

IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA RCM-MSG3 PARA LAS MÁQUINAS
PROCESADORAS DE MOLLEJAS DE LA PLANTA DE BENEFICIO DE AVIDESA
MACPOLLO S.A.

ALEXIS ROJAS PÉREZ
CESAR DAVID DOVAL CARVAJAL

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2019

IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA RCM-MSG3 PARA LAS MÁQUINAS
PROCESADORAS DE MOLLEJAS DE LA PLANTA DE BENEFICIO DE AVIDESA
MACPOLLO S.A.

ALEXIS ROJAS PÉREZ
CESAR DAVID DOVAL CARVAJAL

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director
JOSÉ MANUEL PABÓN PEÑA
Esp. Gerencia de Mantenimiento

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2019

DEDICATORIA

*A mis padres, hermano y Román
quienes son el único motivo por el cual vale la pena continuar moviéndome,
son refugio y calor en momentos de incertidumbre, merecen estar junto a mí
para disfrutar cada uno de mis logros.*

*A Laura Milena Prieto,
por ser la persona de la que mas he aprendido en la vida,
gracias a su existencia, sus ideas y sus sentimientos.*

Alexis Rojas

*A mi familia, mis padres, hermanos y mi esposa Rocio
quienes me apoyaron durante todo este proceso
y siempre han estado junto a mi para celebrar mis logros.*

*A mi hija Valeria,
mi orgullo y motivación para seguir adelante y ser mejor cada día.*

Cesar Doval

AGRADECIMIENTOS

A todos los estudiantes de la Cohorte XXIII de la Especialización en Gerencia de Mantenimiento por la colaboración académica y por el buen ánimo durante el tiempo compartido.

A Cesar Doval por ser mas que un compañero de clase, he disfrutado cada momento que hemos compartido.

A David Fuentes, José Manuel Pabón, Freddy Guerrero y Martín Delgado por apoyarme en la realización de este posgrado.

Al universo por ubicarme en un puesto privilegiado en esto llamado vida.

Alexis Rojas

A mis compañeros de cohorte por todo el tiempo y las experiencias compartidas durante el desarrollo del posgrado.

A Alexis, gracias por permitirme ser parte de este proyecto y por compartir sus conocimientos y experiencia de esta industria.

A Fredy por todo el apoyo brindado durante esta etapa de mi carrera y su aporte en mi desarrollo profesional.

Cesar Doval

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	16
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2 OBJETIVOS	22
1.2.1 Objetivo General	22
1.2.2 Objetivos Específicos.....	22
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO	23
2. MARCO TEÓRICO	24
2.1 AVIDESA MACPOLLO.....	24
2.2 PLANTA DE BENEFICIO	24
2.2.1 Línea Principal y Derivadas Producción Planta Beneficio.....	25
2.3 MÁQUINA PROCESADORA DE MOLLEJAS.....	26
2.4 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	27
2.5 METODOLOGÍA RCM	29
2.5.1 Funciones	31
2.5.2 Fallas funcionales.	31
2.5.3 Modos de falla.....	31
2.5.4 Fallas Ocultas	32
2.5.5 Análisis de Causa y Efectos.....	32
3. MARCO CONCEPTUAL	33
3.1 FILOSOFÍA RCM-MSG3.....	33
3.1.1 Codificación y Listado	34

3.1.2 División en Diagramas de Bloque Funcional.....	36
3.1.3 Determinación de los Modos de Falla y Causas	36
3.1.4 Estudio de las Consecuencias de Cada Modo de Falla	37
3.1.5 Agrupación de Medidas Preventivas y Elaboración del Plan de Mantenimiento.	39
3.1.6 Puesta en Marcha de las Medidas Preventivas	43
4. DESARROLLO METODOLÓGICO	44
4.1 ANÁLISIS CRITICIDAD LÍNEA DE PROCESAMIENTO DE MOLLEJAS	44
4.1.1 Frecuencia de Fallas.....	44
4.1.2 Impacto operacional.....	44
4.1.3 Flexibilidad operacional.....	45
4.1.4 Costo del mantenimiento	45
4.1.5 Impacto de seguridad y medio ambiente	46
4.2 FASE 1 DIVISIÓN DE BLOQUES FUNCIONALES	47
4.3 FASE 2: DETERMINACIÓN DE MODOS DE FALLA Y EFECTOS	58
4.4 FASE 3: ESTUDIO DE CONSECUENCIAS DE CADA MODO DE FALLA	65
4.5 FASE 4: AGRUPACIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	66
5. CONCLUSIONES	70
6. RECOMENDACIONES	73
BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXOS	75

