexo 1) y el criterio de Criticidad que implica un rango de calificación tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6
Calificación del rango de criticidad

Tabla de Ponderación	Instrucciones generales para la ponderación
A. Crítica 21-30	<ul style="list-style-type: none">● Calificar según la ponderación en la percepción del observador.
B: Semi crítico 13 - 20	<ul style="list-style-type: none">● Calificar la ponderación según la percepción de un especialista.
C. No críticos 01-12	<ul style="list-style-type: none">● La criticidad será en base de ambas percepciones.

Nota. En la tabla 6 se muestran las 3 ponderaciones que se diferencian según la percepción del observador y el especialista, que van desde A (Crítica), B (Semi crítico) y C (No críticos). Rangos de Criticidad (Constantino, 2021)

Con las ponderaciones antes descritas se evaluó la criticidad de las balanzas del área de pesado de la empresa Chimú Agropecuaria S.A., estimando su participación en el servicio, el valor técnico económico, el tipo de efecto de la falla, la probabilidad de la falla, la permisividad operacional, el régimen logístico, la influencia en la mano de obra y en la mantenibilidad además del estado según el mantenimiento predictivo, todo ello se expresó en la tabla siguiente:

Tabla 7
 Criticidad de la balanza aérea

ITEMS		Sobre servicio		Valor Tecnico - Economico		La Falla Afecta al:						Probabili dad Falla		Permisividad Operacional		Regimen Logistico		Mano de Obra		Manteni bilidad		Predictivo						DINAMICO	TOTAL	ESCALA							
Cod. Sap	EQUIPOS/ACTIVOS INDUSTRIALES	PARA (4)	REDUCE(2)	NO PARA (0)	ALTO (3)	MEDIO (2)	BAJO (1)	Equipo		Producto		Operador		Segurid ad Gral		Medio Ambiente		UNICO (2)	BY PASS(1)	STAND BY (0)	EXTRANJ. (2)	LOC./EXTR.(1)	LOCAL(0)	TERCEROS (2)	PROPIA (0)	BAJA (1)	ALTA (0)	ESTATICO	Veloc Vib.		Aceleracion		Δ°C		DINAMICO	TOTAL	ESCALA
								SI (1)	NO (0)	SI (1)	NO (0)	SI (1)	NO (0)	CON RIESGO(1)	SIN RIESGO(0)	SI (1)	NO (0)												SI (1)	NO (0)	ALTA (4)	MEDIA (2)	BAJA (0)	ALTA (4)			
BACLA-01	Balanza Linco Modelo 180	4			3			1	1				0	0	0	0	2					0	2		1		16	2	4		2		8	24	CRÍTICO		
BACLA-02	Balanza Linco Modelo 180		2			2		1	1				0	0	0	2						0	2		1		13	2		2	2		6	19	SEMI CRITICO		
BACLA-03	Balanza Linco Modelo 180	3			3			1	1				0	0	0	2						0	2		1		15	2		2	1		5	20	SEMI CRITICO		

Nota. En la tabla 7 se determinó que la balanza BACLA-01 Linco 180 la que tienen un mayor grado de criticidad con una calificación de 24 debido a que registró el mayor número de fallas en el 2021 por ende el riesgo de para del equipo es mayor, mientras que la balanza BACLA-02 Linco 180 obtuvo una calificación de 19 y la BACLA-03 Linco 180 alcanzó un calificativo de 20, las cuales se ponderaron en Semi crítico respectivamente. Elaboración propia.

Posterior al análisis, se aplicó a este equipo y a sus partes y piezas el Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) para determinar las partes críticas de la máquina, para tal fin se empleó la tabla de ponderación de Severidad, ocurrencia y detección (Anexo 2) y se estimaron los resultados según la tabla:

Tabla 8
 Ponderaciones para la matriz AMEF

AMEF	
Valoración de probabilidad de Riesgo	
NPR > 100	Inaceptable
100 > NPR > 50	Reducción
50 > NPR	Aceptable

Nota. En la tabla 8 el NPR hace referencia al Número Prioritario de Riesgo. Rangos de Criticidad (Constantino, 2021)

Con la aplicación de la ponderación se desarrolló el análisis del modo de efecto de fallas y se presenta la siguiente tabla:

Tabla 9
Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)

NOMBRE DEL ACTIVO	FUNCION DEL ACTIVO	OBJETO DEL EQUIPO (COMPONENTE)	MODO POTENCIAL FALLO	SEVERIDAD (Impacto)	EFECTO POTENCIAL FALLO	OCURRENCIA (Periodo)	CAUSA POTENCIAL FALLO	DETECCION (Encontrar)	NPR	CONTROLES ACTUALES
Balanza Linco Modelo 180	Se encarga del pesado del pollo para una posterior clasificación de acuerdo a su peso bajo los estándares brindados por la empresa.	Cabezal	Inestabilidad Eléctrica	8	Paro del Equipo	4	Fluctuaciones de Energía	4	128	Supervisión de Campo Plan de Rutina
			Daño Físico	8		1	Golpes y/o Manipulaciones	2	16	Supervisión de Campo Plan de Rutina
			Sobrecalentamiento	8		3	Uso prolongado o forzado del equipo	4	96	Supervisión de Campo Plan de Rutina
			Fallo de Software	9		5	Desactualizaciones	2	90	Supervisión de Campo Plan de Rutina
		Plataforma	Descalibración de Celda de Carga	7	Paro del Equipo	8	Uso prolongado o forzado del equipo Cambios bruscos de Temperatura Vibración Excesiva	7	392	Calibración diaria de Celdas Supervisión en Campo
			Reducida Vida Útil para la Celda de Carga	8		6	Uso prolongado o forzado del equipo Cambios bruscos de Temperatura Vibración Excesiva	5	240	Supervisión de Campo
			Fallas Mecánicas en los Brazos Leva	6		4	Uso prolongado o forzado del equipo Vibración Excesiva Falta de Mtto Preventivo Falta de Lubricación	5	120	Supervisión de Campo Plan de Lubricación Plan de Rutinas
		Transmisores de Datos	Fallo de Instalaciones Eléctricas	4	Paro del Equipo	3	Empalmes e instalaciones inadecuadas	3	36	Mtto en instalaciones eléctricas Supervisión en Campo Plan de Rutinas
			Falta de Mtto (Sistemas Inexistentes de Protección)	4		3	Falta de Organización Interna	3	36	Mtto en instalaciones eléctricas Supervisión en Campo Plan de Rutinas
		Componentes Clasificadores	Fallas Mecánicas en Sensores, Pistones y otros	5	Paro del Equipo	5	Uso prolongado o forzado del equipo Vibración Excesiva Falta de Mtto Preventivo Falta de Lubricación	5	125	Mtto en instalaciones eléctricas Supervisión en Campo Plan de Rutinas

Nota. En la tabla 9, dado el presente análisis, se aprecia que la balanza aérea BACLA-01 Linco 180 está en un estado **Crítico-Inaceptable** dado que su Número Prioritario de Riesgo (NPR) en las partes del equipo más importantes como es la Plataforma y los Componentes Clasificadores superan la puntuación de 100. Elaboración propia.

4.1.1.5. Indicadores de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

Para el cálculo de los indicadores del mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, en primer lugar, se determinó el total programado para producir (TPP), para ello se presenta la siguiente tabla.

Tabla 10
Tiempo Programado para Producir – Año 2021

Mes	Días trabajados	TPP (min)
Enero	28	13440
Febrero	26	12480
Marzo	26	12480
Abril	28	13440
Mayo	26	12480
Junio	26	12480
Julio	26	12480
Agosto	28	13440
Septiembre	26	12480
Octubre	26	12480
Noviembre	28	13440
Diciembre	24	11520
Total		152640

Nota. En la tabla 10 para determinar el tiempo TPP en minutos se empleó los datos dados por la empresa Chimú Agropecuaria S.A., además la empresa labora 8 horas al día, por ende, el total en minutos del tiempo programado para producir es de 152 640 minutos aproximadamente.

Según los datos antes mostrados, se empezó a calcular los siguientes indicadores. Empresa Chimú Agropecuaria SA.

a. Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Para hallar el valor de este indicador se emplearon los datos de la tabla 10 donde se expresan los tiempos programados para producir (TPP) y los datos de la tabla 4 para el número de fallas de cada balanza (NF), para luego expresarlos en la siguiente la fórmula:

$$\text{Tiempo medio entre fallas(MTBF)} = \frac{T_{pp}}{NF}$$

Donde:

TPP: Tiempo programado para producir

NF: Número de fallas

Según estos alcances se desarrolló la siguiente tabla:

Tabla 11
Tiempo medio entre fallas de las 3 balanzas (min.) - 2021

Mes	BACLA-01 Linco 180			BACLA-02 Linco 180			BACLA-03 Linco 180		
	TPP (min)	NF	MTBF	TPP	NF	MTBF	TPP	NF	MTBF
Enero	13440	9	1493,33	13440	5	2688,00	13440	6	2240,00
Febrero	12480	7	1782,86	12480	4	3120,00	12480	7	1782,86
Marzo	12480	6	2080,00	12480	6	2080,00	12480	5	2496,00
Abril	13440	9	1493,33	13440	4	3360,00	13440	7	1920,00
Mayo	12480	6	2080,00	12480	4	3120,00	12480	3	4160,00
Junio	12480	6	2080,00	12480	5	2496,00	12480	2	6240,00
Julio	12480	7	1782,86	12480	6	2080,00	12480	4	3120,00
Agosto	13440	5	2688,00	13440	3	4480,00	13440	2	6720,00
Septiembre	12480	5	2496,00	12480	4	3120,00	12480	4	3120,00
Octubre	12480	7	1782,86	12480	5	2496,00	12480	6	2080,00
Noviembre	13440	8	1680,00	13440	4	3360,00	13440	6	2240,00
Diciembre	11520	6	1920,00	11520	5	2304,00	11520	3	3840,00
Total	152640	81	1884,44	152640	55	2775,27	152640	55	2775,27