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Partes del paquete visceral del ave.	16
Figura 2. Procesadoras de mollejas.....	17
Figura 3. Presentación de la molleja antes de ingresar a los equipos (izquierda) y después de ser procesada (derecha).....	18
Figura 4. Comportamiento de la eficiencia de producción de molleja en función de procesos para el año 2017.....	20
Figura 5. Comportamiento de la eficiencia de producción de molleja en función de procesos para el año 2018.....	20
Figura 6. Comportamiento de la eficiencia de producción de molleja en función de procesos para el año 2018.....	21
Figura 7. Línea principal y líneas derivadas de producción de la Planta Beneficio.	25
Figura 8. Orden Jerárquico para la codificación y listado de Equipos.....	35
Figura 9. Matriz de Probabilidad Vs Consecuencia, Matriz de Criticidad.	38
Figura 10. Nivel I Árbol Lógico de Decisión RCM-MSG3.	39
Figura 11. Estructura Externa Maquina procesadora de Mollejas.....	48
Figura 12. Panel Sistema Eléctrico (izquierda) y Manifold Sistema Hidráulico (derecha).....	49
Figura 13. Sistema de Transporte y Eliminación de Proventrículo Succenturiado.	49
Figura 14. Sistema de Corte.	50
Figura 15. Sistema de Remoción de Cutícula.....	50
Figura 16. Sistema de Eyección (izquierda) Sistema Motriz (derecha).....	51

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Costo de fabricación de molleja desperdiciada en los últimos tres años.	20
Tabla 2. Equipos asociados a las etapas de la línea de producción de molleja.....	26
Tabla 3. Especificaciones Maquina Procesadora de Mollejas.	26
Tabla 4. Las siete preguntas para aplicar una metodología RCM.	30
Tabla 5. Comparativa Entre las Fases de una Metodología MSG3 y un RCM Completo.....	33
Tabla 6. Definición Causas y Efectos.....	37
Tabla 7. Ponderación de Frecuencia de Fallas.	44
Tabla 8. Ponderación de Impacto Operacional.	45
Tabla 9. Ponderación de Flexibilidad Operacional.	45
Tabla 10. Ponderación de Costo de Mantenimiento.	45
Tabla 11. Ponderación de Impacto de Seguridad y Medio Ambiente.	46
Tabla 12. Análisis de Criticidad en la Línea de Producción de Mollejas.	46
Tabla 13. División Nivel 4 de Partición.....	51
Tabla 14. Modos de Falla Sistema de Transporte y Eliminación de Proventrículo Succenturiado.	58
Tabla 15. Análisis de Causa y Efecto Modos de Falla.	64
Tabla 16. Estudio de Consecuencias para Causas y Efectos.....	65
Tabla 17. Tareas Asignadas para Maquina Procesadora de Mollejas.	66

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Árbol lógico de decisión Metodología RCM-MSG3.....	75
Anexo B. Lógica de decisión fallas evidentes - Efectos de Seguridad.....	76
Anexo C. Lógica de decisión fallas evidentes - Efectos en Producción Económicos.	77
Anexo D. Lógica de decisión fallas evidentes - Efectos que No Afectan la Producción.....	78
Anexo E. Lógica de decisión fallas ocultas - Efectos de Seguridad.....	79
Anexo F. Lógica de decisión fallas ocultas - Efectos No Relacionados con Seguridad.....	80

RESUMEN

TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA RCM-MSG3 PARA LAS MÁQUINAS PROCESADORAS DE MOLLEJAS DE LA PLANTA DE BENEFICIO DE AVIDESA MACPOLLO S.A.¹

AUTORES: ALEXIS ROJAS PÉREZ y CESAR DAVID DOVAL CARVAJAL.²

PALABRAS CLAVES: RCM, MSG3, PROCESADORA DE MOLLEJAS, MODOS DE FALLA.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:

Este documento muestra el proceso de implementación de la metodología RCM-MSG3 a la maquina procesadora de mollejas, uno de los equipos pertenecientes a una línea de producción secundaria de la planta Avidesa Macpollo ubicada en Floridablanca (Santander), la cual es un componente critico de esta línea de proceso debido a la frecuencia con que ocurren fallas y su importancia dentro del proceso productivo de las menudencias.

Este proyecto tomó como punto de partida el trabajo desarrollado con la implementación de esta metodología en las líneas de producción principales de la planta Avidesa Macpollo, proceso que en su momento no fue aplicado a las líneas de derivados por su relativa baja importancia dentro del proceso productivo de la planta, sin embargo al realizar un análisis de criticidad de este equipo y cuantificar las perdidas por las paradas ocasionadas en esta línea fue necesario aplicar una estrategia que busque aumentar la confiabilidad y disponibilidad del equipo hasta un nivel aceptable para una compañía líder en la industria avícola nacional como lo es Avidesa Mac Pollo.

La implementación de la metodología RCM-MSG3 fue desarrollada en cuatro fases y consiste en un proceso rápido y eficaz ya demostrado en esta industria, iniciando por el reconocimiento de los sistemas o bloques funcionales de la máquina, analizar sus modos de falla y efectos, estudiar las consecuencias de los efectos para establecer la clase de impacto y su criticidad para posteriormente aplicar el árbol de decisión MSG3 y definir los tipos de tareas más efectivos para mejorar el desempeño operativo de la maquina procesadora de mollejas.

¹ Monografía.

² Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Jose Manuel Pabón Peña, Especialista en Gerencia de Mantenimiento.

SUMMARY

TITLE: IMPLEMENTATION OF THE RCM-MSG3 STRATEGY FOR THE GIZZARDS PROCESSING MACHINES IN THE BENEFIT PLANT AT AVIDESA MACPOLLO S.A.³

AUTHOR: ALEXIS ROJAS PÉREZ and CESAR DAVID DOVAL CARVAJAL.⁴

KEYWORDS: RCM, MSG3, GIZZARDS PROCESSING MACHINES, FAILURE MODES, MAINTENANCE.

DESCRIPTION OR CONTENTS:

This document shows the process of implementing the RCM-MSG3 methodology to the gizzard processing machine, one of the equipment belonging to a secondary production line of the Avidesa Macpollo Plant located in Floridablanca (Santander), which is a critical component of this line of process due to the frequency with which failures occur and their importance within the productive process of offal.

This project took as a starting point the work developed with the implementation of this methodology in the main production lines of the Avidesa Macpollo Plant, a process that at the time was not applied to the derivative lines due to their relatively low importance in the production process of the plant, however, when performing a criticality analysis of this equipment and quantifying the losses due to the stops caused in this line, it was necessary to apply a strategy that seeks to increase the reliability and availability of the equipment to an acceptable level for a leading company in the national poultry industry such as Avidesa Mac Pollo.

The RCM-MSG3 implementation methodology was developed in four phases and it is a fast and efficient process already demonstrated in this industry, starting with the recognition of the machine functional systems, analyzing its failure modes and effects, studying the effects consequences to establish the impact class and its criticality to subsequently apply the decision logic tree MSG3 and define the most effective tasks types to improve the operational performance in the gizzard processing machine.

³ Monograph..

⁴ Faculty of Engineering Physics and Mechanics. Mechanical Engineering School. Specialization in Maintenance Management. Director: José Manuel Pabón Peña, Maintenance Management Specialist.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la industria moderna ha crecido de manera exponencial en la última década, nuevos desarrollos tecnológicos, gestión de la innovación, procesos de mejora continua, entre otros, han hecho que las empresas realicen un gran esfuerzo para mantenerse a la vanguardia y ser competitivos en un ambiente que cada vez es menos tolerante a la desactualización y los errores; el mantenimiento no es un área ajena a esto, el cual es constantemente sometido a prueba a través de la evaluación de su rendimiento, con el paso de los tiempos las estrategias de mantenimiento tienden a volverse obsoletas, los métodos que en el inicio del ciclo de vida de un equipo eran efectivos dejan de serlo, existen muchos casos en el día a día que pueden demostrarlo.

La industria Avícola colombiana no es ajena a este fenómeno, el ingreso de nuevos competidores, la necesidad de mejorar la producción, mejorar la disponibilidad de los equipos, reducir las paradas innecesarias en las líneas de producción, son solo una parte de un amplio espectro de necesidades a las que se enfrentan los equipos de producción y mantenimiento de Avidesa MacPollo S.A, quienes ya dieron un gran paso con la implementación inicial de la estrategia RCM-MSG3 en las líneas principales de producción de su Planta de Beneficio en Floridablanca (Santander) lo cual ha tenido excelentes resultados y ha despertado el interés de extender esta implementación a los equipos críticos de las líneas secundarias, es el caso de las maquinas procesadoras de mollejas cuyo rendimiento las ha identificado como un equipo critico en esta área de la planta, representando un gasto innecesario de recursos y perdidas de producción, que de ser disminuidas drásticamente podrían representar un ahorro considerable en las perdidas de la línea de derivados y mejorar su competitividad.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la planta de Beneficio de la empresa Avidesa Macpollo S.A. ubicada en el Km 7 Autopista Floridablanca se sacrifican aproximadamente 220.000 pollos diarios, además de procesar las partes del pollo con proteína (pechuga, piernas, alas y costillar) se aprovechan ciertas partes del paquete visceral del ave con el fin de obtener productos para comercializar en diferentes presentaciones.

Figura 1. Partes del paquete visceral del ave.



El paquete visceral del pollo contiene el buche, la tráquea, los pulmones, el corazón, el hígado, los intestinos, la hiel, el proventrículo y la molleja. De este conjunto se rescatan la molleja, el corazón y el hígado. La planta cuenta con dos equipos que reciben todo el paquete visceral y cuentan con un mecanismo que es capaz de seleccionar las mollejas para procesarlas posteriormente. Estos equipos son las maquinas procesadoras de mollejas, las cuales reciben aproximadamente 5000

paquetes viscerales en una hora cada una y deberían expulsar la misma cantidad de mollejas con la misma frecuencia, lo cual no ocurre actualmente.

Figura 2. Procesadoras de mollejas.



Cuando el paquete visceral ingresa a las maquinas, la molleja va cerrada y cubierta de grasa, esta debe ser expulsada completamente abierta, sin la cutícula que lleva internamente, sin grasa y limpia. Este sistema de equipos se encarga de realizar estas funciones, seleccionan la molleja del resto de elementos del paquete visceral, las cortan parcialmente, les retiran su cutícula interior y su grasa externa, durante todo el proceso son lavadas con agua para eliminar restos de material orgánico y no orgánico indeseable en el producto final.

Figura 3. Presentación de la molleja antes de ingresar a los equipos (izquierda) y después de ser procesada (derecha).