Nota. En la tabla 11 se aprecia que el tiempo medio entre fallas (MTBF) para la balanza BACLA-01 Linco 180 es de 1884,44 minutos por cada falla al año. Elaboración propia.

b. Tiempo Total de Operación (TTO)

Este tiempo es necesario para calcular luego la disponibilidad de los equipos de pesado de la empresa Chimu Agropecuaria, para ello se empleó los datos de la tabla 5 que expresan el tiempo de falla (TF) para cada balanza, luego se utilizó la siguiente fórmula:

$$TTO = TPP - TF$$

Donde:

TPP: Tiempo programado para producir (min)

TF: Tiempo de fallas (min)

Según estos alcances se desarrolló la siguiente tabla:

Tabla 12
Tiempo total de operación Empresa Chimu Agropecuaria – 2021

Mes	BACLA-01 Linco 180			BACLA-02 Linco 180			BACLA-03 Linco 180		
	TPP (min)	TF (min)	TTO (min)	TPP (min)	TF (min)	TTO (min)	TPP (min)	TF (min)	TTO (min)
Enero	13440	75	13365,00	13440	51	13389,00	13440	34	13406,00
Febrero	12480	49	12431,00	12480	25	12455,00	12480	29	12451,00
Marzo	12480	33	12447,00	12480	31	12449,00	12480	41	12439,00
Abril	13440	43	13397,00	13440	41	13399,00	13440	39	13401,00
Mayo	12480	69	12411,00	12480	25	12455,00	12480	41	12439,00
Junio	12480	47	12433,00	12480	30	12450,00	12480	39	12441,00
Julio	12480	56	12424,00	12480	27	12453,00	12480	51	12429,00
Agosto	13440	60	13380,00	13440	29	13411,00	13440	41	13399,00
Septiembre	12480	54	12426,00	12480	36	12444,00	12480	37	12443,00
Octubre	12480	49	12431,00	12480	29	12451,00	12480	26	12454,00
Noviembre	13440	43	13397,00	13440	41	13399,00	13440	35	13405,00
Diciembre	11520	36	11484,00	11520	33	11487,00	11520	37	11483,00
Total	152640	614	152026,00	152640	398	152242,00	152640	450	152190,00

Nota. En la tabla 12 se puede apreciar que el tiempo total de operación (TTO)

para la balanza BACLA-01 Linco 180 es de 152 026 minutos anuales.
Elaboración propia.

c. Tiempo de Mantenibilidad (MTTR)

Para determinar el tiempo de mantenibilidad se emplearon los datos de la tabla 5 que expresan los tiempos para reparar (TTR) para cada balanza del área de pesado con el número de fallas respectivamente, todo ello aplicado para las siguientes fórmulas

$$\text{Tiempo medio para reparar (MTTR)} = \frac{\text{TTR}}{\text{NF}}$$

$$\text{Mantenibilidad (M)} = \frac{1}{\text{MTTR}}$$

Según estos alcances se desarrolló la siguiente tabla:

Tabla 13
Tiempo medio para reparar los equipos – Mantenibilidad 2021

Mes	BACLA-01 Linco 180				BACLA-02 Linco 180				BACLA-03 Linco 180			
	TTR (min)	NF	MTTR	M	TTR (min)	NF	MTTR	M	TTR (min)	NF	MTTR	M
Enero	37	9	4,11	24,32%	32	5	6,40	15,63%	34	6	5,67	17,65%
Febrero	28	7	4,00	25,00%	25	4	6,25	16,00%	17	7	2,43	41,18%
Marzo	33	6	5,50	18,18%	24	6	4,00	25,00%	32	5	6,40	15,63%
Abril	26	9	2,89	34,62%	31	4	7,75	12,90%	21	7	3,00	33,33%
Mayo	54	6	9,00	11,11%	25	4	6,25	16,00%	39	3	13,00	7,69%
Junio	32	6	5,33	18,75%	30	5	6,00	16,67%	26	2	13,00	7,69%
Julio	32	7	4,57	21,88%	15	6	2,50	40,00%	48	4	12,00	8,33%
Agosto	44	5	8,80	11,36%	19	3	6,33	15,79%	21	2	10,50	9,52%
Septiembre	43	5	8,60	11,63%	29	4	7,25	13,79%	37	4	9,25	10,81%
Octubre	32	7	4,57	21,88%	29	5	5,80	17,24%	15	6	2,50	40,00%
Noviembre	21	8	2,63	38,10%	32	4	8,00	12,50%	27	6	4,50	22,22%
Diciembre	36	6	6,00	16,67%	29	5	5,80	17,24%	25	3	8,33	12,00%
Total	418	81	5,16	19,38%	320	55	5,82	17,19%	342	55	6,22	16,08%

Nota. La tabla 13 expresa que el tiempo promedio anual (MTTR) para reparar la balanza BACLA-01 Linco 180 es de 5,16 minutos por cada falla y que el porcentaje de mantenibilidad de este equipo es del 19,38%. Elaboración propia.

d. Confiabilidad

Para determinar la confiabilidad de las balanzas del área de pesado se empleó los datos de la tabla 11 que indica los tiempos medios entre fallas (MTBF) y de la tabla 13 de los tiempos medios para reparar, para luego utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Confiabilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTTR} + \text{MTBF}}$$

Según estos alcances se desarrolló la siguiente tabla:

Tabla 14
Confiabilidad de las balanzas aéreas 2021

Mes	BACLA-01 Linco 180			BACLA-02 Linco 180			BACLA-03 Linco 180		
	MTBF	MTTR	% C	MTBF	MTTR	% C	MTBF	MTTR	% C
Enero	1493,33	4,11	99,73%	2688,00	6,40	99,76%	2240,00	5,67	99,75%
Febrero	1782,86	4,00	99,78%	3120,00	6,25	99,80%	1782,86	2,43	99,86%
Marzo	2080,00	5,50	99,74%	2080,00	4,00	99,81%	2496,00	6,40	99,74%
Abril	1493,33	2,89	99,81%	3360,00	7,75	99,77%	1920,00	3,00	99,84%
Mayo	2080,00	9,00	99,57%	3120,00	6,25	99,80%	4160,00	13,00	99,69%
Junio	2080,00	5,33	99,74%	2496,00	6,00	99,76%	6240,00	13,00	99,79%
Julio	1782,86	4,57	99,74%	2080,00	2,50	99,88%	3120,00	12,00	99,62%
Agosto	2688,00	8,80	99,67%	4480,00	6,33	99,86%	6720,00	10,50	99,84%
Septiembre	2496,00	8,60	99,66%	3120,00	7,25	99,77%	3120,00	9,25	99,70%
Octubre	1782,86	4,57	99,74%	2496,00	5,80	99,77%	2080,00	2,50	99,88%
Noviembre	1680,00	2,63	99,84%	3360,00	8,00	99,76%	2240,00	4,50	99,80%
Diciembre	1920,00	6,00	99,69%	2304,00	5,80	99,75%	3840,00	8,33	99,78%
Total	23359,24	66,00	99,72%	34704,00	72,33	99,79%	39958,86	90,58	99,77%

Nota. En la tabla 14 se determinó que la confiabilidad promedio anual de la balanza BACLA-01 Linco 180 es de 99,72%. Elaboración propia.

e. Disponibilidad

En el caso de la disponibilidad se emplearon los datos de las tablas que corresponden al tiempo total de operación (TTO) y al tiempo programado para producir (TPP), con ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{TTO} \times 100\%}{\text{TPP}}$$

Según estos alcances se desarrolló la siguiente tabla:

Tabla 15
Porcentaje de Disponibilidad de las balanzas 2021

Mes	BACLA-01 Linco 180			BACLA-02 Linco 180			BACLA-03 Linco 180		
	TPP	TTO	% D	TPP	TTO	% D	TPP	TTO	% D
Enero	13440	13365	99,44%	13440	13389	99,62%	13440	13406	99,75%
Febrero	12480	12431	99,61%	12480	12455	99,80%	12480	12451	99,77%
Marzo	12480	12447	99,74%	12480	12449	99,75%	12480	12439	99,67%
Abril	13440	13397	99,68%	13440	13399	99,69%	13440	13401	99,71%
Mayo	12480	12411	99,45%	12480	12455	99,80%	12480	12439	99,67%
Junio	12480	12433	99,62%	12480	12450	99,76%	12480	12441	99,69%
Julio	12480	12424	99,55%	12480	12453	99,78%	12480	12429	99,59%
Agosto	13440	13380	99,55%	13440	13411	99,78%	13440	13399	99,69%
Septiembre	12480	12426	99,57%	12480	12444	99,71%	12480	12443	99,70%
Octubre	12480	12431	99,61%	12480	12451	99,77%	12480	12454	99,79%
Noviembre	13440	13397	99,68%	13440	13399	99,69%	13440	13405	99,74%
Diciembre	11520	11484	99,69%	11520	11487	99,71%	11520	11483	99,68%
Total	152640,00	152026,00	99,60%	152640,00	152242,00	99,74%	152640,00	152190,00	99,71%

Nota. La tabla 15 muestra que la balanza BACLA-01 Linco 180 muestra un porcentaje de disponibilidad del 99,6% promedio para el año 2021. Elaboración propia.

4.1.2. OE. 2 Determinar los costos actuales que genera el mantenimiento a la máquina con mayor número de paradas

Tras la evaluación de la criticidad de la balanza aérea, se procedió a evaluar los costos el periodo de Enero a Diciembre en el año 2021, la máquina Balanza Linco Modelo 180 con código BACLA-01 ubicada en el Centro de Beneficio Trujillo, no contaba con un programa de mantenimiento preventivo el cual se ve reflejado en un alto costo proveniente de las paradas de la misma. Esto lleva a reiterados mantenimientos correctivos durante dicho periodo, los cuales han ocasionado una gran inversión por lo que no se habían presupuestado los costos de mano de obra y/o repuestos de la máquina al alcance para una rápida

acción correctiva, por lo que inducía a tener emergencias de manera innecesaria, teniendo en cuenta esto se presenta una tabla resumen en el que se puede observar los costos involucrados en el mantenimiento de los componentes de la máquina detallado de manera mensual, para ello se presenta la siguiente fórmula:

$$CT = CR + CMO + CF$$

Donde:

CT: Costo total

CR: Costo de repuesto

CMO: Costo de mano de obra

CF: Costo de falla

Según estos alcances se elaboró la siguiente tabla:

Tabla 16
Costos del mantenimiento de la balanza aérea – periodo 2021

Mes	Detalle	Parte del equipo	CR (S/)	CF (S)	CMO (S/)	CT (S)
Enero	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	580,00	580,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	450,00	450,00
	Cambio partes clasificadores	Componentes clasificadores	39,90	105,00	550,00	694,90
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	250,00	250,00
	Mantenimiento C Cabezal	Cabezal	0,00	0,00	600,00	600,00
	Cambio transmisores de datos	Transmisores de datos	87,50	200,00	150,00	437,50
	Lubricación equipo completo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
	Inspección del equipo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	250,00	250,00
Febrero	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	300,00	300,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	200,00	200,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	150,00	150,00
	Mantenimiento Prvt. equipo completo	Equipo completo	0,00	0,00	50,00	50,00
	Reparación componentes clasf.	Componentes clasificadores	0,00	180,00	275,00	455,00
	Mantenimiento Crt. Cabezal	Cabezal	0,00	0,00	350,00	350,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	100,00	100,00
	Cambio transmisores de datos	Transmisores de datos	87,50	200,00	120,00	407,50
	Lubricación equipo completo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
Inspección del equipo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00	
Marzo	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	150,00	150,00

	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	200,00	200,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	250,00	250,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	250,00	250,00
	Mantenimiento Prvt. equipo completo	Equipo completo	0,00	0,00	130,00	130,00
	Mantenimiento Prvt. equipo completo	Equipo completo	0,00	0,00	120,00	120,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	100,00	100,00
	Reparación componentes clasf.	Componentes clasificadores	0,00	105,00	200,00	305,00
	Cambio componentes clasf.	Componentes clasificadores	99,90	200,00	150,00	449,90
	Cambio transmisores de datos	Transmisores de datos	87,50	200,00	175,00	462,50
	Mantenimiento Crt. Cabezal	Cabezal	0,00	0,00	490,00	490,00
	Lubricación equipo completo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
	Inspección del equipo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
Abril	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	278,00	278,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	252,00	252,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	324,00	324,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	144,00	144,00
	Cambio de Celda	Plataforma	0,00	0,00	9500,00	9500,00
	Cambio transmisores de datos	Transmisores de datos	87,50	200,00	100,00	387,50
	Reparación componentes clasf.	Componentes clasificadores	0,00	180,00	670,00	850,00
	Mantenimiento Crt. Cabezal	Cabezal	0,00	0,00	900,00	900,00
	Lubricación equipo completo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
	Inspección del equipo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
Mayo	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	300,00	300,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	200,00	200,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	350,00	350,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	300,00	300,00
	Reparación componentes clasf.	Componentes clasificadores	0,00	175,00	360,00	535,00
	Mantenimiento Prvt. equipo completo	Equipo completo	0,00	0,00	473,79	473,79
	Mantenimiento Crt. Cabezal	Cabezal	0,00	0,00	680,00	680,00
	Cambio transmisores de datos	Transmisores de datos	87,50	200,00	70,00	357,50
	Lubricación equipo completo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
	Inspección del equipo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
Junio	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	220,00	220,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	290,00	290,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	270,00	270,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	200,00	200,00
	Reparación componentes clasf.	Componentes clasificadores	0,00	179,00	120,00	299,00
	Cambio componentes clasf.	Componentes clasificadores	99,90	200,00	500,00	799,90
	Cambio celda de carga	Plataforma	257,00	324,00	120,00	701,00
	Mantenimiento Crt. Cabezal	Cabezal	0,00	0,00	750,00	750,00
	Cambio transmisores de datos	Transmisores de datos	87,50	200,00	235,53	523,03
	Lubricación equipo completo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00

	Inspección del equipo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	600,00	600,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	450,00	450,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	350,00	350,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	250,00	250,00
Julio	Lubricación equipo completo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
	Inspección del equipo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
	Mantenimiento Crt. Cabezal	Cabezal	0,00	0,00	760,00	760,00
	Cambio transmisores de datos	Transmisores de datos	87,50	200,00	120,00	407,50
	Cambio componentes clasf.	Componentes clasificadores	99,90	180,00	300,00	579,90
	Cambio componentes clasf.	Componentes clasificadores	99,90	180,00	200,00	479,90
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	288,00	288,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	252,00	252,00
Agosto	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	324,00	324,00
	Cambio celda de carga	Plataforma	0,00	0,00	8600,00	8600,00
	Lubricación equipo completo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
	Inspección del equipo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
	Mantenimiento Crt. Cabezal	Cabezal	0,00	0,00	600,00	600,00
	Cambio transmisores de datos	Transmisores de datos	87,50	200,00	144,00	431,50
	Soldado componentes clasf.	Componentes clasificadores	100,00	119,00	350,00	569,00
	Calibración de celda	Equipo completo	0,00	0,00	203,40	203,40
Septiembre	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	288,00	288,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	216,00	216,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	144,00	144,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	252,00	252,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	144,00	144,00
	Lubricación equipo completo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
	Inspección del equipo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
	Mantenimiento Prvt. equipo completo	Equipo completo	0,00	0,00	186,03	186,03
	Mantenimiento Crt. Cabezal	Cabezal	0,00	0,00	180,00	180,00
	Cambio transmisores de datos	Transmisores de datos	87,50	200,00	80,00	367,50
	Calibración componentes clasf.	Componentes clasificadores	0,00	0,00	100,00	100,00
	Octubre	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	200,00
Calibración de celda		Plataforma	0,00	0,00	400,00	400,00
Calibración de celda		Plataforma	0,00	0,00	200,00	200,00
Calibración de celda		Plataforma	0,00	0,00	200,00	200,00
Calibración de celda		Plataforma	0,00	0,00	300,00	300,00
Lubricación equipo completo		Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
Inspección del equipo		Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
Cambio componentes clasf.		Componentes clasificadores	100,00	130,00	250,00	480,00
Cambio transmisores de datos		Transmisores de datos	99,90	105,00	144,00	348,90
Mantenimiento Crt. Cabezal		Cabezal	0,00	0,00	200,00	200,00
Cambio componentes cabezal		Cabezal	105,00	210,00	100,00	415,00
Noviembre	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	216,00	216,00

	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	288,00	288,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	252,00	252,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	144,00	144,00
	Lubricación equipo completo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
	Inspección del equipo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
	Cambio celda de carga	Plataforma	260,00	350,00	8690,00	9300,00
	Mantenimiento Crt. Cabezal	Cabezal	0,00	0,00	900,00	900,00
	Cambio transmisores de datos	Transmisores de datos	87,50	200,00	144,00	431,50
	Cambio componentes clasf.	Componentes clasificadores	99,90	150,00	500,00	749,90
	Mantenimiento de plataforma	Plataforma	0,00	0,00	450,00	450,00
Diciembre	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	300,00	300,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	500,00	500,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	400,00	400,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	200,00	200,00
	Calibración de celda	Plataforma	0,00	0,00	200,00	200,00
	Lubricación equipo completo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
	Inspección del equipo	Equipo completo	0,00	0,00	272,00	272,00
	Cambio transmisores de datos	Transmisores de datos	87,50	200,00	250,00	537,50
	Mantenimiento Crt. Cabezal	Cabezal	0,00	0,00	700,00	700,00
	Cambio componentes clasf.	Componentes clasificadores	99,90	150,00	250,00	499,90
Total (S/)					70430,45	

Nota. Según la tabla 16, se puede observar que los costos totales de mantenimiento para la balanza con mayor criticidad, BALAC-01 Linco 180, en el periodo 2021 muestra la suma de S/ 70430,45. Empresa Chimú Agropecuaria S.A.

Tabla 17
Mantenimiento de cada parte de la balanza BACLA-01 Linco 180

Equipo	Partes de la balanza	Costos	%
	Cabezal	7525,00	10,68%
BACLA-01 Linco 180	Componentes Clasificadores	7847,30	11,14%
	Equipo completo	7691,22	10,92%
	Plataforma	42267,00	60,01%
	Transmisores de datos	5099,93	7,24%
	Total	70430,45	100%

Nota. En la tabla 17 se aprecia que de todos los segmentos de la balanza

BALAC-01 Linco 180, la que tiene mayores costos de mantenimiento al año es la plataforma con un CTM de S/ 42267,00 que equivale al 60,01% de los costos de todo el equipo, lo cual indica que es la parte más crítica de la balanza donde se debe poner más atención para la mejora. Elaboración propia.