Las dos máquinas procesadoras de mollejas además de realizar las principales funciones del procesamiento de mollejas son el cuello de botella en esta línea derivada de producción de la Planta de Beneficio de la empresa Avidesa Mac Pollo S.A., estas máquinas son la fuente principal de pérdida de producción de la línea de la menudencia y sufren diversos modos de falla.

Actualmente estos equipos cuentan con un plan de mantenimiento preventivo que no cumple con el nivel de confiabilidad deseado que garantice una eficiencia de producción que supere el 90% de su capacidad, es muy frecuente que estos equipos trabajen en estado de falla, es decir, operando a una eficiencia menor que la deseada.

Es difícil calcular la disponibilidad y mantenibilidad de estas máquinas, aunque la empresa Avidesa Macpollo S.A. cuenta con un confiable y reconocido sistema integrado de gestión SAP y tiene disponible el módulo PM para el área de mantenimiento, solo se alimenta el sistema para estos equipos cuando se crean

ordenes de trabajo preventivo programado y ordenes de trabajo correctivo cuando estos equipos fallan al punto de parar la línea de producción de la molleja.

Los supervisores de producción del área donde se encuentran estas máquinas (Eviscerado) y los supervisores del área de mantenimiento no reportan en SAP rigurosamente las pequeñas paradas que estas máquinas ocasionan en la línea de producción de la molleja (Paradas no mayores a 30 minutos que son empleadas para ajustes de las maquinas o limpieza), esta situación dificulta el cálculo de unos KPI's confiables que permitan conocer el estado en la que se encuentran las dos procesadoras de mollejas.

Avides Macpollo S.A. ha implementado diez módulos integrales de SAP (**FI**: Finanzas, **CO**: Costos, **CS**: Servicio al cliente, **MM**: Compras, inventario e importaciones, **PP**: Producción y planeación, **PM**: Mantenimiento de planta, **KM**: Gestión del conocimiento, **QM**: Calidad, **SD**: Distribución y **PORTAL GRANJAS**). Usando la transacción COOIS del módulo PP, se han extraído los datos de producción de molleja durante los años 2017, 2018 y 2019 (Cantidad de pollo en canal por proceso y total de mollejas producidas en el mismo), con esta información se ha calculado la eficiencia de cada proceso de sacrificio durante los últimos tres años y se ha graficado su comportamiento.

El comportamiento de la eficiencia de producción de molleja durante los últimos tres años en la planta Beneficio de Avides Macpollo S.A. es mostrado en la figuras 4 a 6, en las cuales, el eje de las abscisas corresponde al número de procesos de sacrificio desarrollados en la planta durante todo el año, un proceso de sacrificio de pollo oscila entre 160.000 y 300.000 pollos sacrificados a una velocidad que varía entre 8000pollos/hora y 10.000 pollos/hora, estos procesos generalmente se desarrollan en 24 horas. Gracias a la información recolectada se ha podido calcular el peso en kilos de molleja desperdiciada y finalmente su costo de producción (ver tabla 1).

Tabla 1. Costo de fabricación de molleja desperdiciada en los últimos tres años.

AÑO	COSTO EN COP
2017	\$ 1.417.690.173,20
2018	\$ 2.032.367.583,10
2019	\$ 739.730.079,70

Figura 4. Comportamiento de la eficiencia de producción de molleja en funcion de procesos para el año 2017.

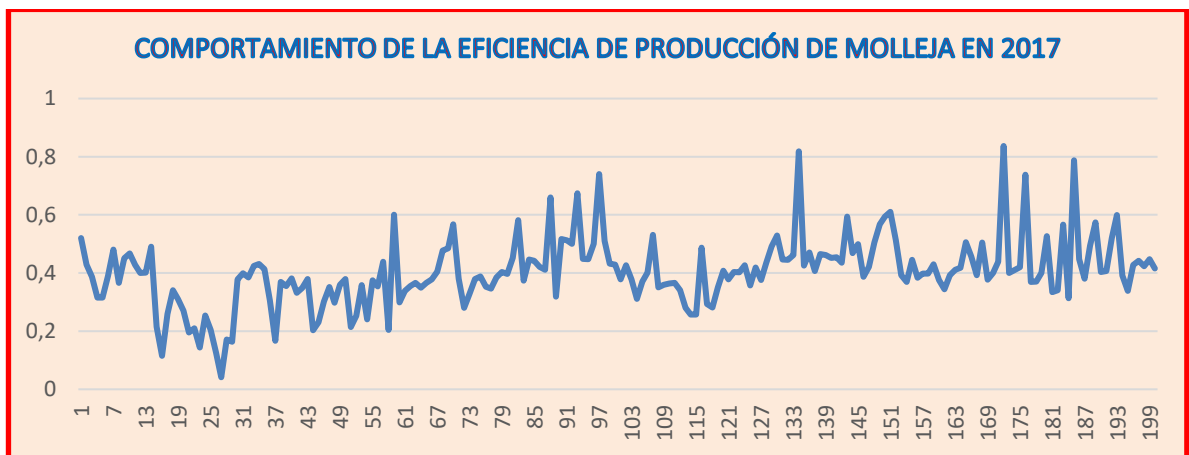


Figura 5. Comportamiento de la eficiencia de producción de molleja en funcion de procesos para el año 2018.