4.1.2.1. Resultados de los indicadores

Como resultados de los indicadores, a continuación, se muestra la matriz de Operacionalización de las variables con los resultados obtenidos con respecto al equipo con mayor criticidad, que para el caso de estudio fue la balanza BALAC-01 Linco 180.

Tabla 18
Resultados del diagnóstico inicial

Variable	Dimensión	Indicador
Variable Independiente: Propuesta de Mantenimiento centrado en la Confiabilidad	AMEF Tiempo medio entre fallas (MTBF)	24: Crítico, inaceptable 1884,44 min/falla al año
	Confiabilidad	99,72%
	Disponibilidad	99,60%
	Mantenibilidad	19,38%
Variable Dependiente: Disminución de Costos del proceso de pesaje	Costo Total de Mantenimiento (CTM)	S/ 70430,45

Nota. Con lo mostrado en la tabla 18 se aprecian los resultados del diagnóstico inicial cuyos indicadores sirvieron para efectuar la metodología de mejora. Elaboración propia.

4.1.3. OE. 3 Desarrollar la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para la máquina con mayor número de paradas

Según los resultados obtenidos en el diagnóstico inicial, se procedió a realizar un plan de mejora basado en la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para la balanza BALAC-01 Linco 180, es así que se elaboró

una hoja de información como parte de la metodología y se muestra a continuación.

Tabla 19
Hoja de información del RCM de las piezas del equipo BALAC-01 Linco 180

Parte del equipo/máquina	Modo potencial del fallo (MF)	Efecto del fallo (EF)	Causas del fallo (CF)
Cabezal	MF1 Inestabilidad eléctrica	A Paro del equipo	CF1 Fluctuaciones de energía
	MF2 Daño físico	B Paro del equipo	CF2 Golpes y/o manipulaciones
	MF3 Sobrecalentamiento	C Paro del equipo	CF3 Uso prolongado o forzado del equipo.
	MF4 Fallo de software	D Paro del equipo	CF4 Desactualizaciones
Plataforma	MF5 Descalibración de celda de carga	E Paro del equipo	CF5 Cambios bruscos de temperatura, con usos prolongados además de vibración excesiva.
	MF6 Reducción de la vida útil para la celda de carga	F Paro del equipo	CF6 Cambios bruscos de temperatura, con usos prolongados además de vibración excesiva.
	MF7 Fallas mecánicas en los Brazos de Leva	G Paro del equipo	CF7 Falta de mantenimiento preventivo, falta de lubricación, uso forzado con vibración excesiva.
Transmisores de Datos	MF8 Falla de instalaciones eléctricas	H Paro del equipo	CF8 Empalmes e instalaciones inadecuadas.
	MF9 Sistemas inexistentes de protección	I Paro del equipo	CF9 Falta de organización interna
Componentes clasificadores	MF10 Fallas mecánicas en sensores, pistones, etc.	J Paro del equipo	CF10 Falta de mantenimiento preventivo, falta de lubricación, uso forzado con vibración excesiva.

Nota. Las nomenclaturas empleadas en la tabla 19 servirán como resumen en la hoja de decisiones. Hoja de información RCM (Constantino, 2021).

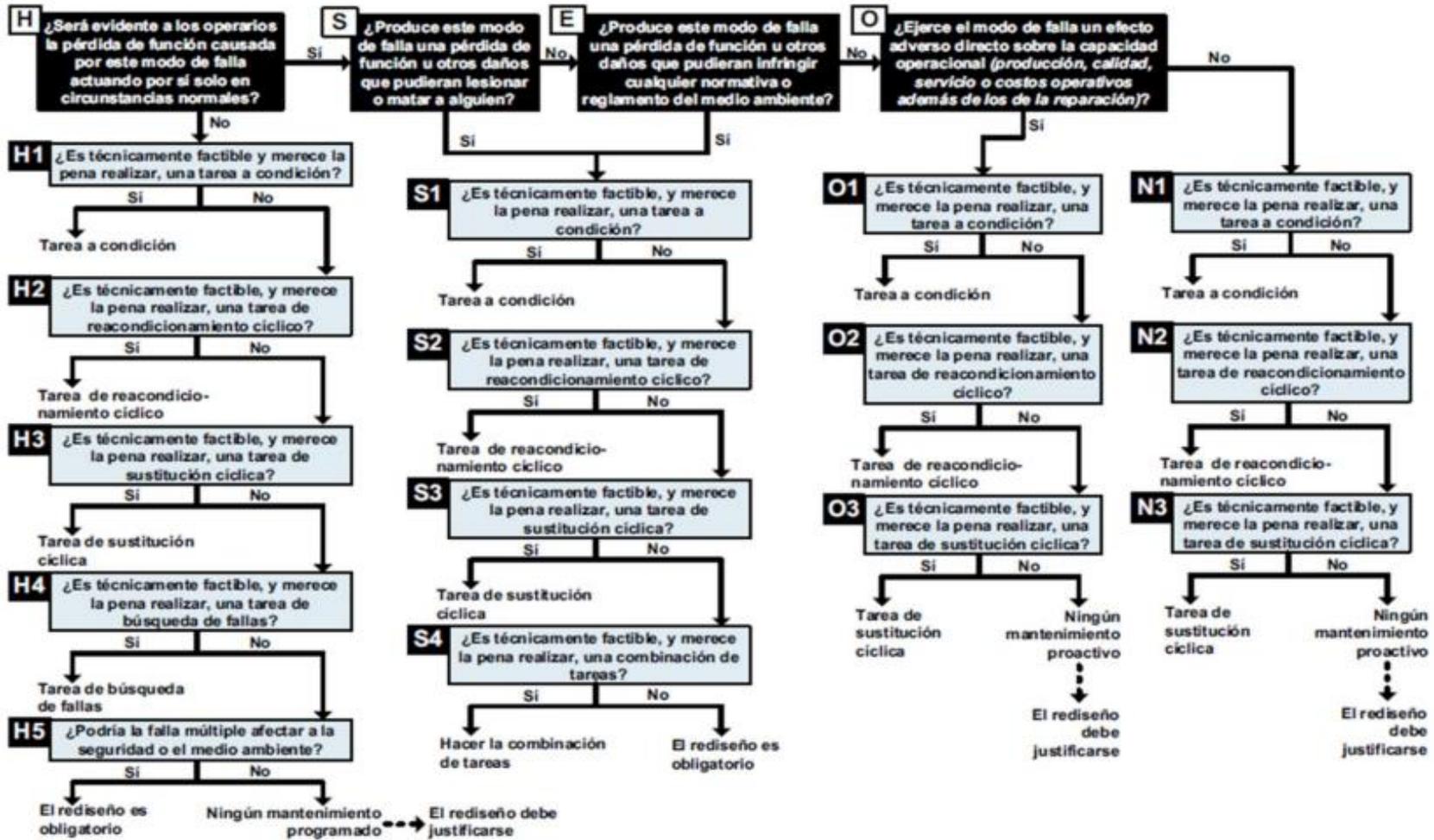
Con la aplicación de esta hoja de información se procedió a elaborar la hoja de decisiones para lo cual se siguió las siguientes denominaciones:

- H: Consecuencias de fallo oculto.
- S: Consecuencias para la seguridad
- E: Consecuencia para el medio ambiente

- O: Consecuencias operacionales
- N: Consecuencia no operacional.

Figura 6

Diagrama de Decisiones RCM



En la figura 6 nos muestra el diagrama de decisiones en el cual nos muestra una serie de preguntas que tenemos que llevar a cabo para obtener una posible respuesta al fallo que se está evaluando, aquí cada pregunta genera respuestas entre sí y no, en caso la respuesta a la pregunta sea no se pasará a otra pregunta para indagar más sobre el fallo.

En el caso de las columnas finales registran tareas seleccionadas en base a la frecuencia con que se emplean estas tareas. (Constantino, 2021).

En tal sentido, con base al diagrama de decisiones y teniendo en cuenta la información reunida, se elaboró la siguiente hoja de decisiones con la elaboración de la siguiente tabla:

Tabla 20
Hoja de decisiones del RCM

Hoja de Decisión			Empresa	Chimu Agropecuaria SA.				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tareas Propuestas	Frecuencia	Responsable		
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				S1	S2	S3									
MF	EF	CF	H	S	E	O	O1	O2	O3	N1	N2	N3	H4				H5	S4
MF1	A	CF1	S	S			S									Verificación del sistema eléctrico del equipo	Diaria	Encargado interno de mantenimiento
MF2	B	CF2	S	N	N	S	N	S								Señalización de partes sensibles del equipo	Semanal	Encargado del área de producción
MF3	C	CF3	S	S			S									Revisión del sistema de auto refrigeración del equipo	Diaria	Encargado interno de mantenimiento
MF4	D	CF4	N				S									Revisión del sistema informático del equipo	Diaria	Encargado del área de sistemas
MF5	E	CF5	S	N	N	S	S									Mantenimiento de las piezas de la plataforma de pesado	Semanal	Encargado interno de mantenimiento
MF6	F	CF6	N				N	N	N	S						Mantenimiento y revisión de cada pieza de la celda de carga	Semanal	Encargado interno de mantenimiento
MF7	G	CF7	S	S			S									Mantenimiento preventivo, lubricación de los brazos de levante.	Semanal	Encargado interno de mantenimiento
MF8	H	CF8	S	N	N	S	S									Verificar las instalaciones y empalmes de los transmisores	Semanal	Encargado interno de mantenimiento
MF9	I	CF9	S	S			N	S								Reacondicionar la instalación de los transmisores	Semanal	Encargado del área de producción
MF10	J	CF10	S	N	N	S	S									Mantenimiento preventivo, lubricación y limpieza de pistones, sensores y parte de los componentes.	Diaria	Encargado interno de mantenimiento

Nota. La tabla 20 muestra las 10 tareas propuestas, la frecuencia del mantenimiento y el responsable, planteadas a partir de la hoja de decisiones desarrollada. Elaboración propia.