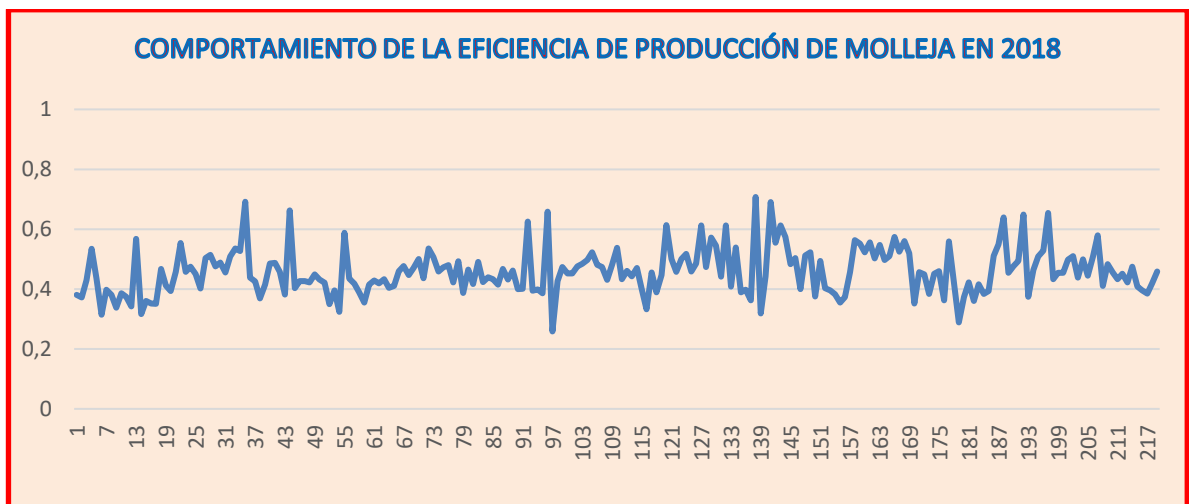
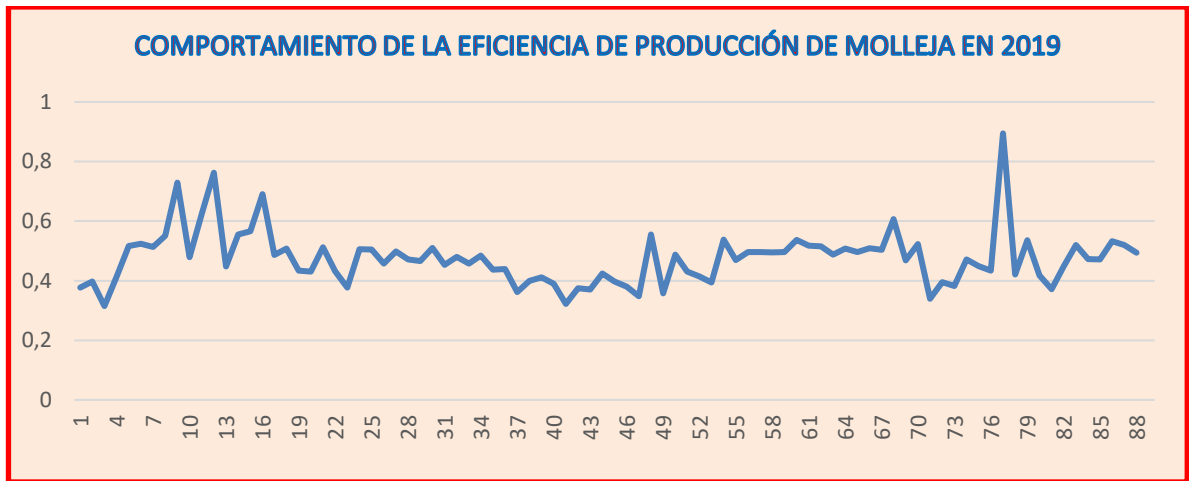


Figura 6. Comportamiento de la eficiencia de producción de molleja en funcion de procesos para el año 2018.



Avidesa Macpollo S.A. cuenta con un departamento de confiabilidad dentro de su estructura organizacional de mantenimiento, este departamento nació hace ocho años gracias a un proyecto de grado enfocado en la implementación de la estrategia RCM-MSG3 que en ese tiempo realizaron un grupo de estudiantes de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander sobre las plantas de Avidesa Macpollo S.A. en Santander.

Por el grado de satisfacción que generó en el departamento de mantenimiento los resultados arrojados por este proyecto, este grupo de jóvenes pioneros en esta estrategia se abrieron campo dentro de la misma empresa consolidando paulatinamente el departamento de RCM. El alcance de su proyecto se estableció con aplicar la metodología mencionada sobre los equipos relacionados con las líneas críticas de cada planta (Planta de Incubación, Planta Beneficio, Planta Frigo-Andes, Planta de Procesos Especiales, Planta de Harinas y Planta de Alimentos), es decir, sobre los equipos que en caso de falla pudieran ocasionar una parada de planta.