4.1.3.1. Propuesta para el área de mantenimiento

Como parte de la propuesta, en primer lugar, se asignaron los responsables para el área de mantenimiento en base a la hoja de decisiones anteriormente desarrollada:

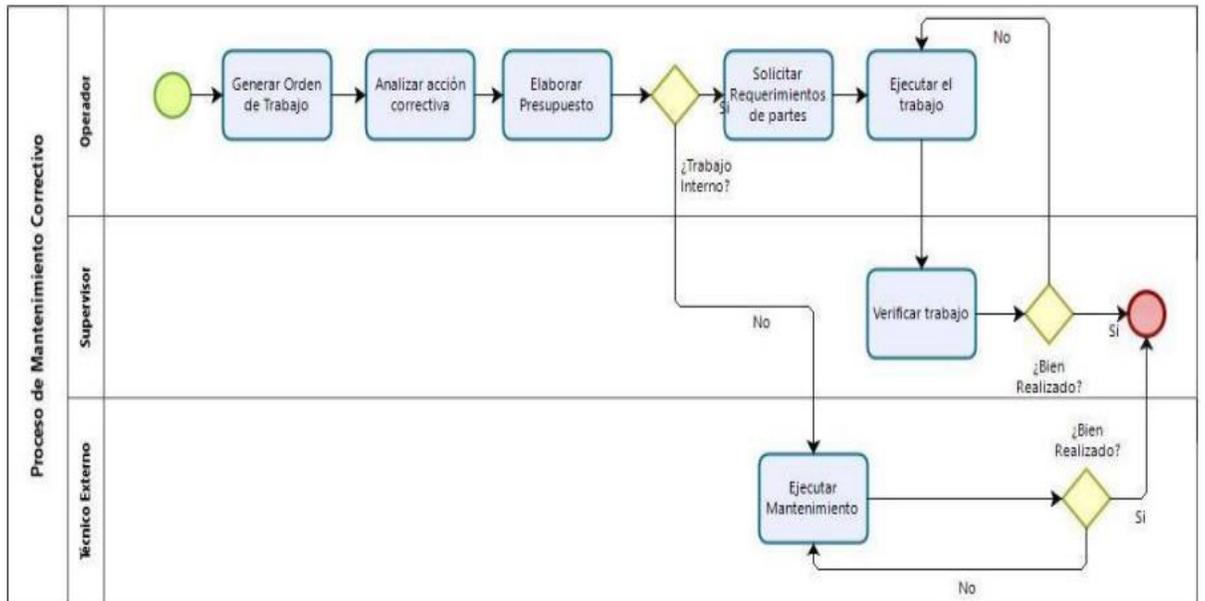
- Responsable del área de mantenimiento.
- Especialistas en mantenimiento mecánico y eléctrico.

La función principal de estos responsables es poder disminuir el riesgo de falla del equipo de la balanza de pesado aéreo BALAC-01 Linco 180 y de esta forma evitar constantes paradas operacionales.

Como parte de la propuesta se planteo un flujograma con la estandarización tanto para el mantenimiento preventivo como el correctivo del equipo de pesado.

Figura 7

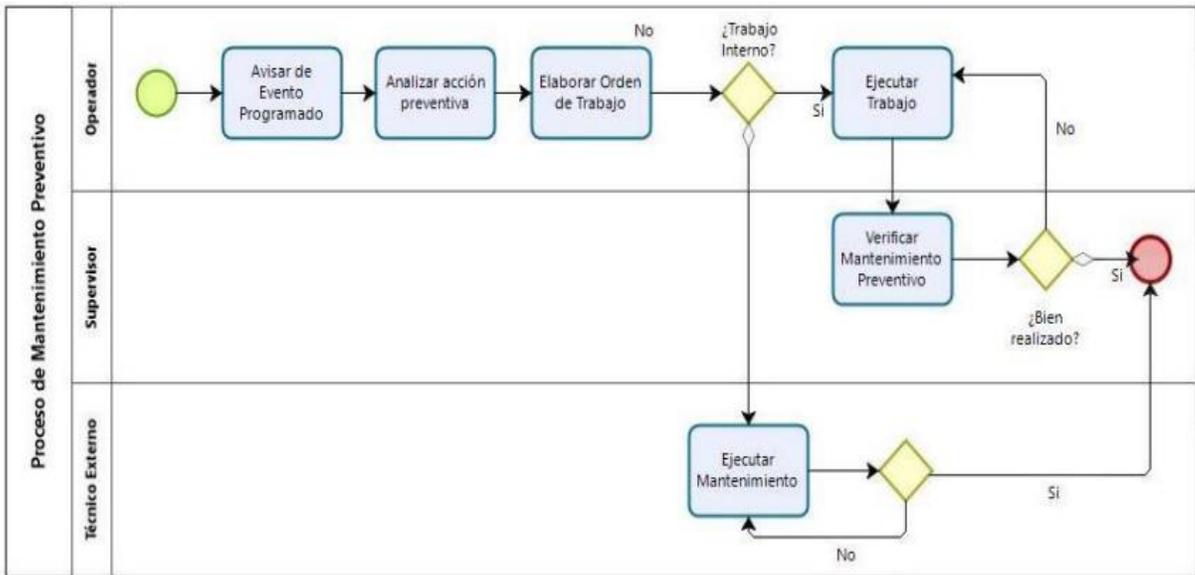
Proceso estándar del mantenimiento correctivo



Nota. En la figura 7 cabe precisar que la persona encargada de decidir si la labor del técnico externo está bien ejecutada en el mantenimiento correctivo, es el Supervisor o Responsable del área de Mantenimiento de la empresa Chimú Agropecuaria S.A.. Elaboración propia.

Figura 8

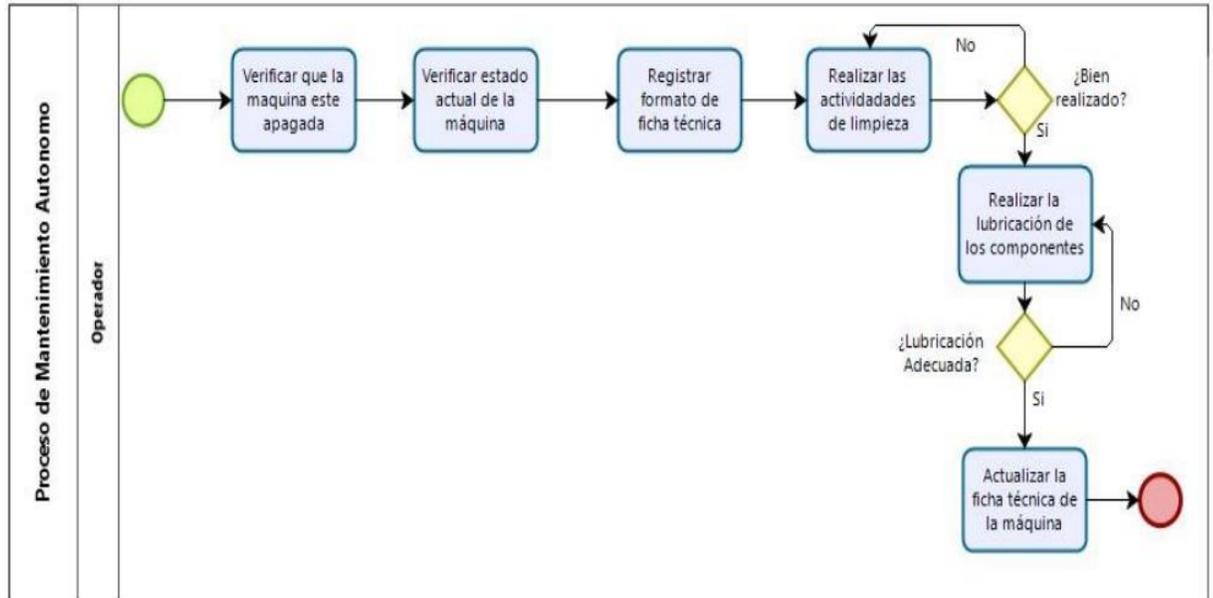
Proceso estándar de mantenimiento preventivo



Nota. Del mismo modo que en la figura 7, en la figura 8 la persona encargada de decidir si la labor del técnico externo está bien ejecutada en el mantenimiento preventivo, es el Supervisor o Responsable del área de Mantenimiento de la empresa Chimú Agropecuaria S.A.. Elaboración propia.

Figura 9

Proceso del mantenimiento autónomo



Nota. En la figura 9 el operador será el encargado de todo el desarrollo del mantenimiento autónomo, no obstante, siempre tiene que dar la conformidad con el Supervisor o Responsable del área de Mantenimiento de la empresa Chimú Agropecuaria S.A.. Elaboración propia.

Por otra parte, para poder determinar las funciones de cada responsable, se presentan los siguientes formatos de funciones en las tablas adjuntas:

Tabla 21
Responsable del área de mantenimiento

Jefe de Mantenimiento	
Función	
Efectuar la planificación, supervisión y coordinación para el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de los equipos de pesado aéreo.	
Reporta a	Encargado del área de operaciones
Supervisa a	Operarios de mantenimiento
Delegaciones	
Autorización de operaciones técnicas de mantenimiento	
Control y supervisión del personal a cargo.	

Reuniones de trabajo para planificar jornada de mantenimiento	
Requisitos para el puesto	
Educación	Universitaria – Ing. Mecánico, Electrónico
Experiencia	3 años en puestos similares

Nota. En la tabla 21 se aprecia que el responsable del área de mantenimiento tendrá que presentar una educación mínima universitaria con 3 años de experiencia. Elaboración propia.

Tabla 22
Especialista en mantenimiento mecánico y eléctrico

Técnico especialista en mantenimiento	
Función	
Efectuar la ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de pesado aéreo, además coordina las ejecuciones de las operaciones con el resto del área.	
Reporta a	Responsable de mantenimiento
Supervisa a	
Funciones específicas	
Realizar la verificación diaria de los equipos del área de pesado.	
Iniciar con los planes de mantenimiento.	
Asegurar la preservación de los equipos	
Otras responsabilidades de su superior inmediato.	
Requisitos para el puesto	
Educación	Técnica superior - Tecnólogo Mecánico, Electrónico
Experiencia	3 años en puestos similares

Nota. En la tabla 22 se aprecia que el Especialista en mantenimiento mecánico y eléctrico tendrá que presentar una educación mínima técnica superior con 3 años de experiencia. Elaboración propia.

4.1.3.2. Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

Con la información determinada sobre las acciones a tomar en el formato RCM para la balanza BALAC-01 Linco 180, se elaboró un plan para el mantenimiento de estos equipos del área de pesado y se presenta a continuación:

Tabla 23
Propuesta para planificar el mantenimiento

MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD																			
Empresa		CHIMÚ AGROPECUARIA SA																	
Año		Año 2022 – VERSIÓN 01																	
Objetivo principal del plan		Dar garantía de la operacionalidad de los equipos críticos en el área de pesado																	
Objetivo específico		Asegurar que las balanzas BALAC modelo Linco 180 cuenten con un mantenimiento preventivo para evitar fallos.																	
Control		Balanza BALAC-01 Linco 180																	
Medición		Porcentaje de cumplimiento																	
Meta		90%																	
Periodo de meta		dic-22																	
N°	Actividad	Responsable	2022												Indicadores de medición	Meta	Recursos		
			enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre					
1	Verificación del sistema eléctrico del equipo	Encargado interno de mantenimiento															Mttos efectuados al equipo x 100 Mttos planificados al equipo	90%	Recurso humano, insumos de mantenimiento
2	Señalización de partes sensibles del equipo	Encargado del área de producción															Mttos efectuados al equipo x 100 Mttos planificados al equipo	90%	Recurso humano, insumos de mantenimiento
3	Revisión del sistema de auto refrigeración del equipo	Encargado interno de mantenimiento															Mttos efectuados al equipo x 100 Mttos planificados al equipo	90%	Recurso humano, insumos de mantenimiento
4	Revisión del sistema informático del equipo	Encargado del área de sistemas															Mttos efectuados al equipo x 100 Mttos planificados al equipo	90%	Recurso humano, insumos de mantenimiento

5	Mantenimiento de las piezas de la plataforma de pesado	Encargado interno de mantenimiento													<u>Mttos efectuados al equipo</u> x 100 Mttos planificados al equipo	90%	Recurso humano, insumos de mantenimiento
6	Mantenimiento y revisión de cada pieza de la celda de carga	Encargado interno de mantenimiento													<u>Mttos efectuados al equipo</u> x 100 Mttos planificados al equipo	90%	Recurso humano, insumos de mantenimiento
7	Mantenimiento preventivo, lubricación de los brazos de levante.	Encargado interno de mantenimiento													<u>Mttos efectuados al equipo</u> x 100 Mttos planificados al equipo	90%	Recurso humano, insumos de mantenimiento
8	Verificar las instalaciones y empalmes de los transmisores	Encargado interno de mantenimiento													<u>Mttos efectuados al equipo</u> x 100 Mttos planificados al equipo	90%	Recurso humano, insumos de mantenimiento
9	Reacondicionar la instalación de los transmisores	Encargado del área de producción													<u>Mttos efectuados al equipo</u> x 100 Mttos planificados al equipo	90%	Recurso humano, insumos de mantenimiento
10	Mantenimiento preventivo, lubricación y limpieza de pistones, sensores y parte de los componentes.	Encargado interno de mantenimiento													<u>Mttos efectuados al equipo</u> x 100 Mttos planificados al equipo	90%	Recurso humano, insumos de mantenimiento

Nota. En la tabla 23 para poder determinar el registro de mantenimiento mensual. Elaboración propia.

En el cual se empleó las siguientes denominaciones:

P: Pendiente

E: Ejecutado

R: Reprogramado

Finalmente se estimó un promedio de cada ítem para determinar si se llegó a la meta estimada para luego evidenciar si hubo o no mejoras.

4.1.3.3. Cronograma de Mantenimiento

Conjuntamente al plan de mantenimiento se elaboró el cronograma para las actividades que se realizarán para cada tarea propuesta.

Tabla 24
Cronograma de mantenimiento para la balanza BALAC-01 Linco 180

Equipo/máquina	Tarea programada	Frecuencia	Priorización	Tiempo medio de Mtto. (min.)
BALAC-01 Linco 180	Verificación del sistema eléctrico del equipo	Diaria	Alta	25
	Señalización de partes sensibles del equipo	Semanal	Media	60
	Revisión del sistema de auto refrigeración del equipo	Diaria	Alta	40
	Revisión del sistema informático del equipo	Diaria	Alta	30
	Mantenimiento de las piezas de la plataforma de pesado	Semanal	Media	70
	Mantenimiento y revisión de cada pieza de la celda de carga	Semanal	Media	70
	Mantenimiento preventivo, lubricación de los brazos de levante.	Semanal	Media	120
	Verificar las instalaciones y empalmes de los transmisores	Semanal	Media	120
	Reacondicionar la instalación de los transmisores	Semanal	Media	120

	Mantenimiento preventivo, lubricación y limpieza de pistones, sensores y parte de los componentes.	Diaria	Alta	120
--	--	--------	------	-----

Nota. En la tabla 24 se aprecia que se planteó la frecuencia de cada tarea programada, su nivel de priorización y el tiempo medio de cada mantenimiento en minutos. Elaboración propia.

Como parte de la propuesta se tomó en cuenta la mejora continua es por ello que mensualmente se seguirá empleando la matriz de Análisis del Modo de Efecto de Fallas AMEF y de esta manera verificar la nueva criticidad de los equipos involucrados en el proceso de producción de la planta avícola de la empresa Chimu Agropecuaria SA.

4.1.4. OE 4 Determinar los nuevos costos con la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para la máquina con mayor número de paradas.

Posteriormente a la elaboración de la propuesta de mejora, se procedió a determinar y estimar los nuevos costos incurridos en el mantenimiento de la balanza aérea más crítica del área de pesado de la empresa Chimu Agropecuaria, la BACLA-01 Linco 180, esta estimación se efectuó en base a los indicadores del Costo total de mantenimiento:

$$CTM = CR + CMO + CF$$

Donde:

CR: Costo de los repuestos

CMO: Costo de mano de obra

CF: Costo de falla

Las estimaciones realizadas sobre los nuevos costos se efectuaron en base al estudio e implementación de Constantino (2021) y Calderón (2020), investigadores relacionados con el tema del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), cuya aplicación en sus respectivos estudios evidenció una reducción en sus costos de mantenimiento anual.

4.1.4.1. Costo de los repuestos con el RCM

El requerimiento de repuestos para la balanza BALAC-01 Linco 180 se efectuará en función del cronograma y el plan establecido para el mantenimiento, es por ello que en la tabla siguiente se hace referencia de cada plan de mantenimiento para cada pieza que manifestó cambios en el diagnóstico inicial.

Tabla 25
Costo anual de los repuestos con el RCM

Equipo/máquina	Repuesto	Tarea programada	Frecuencia	Priorización	Tiempo medio de Mtto. (min.)	Costo Unitario (S/)	Unidades anuales	Costo anual (S/)
BALAC-01 Linco 180	Componentes clasificadores	Verificación del sistema eléctrico del equipo	Diaria	Alta	25	79,90	4	319,60
	Plataforma	Revisión del sistema de auto refrigeración del equipo	Diaria	Alta	40	259,90	1	259,90
		Mantenimiento de las piezas de la plataforma de pesado	Semanal	Media	70			0,00
	Transmisores de datos	Mantenimiento y revisión de cada pieza de la celda de carga	Semanal	Media	70	89,90	5	449,50
		Verificar las instalaciones y empalmes de los transmisores	Semanal	Media	120			0,00
		Cabezal	Señalización de partes sensibles del equipo	Semanal	Media			60
	Total de los Costos de Repuestos anuales (S/)							

Nota. Se puede apreciar en la tabla 25 que el costo anual de los repuestos con el plan RCM asciende a un total de S/ 1134,00 al año. Elaboración propia.