Las maquinas procesadoras de mollejas no son miembros de una línea crítica de la Planta Beneficio, así que no han sido parte del alcance del departamento de RCM, cuentan con un plan de mantenimiento preventivo que no procedió de una implementación de una estrategia RCM y este plan no ha cumplido con garantizar un alto índice de eficiencia de producción de estas máquinas como se muestra en las figuras anteriores.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General. Implementar la estrategia de mantenimiento basada en la confiabilidad para obtener tareas de mantenimiento preventivo y predictivo efectivas que mitiguen las fallas presentadas en las maquinas procesadoras de mollejas de la Planta Beneficio de la empresa AVIDESA MACPOLLO S.A., aumentando su eficiencia de producción con el menor costo posible.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Definir las funciones y estándares de funcionamiento.
- Realizar un Análisis de Causa Efecto de las Fallas Potenciales.
- Realizar un Análisis de Modos y Efectos de Fallas Funcionales.
- Aplicar la hoja de decisión de la metodología RCM-MSG3 para asignar las tareas para preservar cada una de las funciones.
- Establecer el cronograma de las tareas preventivas y predictivas.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO

Con esta investigación se quiere profundizar en los conceptos teóricos del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM bajo el contexto operacional, considerado como base para la optimización del mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos críticos de un proceso de manufactura.

El impacto económico es el principal motivo para establecer estrategias que aumenten la eficiencia de producción de mollejas en la planta Beneficio. Sumado a esto las estrategias de mantenimiento actuales de las maquinas procesadoras de mollejas no han sido reformadas desde su creación, y en una empresa como Avidesa Macpollo S.A., caracterizada por ir a la vanguardia en uso de tecnología, métodos y procedimientos de manufactura que estimulan la eficiencia de la industria avícola, es mandatorio alcanzar un índice de eficiencia sobre todas sus líneas de proceso productivo no inferior al 90%.

El presente trabajo pretende establecer un modelo de mantenimiento que apunte a reducir los tiempos de indisponibilidad de las maquinas procesadoras de mollejas, y establecer métodos que permitan actuar preventivamente ante las potenciales fallas que puedan presentarse en estos equipos, a la vez de satisfacer la necesidad de hacer algo diferente a los que se viene realizando en el mantenimiento de estos mismos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 AVIDESA MACPOLLO

La empresa AVIDESA MAC POLLO S.A. es la compañía líder en la industria avícola colombiana cuyo objetivo principal es el de satisfacer las demandas nutricionales de la población a través de la producción y comercialización de productos avícolas, la compañía ha operado desde 1969 siendo uno de los actores principales en la dinámica económica del país.

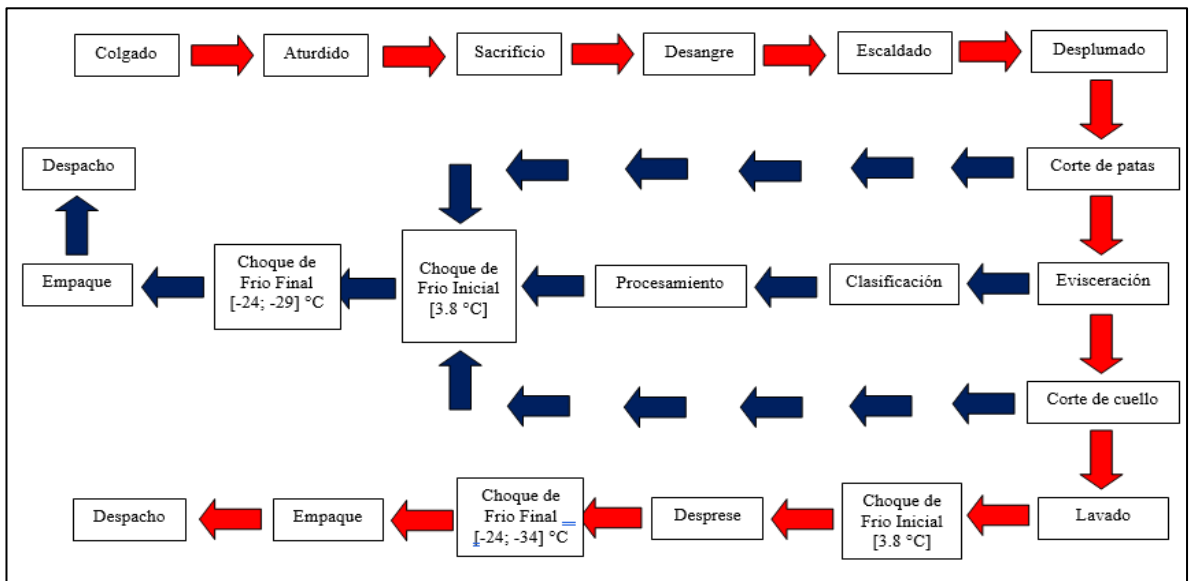
Como líder del mercado Avidesa Mac Pollo también es uno de los líderes a nivel tecnológico de la industria, quienes a través de la incorporación y desarrollo de nuevas tecnologías posee un confiable sistema productivo que ha permitido optimizar sus procesos con el paso del tiempo pasando de sacrificar 500 pollos a 220.000 pollos diarios.

2.2 PLANTA DE BENEFICIO

Ubicada en Floridablanca (Santander) en esta planta se llevan a cabo los procesos de sacrificio, eviscerado, clasificado y desprese de aves, a través de una cadena de producción lineal que permite tener una capacidad de producción promedio equivalente a 210.000 aves sacrificadas por día, obteniendo derivados de pollo pre-enfriados y congelados.

2.2.1 Línea Principal y Derivadas Producción Planta Beneficio. La planta beneficio cuenta con una línea de procesamiento principal en la cual se producen las principales proteínas del pollo en como los son pechuga, ala, pierna, entre otros, en sus diferentes presentaciones, adicionalmente cuenta con una línea para el procesamiento de derivados como lo son las patas y vísceras, los cuales deben ser debidamente clasificados y procesados para su distribución.

Figura 7. Línea principal y líneas derivadas de producción de la Planta Beneficio.



La línea de producción con flechas de color rojo entre sus etapas corresponde a la línea crítica de producción de la Planta Beneficio, las flechas azules están asociadas a líneas de producción de menudencia derivadas de la principal en las que se procesa las vísceras, los cuellos y las patas del pollo. Las etapas del proceso de producción de mollejas son Evisceración, Clasificación, Procesamiento, Choque de Frio Inicial, Choque de Frio Final, Empaque y Despacho. El listado de equipos asociados a estas etapas es mostrado en la tabla 2.

Tabla 2. Equipos asociados a las etapas de la línea de producción de molleja.

Evisceración	Clasificación	Procesamiento	Choque de Frio Inicial	Choque de Frio Final	Empaque	Despacho
Maestro Eviscerador	Banda de bandejas	Procesadora de mollejas 1	Chiller de menudencias	Túnel de enfriamiento	Empacadora de menudencias	Banda negra
Pacman	Banda de colgado de hígados	Procesadora de mollejas 2			Banda de Recirculación de Mollejas	
	Módulo de corte de hígados y corazones	Mesas raspadoras de mollejas			Banda de Cangilones	

2.3 MÁQUINA PROCESADORA DE MOLLEJAS

Equipo Marca Meyn referencia CD 6000 el cual tiene la función de recibir el paquete visceral del ave y procesarlo para finalmente obtener mollejas abiertas sin cutículas y limpias, cuenta con una capacidad de procesamiento de hasta 6000 paquetes por hora, en la línea de procesamiento de derivados se tienen dos de estos equipos que funcionan simultáneamente.

Tabla 3. Especificaciones Maquina Procesadora de Mollejas.

<i>Especificaciones:</i>			
Capacidad	6000 pollos/hora	Toma de tubería de desagüe.	Tubo 4".
Longitud (L)	2300 mm	Motor eléctrico	1,5 kW B5
Anchura (W)	840 mm	Motor de engranajes	2,2 kW M1
Altura (H)	850-1750 mm	Consumo de agua	1,5 m3/h
Peso neto	± 350 kg	Nivel de ruido	< 70 dB(A)
Toma de agua	Tubo macho 1"		

Fuente: MEYN FOOD PROCESSING TECHNOLOGY B.V. La procesadora de mollejas CD6000, manual del usuario y mantenimiento. Versión 1 en español. Oostzaan, Países Bajos: La Compañía, 2002. 103 p.

El procesamiento de la molleja del ave es llevado a cabo dentro de la maquina siguiendo los siguientes pasos de procesamiento:

1. Remoción del ventrículo succenturiado: este componente de la molleja no es apto para el consumo y debe ser eliminado. Las mollejas completas incluyendo el ventrículo succenturiado, ingresan al equipo donde este es utilizado para situar la molleja, tirando del ventrículo succenturiado hacia abajo utilizando dos ejes giratorios que fuerzan este elemento (que es más blando que la molleja) hacia abajo, dejando la molleja libre.
2. Corte de la molleja: se realiza apertura de la molleja a través de un corte que permita eliminar el contenido interno de la misma y posteriormente remover la cutícula interior, este proceso es llevado a cabo usando una cuchilla circular.
3. Limpieza de la molleja: el ventrículo succenturiado y la molleja abierta son limpiados a través de todo el proceso utilizando agua para eliminar restos de materiales orgánicos y jugos gástricos.
4. Remoción de cutícula interna: la piel interior de la molleja no es apta para el consumo, esta debe ser eliminada de la moleja por medio de unos ejes removedores que “pelan” el interior de la molleja.
5. Expulsión: finalmente, por medio de una rueda eyectora, se separa la molleja de los ejes peladores y se expulsa fuera de la máquina.

2.4 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

La filosofía del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM por sus siglas en ingles), consiste en una técnica de mantenimiento enfocada en el aseguramiento de

la funcionalidad operativa de los equipos que componen un sistema o planta, buscando a través de un análisis multidisciplinario definir los subsistemas que componen un equipo con base en su función, así como determinar su criticidad en función de recurrencia de falla y consecuencias, para posteriormente aplicar una metodología para establecer rutinas y tareas de mantenimiento que busquen mejorar los indicadores de confiabilidad de una planta, optimizando los recursos de mantenimiento dentro de un ámbito costo-efectivo.