4.1.4.2. Costo de la mano de obra con el RCM

Para estimar el costo de mano obra en el RCM se consideró los costos incurridos en los sueldos de los nuevos responsables propuestos en el plan de mantenimiento que comprenden al Jefe o Responsable del Mantenimiento y al Técnico especialista en Mantenimiento, en tal sentido en la tabla siguiente se expresan los sueldos y el total de anual de los mismos.

Tabla 26
Costo anual de la mano de obra con el RCM

Responsable/Cargo	Sueldo mensual (S/)	Bono de cumplimiento (S/)	2 Gratificaciones al año (S/)	CTS (S/)	Es. Salud (9% sueldo base S/)	Total (S/)
Jefe de Mantenimiento	2000,00	400,00	4000,00	2000,00	180,00	36960,00
Técnico especialista en mantenimiento	1000,00	400,00	2000,00	1000,00	90,00	20880,00
Total Mano de Obra al año (S/)						57840,00

Nota. En la tabla 26 se muestra el costo total de la mano de obra encargada para ejecutar el plan RCM que asciende a un total de S/ 57840,00. Cabe mencionar que el bono de S/ 400,00 se da en el caso de llegar al cumplimiento mensual de la ejecución del plan de mantenimiento (tabla 23) de no ser así el costo total anual de mano de obra podría ser menor. Elaboración propia.

4.1.4.3. Costo de falla con el RCM

Para estimar el costo de falla anual con el empleo del RCM, se consideró los nuevos tiempos medios (minutos) del cronograma de mantenimiento dado que el costo de falla se produce mientras más tiempo esté el equipo en reparaciones es decir, mayor es el tiempo de la reparación de equipo, mayor es el tiempo de parada, por ende mayor será el tiempo de pérdida en las operaciones, eso se

traduce como el costo por fallar, no obstante en la tabla adjunta se estiman los nuevos costos con el cronograma señalado.

Tabla 27
Costo anual de falla con el RCM

Equipo/máquina	Repuesto	Tarea programada	Frecuencia	Priorización	Tiempo medio de Mtto. (min.)	Evento de falla al año	Costo de falla (S/)	Total (S/)
BALAC-01 Linco 180	Componentes clasificadores	Verificación del sistema eléctrico del equipo	Diaria	Alta	25	6	180,00	1080,00
	Plataforma	Revisión del sistema de auto refrigeración del equipo	Diaria	Alta	40	1	300,00	300,00
		Mantenimiento de las piezas de la plataforma de pesado	Semanal	Media	70			
	Transmisores de datos	Mantenimiento y revisión de cada pieza de la celda de carga	Semanal	Media	70	6	200,00	1200,00
		Verificar las instalaciones y empalmes de los transmisores	Semanal	Media	120			
	Cabezal	Señalización de partes sensibles del equipo	Semanal	Media	60	1	210,00	210,00
Total del Costo de Falla al año (S/)								2790,00

Nota. En la tabla 27 se aprecia que con el plan RCM el costo anual de falla asciende a un total de S/ 2790,00 al año, este costo se estimó en base al diagnóstico inicial de la presente investigación. Elaboración propia.

4.1.4.4. Costo total del mantenimiento propuesto

Estimados los nuevos costos que comprende a los repuestos requeridos anuales, a la mano de obra y a los costos de fallas dados en el año, se procedió a calcular el costo total del mantenimiento anual.

$$**CTM = CR + CMO + CF**$$

- Costo anual de repuestos: S/ S/ 1134,00.
- Costo anual de mano de obra: S/ 57840,00.
- Costo anual de falla: S/ 2790,00.

Por consiguiente:

$$**CTM = 1134 + 57840 + 2790**$$

$$**CTM = S/ 61764,00**$$

En tal forma, el costo anual de mantenimiento con el RCM asciende a un total de S/ 61764,00 al año, luego efectuando una comparativa:

Costo total de mantenimiento del Diagnóstico: S/ 70430,45

Costo total de mantenimiento con el CRM: S/ 61764,00

$$**CTM (D) – CTM (RCM) = S/ 8666,45**$$

Por consiguiente, el ahorro que obtendría la empresa Chimú Agropecuaria S.A., por aplicar el RCM sería de S/ 8666,45 al año, solo por el mantenimiento del equipo de la balanza aérea del área de pesado, BACLA-01 Linco 180.

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Según los resultados mostrados se discute:

En relación al objetivo específico 1, identificar y priorizar los equipos y sus fallos de acuerdo a su nivel de criticidad en la línea de producción, se efectuó el diagnóstico inicial en la empresa Chimú Agropecuaria S.A. realizando el reconocimiento de los equipos y máquinas de la línea de producción que comprende: Transportador aéreo, aturdidor, escaldador, peladora mecánica, túnel de lavado, balanza aérea y cámara de frío. De los cuales, son 3 los equipos que intervienen en la etapa de pesado, la balanza aérea BACLA-01 Linco 180, la BACLA-02 Linco 180 y la balanza BACLA-03 Linco 180, que según registros de la empresa, la balanza 01 presentó el mayor número de incidencias en el año 2021 con 81 fallas, dado esto se evaluó la criticidad con la matriz de análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) obteniendo que la balanza aérea BACLA-01 Linco 180 presentó una criticidad de 24 en un rango de Crítico Inaceptable con un grado de Confiabilidad del 99,72%. Este resultado se comparó con el estudio realizado por Villacrés (2016) que en su investigación para aplicar el método RCM a los equipos de un vehículo Hidrocleaner Vactor M654, obtuvo que el chasis del equipo registró un alto grado de criticidad, mientras que el motor de combustión interna, la transmisión de potencia y el compresor de lóbulos se categorizaron en un riesgo medio de criticidad, concordando con la presente investigación en que en una línea de equipos o máquinas presentes en una etapa del proceso de producción, siempre al menos una presentará rangos altos de criticidad ya que manifiesta la mayor cantidad de fallas, es por ello la importancia de aplicar este tipo de análisis de manera continua a los diferentes equipos para así evaluar su estado de criticidad.

En referencia al objetivo específico 2, determinar los costos actuales que genera el mantenimiento a la máquina con mayor número de paradas, tras la evaluación del equipo más crítico del área de pesado, balanza aérea BACLA-01 Linco 180, se procedió a determinar los costos actuales al año que genera el mantenimiento de la misma, este costo total de mantenimiento se estimó según los datos de la empresa

Chimu Agropecuaria en el año 2021 y se tomó en base a los siguientes indicadores: costo de repuestos, costo de mano de obra y costo de falla. Obteniéndose que el costo total de mantenimiento para este equipo en el año 2021 fue de S/ 70430,45 donde el costo de mano de obra representó el 88,72%, el costo de fallo el 7,7% y el costo de los repuestos el 3,58%. Este resultado se comparó con el estudio de Constantino (2021) en el que aplicó la metodología RCM para reducir los costos de mantenimiento de una empresa agroindustrial, en el que tras evaluar la criticidad de los equipos en el proceso de fundas de los bananos, estimó que los costos totales de mantenimiento de los equipos presentes en el proceso para el año 2020 fue de S/ 251.870,05 en el que el costo de falla representó el 66,7%, el costo de mano de obra el 24,12% y el costo de repuestos el 9,18%, difiriendo de la presente investigación ya que para el área de pesado de la empresa Chimú Agropecuaria S.A. el costo de mano de obra es el que más influenció para que se eleven los costos totales de mantenimiento, esto indica que cada empresa, según su realidad y tipo de negocio, manifestará su tipo de gasto o costo para realizar el mantenimiento de sus equipos.

Con respecto al objetivo específico 3, desarrollar la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para la máquina con mayor número de paradas, tras determinar la criticidad del equipo y sus costos de mantenimiento se procedió a elaborar la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para ello en primer lugar se empleó la hoja de información para determinar las partes del equipo BACLA-01 Linco 180 (cabezal, plataforma, transmisores de datos y componentes clasificadores) y codificarlas con el modo potencial de fallo, el efecto del fallo y las causas del fallo, luego se empleó la hoja de decisiones del RCM en el cual se estimó 10 tareas como propuesta de mantenimiento con su respectiva frecuencia de aplicación y el responsable de ejecutar la determinada tarea. Posteriormente se elaboró 2 fichas de procesos con las características de los 2 responsables en realizar el plan de mantenimiento (Jefe de mantenimiento y el Técnico especialista en mantenimiento), luego se elaboró el formato de ejecución de mantenimiento de cada mes en el que se consideraron a las 10 tareas,

responsables, indicadores de medición, meta a alcanzar y recursos a emplear. Este desarrollo se compara con la investigación de Castro (2017) en el que efectuó el plan del mantenimiento RCM partiendo de preparar o disponer del personal experto para ejecutar las respectivas tareas, esto implica a profesionales y técnicos del área, además de seguir una planificación de tareas en referencia a operación, fallas y mantenciones de cada equipo. Todo ello concuerda con la presente investigación ya que, como parte de la propuesta, se estimó en la necesidad de tener los servicios de dos profesionales expertos en mantenimiento que ejecuten el plan y el cronograma propuestos.

En relación al objetivo específico 4, determinar los nuevos costos con la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para la máquina con mayor número de paradas, según los alcances de la implementación del RCM de otros autores, se estimó la mejora y reducción de los costos totales de mantenimiento en base a los nuevos costos de los repuestos con el RCM, los nuevos costos de mano de obra con el RCM y los nuevos costos de falla con el RCM, haciendo un total de S/ 61764,00 al año que comparándolo con los costos sin el RCM, S/ S/ 70430,45, se aprecia una reducción del 12,31% al año, ahorro que beneficia a la empresa Chimú Agropecuaria S.A. tomando en cuenta que el análisis fue hecho a un equipo. Este resultado se comparó con el estudio de Calderón (2020) que aplicó el método RCM para el mantenimiento de los equipos de fabricación de calzado en la ciudad de Trujillo logrando estimar una reducción de sus costos de mantenimiento anuales de S/ 113.954,00 a S/ 66.512,00, lo cual evidenció un ahorro del 41,63%, coincidiendo con la presente investigación en que la aplicación del método RCM en el mantenimiento de los equipos si beneficia económicamente a la empresa en estudio.

CONCLUSIONES

- Se logró identificar y priorizar los equipos y sus fallos según su nivel de criticidad, siendo la balanza aérea BACLA-01 Linco 180 del área de pesado en la línea de producción, el equipo que presentó la más alta criticidad con una calificación de 24 en base a la matriz AMEF y un valor de Confiabilidad del 99,72%, cuando el grado ideal de este indicador debe de estar por encima del 99,9% ya que la parada de este equipo implica la detención de la línea de producción.
- Se logró determinar los costos actuales del mantenimiento anual de la balanza aérea BACLA-01 Linco 180 que comprende: Costos de repuestos S/ 2523,70, Costos de falla S/ 5422,00 y Costos de mano de obra S/ 62484,75, haciendo un Costo Total de Mantenimiento de S/ 70430,45 al año.
- Se elaboró la propuesta de mejora en base a la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM para el equipo del área de pesado, la balanza aérea BACLA-01 Linco 180, para ello se desarrolló la hoja de decisiones y de esa forma proponer 10 tareas para la ejecución del plan anual del mantenimiento RCM, además de ello se elaboró dos fichas de procesos para los dos responsables de ejecutar el plan de mejora además de la frecuencia de mantenimiento.
- Con la metodología de mejora elaborada, se estimó los nuevos costos anuales del mantenimiento con el RCM para la balanza aérea BACLA-01 Linco 180, en el que los nuevos Costos de los repuestos fueron de S/ 1134,00, los nuevos Costos de falla fueron de S/ 2790,00 y los nuevos Costos de Mano de Obra fueron de S/ 57840,00, sumando un total anual de S/ 61764,00, que representa un ahorro del 12,31% para la empresa por solo un de sus equipos.
- En suma, se concluye que la propuesta de implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM disminuyó los costos del proceso de pesaje de pollos en la empresa Chimú Agropecuaria S.A.

RECOMENDACIONES

- La empresa oficialice la presente propuesta de mejora ya que le traerá beneficios tanto económicos como técnicos.
- Efectuar el mismo análisis para el resto de los equipos y de esta manera optimizar los costos de mantenimiento anual.
- No dejar de usar el análisis del Modo de Efecto de Falla, AMEF, para los equipos de la línea de producción como parte de la mejora continua.
- Capacitar al personal de mantenimiento actual para que de esta forma se fomente la cultura de la mejora continua de los procesos en la empresa Chimú Agropecuaria S.A.
- Actualizar permanentemente la base de datos de estadísticas de paralizaciones.

REFERENCIAS

- Peñaranda C.C (2019). Perú, País Minero y Agropecuario. La Cámara.
- García G.S. (2003). Organización y gestión integral de mantenimiento: Díaz de Santos.
- García G.S. (2012). Mantenimiento Programado en Centrales de Ciclo Combinado: Díaz de Santos.
- Rosales A.J. (2009). Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales: El Cid.
- Andreani A.A. (2009). Ingeniería y Gestión de la Confiabilidad Operacional en Plantas Industriales: RIL.
- Mora A. (2009). Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Marulanda Castaño, O.J (2009). Costos y Presupuestos. Bogotá:Unad.
- Botero Gaviria, C (1991). Manual de Mantenimiento. Bogotá:Sena
- Amendola L. (2012). Organización y gestión del mantenimiento. Valencia: PMM Institute for Learning.
- Dounce E. (2007). La Productividad en el Mantenimiento Industrial. México: Grupo Editorial Patria.
- Da Costa, M. (2010). Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción. (Tesis de Licenciatura) Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Malpica, D. (2016) La Aplicación del RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la máquina secadora circular 2400X de la empresa corporación Jarcon S.A.C. (Tesis de Licenciatura) Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Núñez, C. (2016) RCM para optimizar la disponibilidad de los tractores D8T en la empresa ARUNTANI S.A.C – Unidad Tukari. (Tesis de Licenciatura) Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Castro, M. (2017) Método basado en RCM, para la gestión de mantenimiento en tractores agrícolas: Caso municipalidad distrital de Colquepata. (Tesis de Licenciatura) Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Soto, JP. (2016) Mantenimiento basado en la confiabilidad para el mejoramiento de la disponibilidad mecánica de los volquetes Faw en GYM S.A. (Tesis de Licenciatura) Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

Villanueva, M. (2017) Gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de las redes del subsistema de distribución eléctrico 22.9/13.2 Kv de San Gaban – Ollachea. (Tesis de Licenciatura) Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Villacrés, S. (2016) Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad para el vehículo Hidrocleaner Vactor M654 de la empresa ETAPA EP (Tesis de Magister) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

ANEXOS

Anexo 1:

Tabla de Ponderación de variables para evaluar la criticidad

ITEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERA.	OBSERVACIONES	
1	Efecto Sobre el Servicio que Proporciona:	Para	4	Se detiene el funcionamiento	
		Reduce	2	Funciona pero a baja productividad	
		No Para	0	No detiene el funcionamiento	
2	Valor Técnico Económico:	Alto	3	mas de 20.000 U\$	
		Medio	2	Promedio de 10.000 U\$	
		Bajo	1	mas de 1.000 U\$	
3	La falla afecta al Mismo Equipo?	Si	1	Deteriora a otros componentes.	
		No	0		
	La falla afecta al Servicio?	Si	1	Origina problemas a otros equipos	
		No	0		
	La falla afecta al Operador?	Con Riesgo	1	Posibilidad accid operaciones	
		Sin Riesgo	0		
	La falla afecta a la Seguridad General?	Con Riesgo	1	Posib. Accid. Otros equip e infraest	
		Sin Riesgo	0		
	La falla afecta al Medio Ambiente?	Con Riesgo	1	humo, quimico, ruido, acidos, polvo, etc	
		Sin Riesgo	0		
	4	Probabilidad de falla (confiabilidad).	Alta	2	
			Baja	0	Asegura funcionamiento sin fallas
5	Permisividad Operacional del Sistema.	Unico	2	No existe uno igual o similar	
		By pass	1	Sistema puede seguir funcionando	
		Stand By	0	Existe otro igual y similar	
6	Regimen Logística.	Extranjero	2	Repuestos se tiene que importar	
		Extr - Naci	1	Algunos repuestos se importan	
		Nacional	0	Repuestos se tienen nacionalmente	

7	Tipo de Mano de obra	Tercero	2	Se requiere personal externo
		Propio	0	Se ejecuta con personal interno
8	Facilidad de Reparación (mantenibilidad)	Alta	0	Mantenimiento Dificil
		Baja	1	Mantenimiento Facil
9	Monitoreo por condición a Motores en Generaly otros equipos (bombas, reductores, ventiladores techo - pared, compresores, etc)	Vibracion	4	15 - 20 mm/s
			2	10- 15 mm/s
			0	05 - 10 mm/s
		Picos Energia	4	0.6 - 0.8 J
			2	0.4 - 0.6 J
			0	0.1 - 0.4 J
		Temperat.	2	65°C - más
			1	40°C - 50°C
			0	0.1°C - 39°C
	Monitoreo por condición a Ventiladores Sistema de Aspiración	Vibracion	4	15 - 20 mm/s
			2	10- 15 mm/s
			0	05 - 10 mm/s
		Picos Energia	4	0.9 - 1.2 J
			2	0.5 - 0.8 J
			0	0.1 - 0.4 J
		Temperat.	2	65°C - más
			1	40°C - 50°C
			0	0.1°C - 39°C
	Monitoreo por condición a Molinos Martillos	Vibracion	4	15 - 20 mm/s
			2	10- 15 mm/s
			0	05 - 10 mm/s
		Picos Energia	4	3.0 - 3.5 J
			2	2.0 - 2.9 J
			0	0.1 - 1.9 J
Temperat.		2	65°C - más	
		1	40°C - 50°C	
		0	0.1°C - 39°C	

Anexo 2

Tabla de Criterios de Evaluación de Severidad, ocurrencia y detección

Tabla de criterios de evaluación de Severidad, ocurrencia y Detección			
Puntuación	Severidad (S)	Frecuencia – ocurrencia (O)	Detección (D)
10	Peligroso sin advertencia	Muy alta: fallo casi inevitable	No se pueden detectar
9	Peligroso con advertencia		Posibilidad muy remota de detección
8	Pérdida de función primaria	Alta: fallos repetidos	Posibilidad remota de detección
7	Rendimiento reducido de la función primaria		Posibilidad muy baja de detección
6	Pérdida de función secundaria	Moderada: fallos ocasionales	Posibilidad baja de detección
5	Rendimiento reducido de función secundaria		Posibilidad moderada de detección
4	Defecto pequeño notado por la mayor parte de los clientes		Posibilidad moderada alta de detección
3	Defecto pequeño notado por algunos clientes	Baja: pocos fallos	Posibilidad alta de detección
2	Defecto pequeño notado por pocos clientes meticulosos		Posibilidad muy alta de detección
1	Sin efecto	Remota: fallos improbables	Detección casi segura