El RCM nació como una necesidad de la industria de la aviación como una respuesta a la accidentalidad y sus respectivas consecuencias, junto con los altos costos de mantenimiento que representaba realizar el cambio no-sistemático de componentes en un equipo, surgiendo la necesidad de realizar un estudio de la confiabilidad de los equipos cuyo resultado fue la metodología de RCM la cual desarrolló herramientas de toma de decisiones con el objetivo de preservar las funciones de los equipos y de igual forma mejorando la confiabilidad. Posteriormente esta metodología fue mejorada y adaptada a los diferentes campos de la industria obteniendo resultados considerables haciendo de esta técnica una de las más eficaces en mantenimiento.

Puntos clave identificados en la filosofía del RCM:⁵

- Buscar la preservación de las funciones, más que la preservación de los mismos equipos por sí solos.
- Enfocarse en evitar, reducir o eliminar las consecuencias, más que en evitar las fallas.
- Orientar los esfuerzos a construir defensas costo-efectivas razonables contra fallas, permitiendo algunas.

⁵ ORTIZ PLATA, Daniel. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad MCC: Guía Práctica. Medellín: El Autor, 2017. 33 p.

- Priorizar técnicas predictivas y de condición sobre las preventivas o correctivas.
- Hacer énfasis en la búsqueda de la extensión de la vida útil del equipo.
- Resaltar el hecho de que los equipos modernos tienen múltiples formas de probabilidad de falla y no solo por la curva de la bañera o por vejez.
- Requerir de la disponibilidad de personas e información que permita identificar los modos de falla de los equipos y sus consecuencias, más que una alta exigencia en la disponibilidad de histórico de fallas.
- Exigir que, una vez actualizado el plan de mantenimiento, el registro de los trabajos y de las fallas se haga sistemáticamente.
- Adicionar la búsqueda de fallas como tipo de mantenimiento, complementario a los ya conocidos, como son el preventivo, predictivo y correctivo.
- Optimizar la disponibilidad de plantas y equipos sin descuidar la seguridad, el medio ambiente, los costos y cualquier otro factor empresarial crítico.
- Desarrollar planes teniendo en cuenta condiciones ambientales, requerimientos de clientes y regulatorios, condiciones operativas y de mantenibilidad.
- Fijar tareas con base en la visión multidisciplinaria de todos aquellos que tienen una interacción directa con los equipos y el proceso productivo.
- Formular las políticas de mantenimiento por parte de los equipos multidisciplinarios cercanos a los equipos.
- Hacer partícipes a los fabricantes de los equipos, pero en forma limitada.

2.5 METODOLOGÍA RCM

Para desarrollar un RCM, el método consiste en responder las “siete preguntas” en orden estricto, tal como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Las siete preguntas para aplicar una metodología RCM.

PREGUNTAS	SOLUCIÓN
¿Cuáles son las funciones y estándares de ejecución asociados con el activo, en su actual contexto operacional?	Identificar las funciones operativas de un equipo, cuál es su rol dentro de un sistema o equipo
¿En qué forma falla el equipo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional?	Cuáles son las fallas del equipo que afectan total o parcialmente su función
¿Qué causa la falla funcional?	Identificar los modos de falla del equipo
¿Qué sucede cuando falla?	Cuáles son los efectos de la falla
¿Qué ocurre si falla?	Identificar las consecuencias de una falla
¿Qué puede hacerse para evitar la falla?	Cuales serían aquellas tareas e intervalos que prevendrían una falla
¿Qué puede hacerse si no se conoce una tarea para evitar la falla?	Revisar opciones adicionales como rediseños o correr a falla

Un modo sistémico que identifica los pasos para desarrollar un taller RCM sería el siguiente:⁶

- Selección del objeto del equipo o sistema de estudio, definición de frontera e interfaces.
- Determinación del contexto operativo y estándares de funcionamiento.
- Definición de funciones.
- Análisis de fallas funcionales.
 - Análisis de modos de falla.
 - Identificación de causa raíz
 - Definición de consecuencias de falla.
 - Análisis de riesgo.

⁶ ORTIZ PLATA, Daniel. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad MCC: Guía Práctica. Medellín: El Autor, 2017. 33 p.

- Selección de tareas e intervalos.
- Elaboración del plan de mantenimiento.

2.5.1 Funciones.⁷ Comprende la razón de ser de un elemento, componente o equipo dentro de un sistema, de no existir el mismo se afectaría la operatividad o disponibilidad de un sistema con graves consecuencias, normalmente todos los equipos desempeñan más de una función dentro de un sistema esas pueden ser principales (bombear agua, cortar cuellos) y secundarias (separar material inorgánico, contener fluido), la aplicación de una metodología RCM parte desde esta definición para los componentes de un sistema, siendo esta tarea un fase crucial para el éxito del proceso.

2.5.2 Fallas funcionales.⁸ Corresponde a aquellos eventos que generan la pérdida total o parcial de las funciones de un equipo y cumplir un estándar adecuado de funcionamiento, para las funciones previamente definidas de los componentes de un equipo un análisis de fallas funcionales debe ser realizado con el fin de determinar cómo pueden afectar la confiabilidad y disponibilidad de un sistema.

2.5.3 Modos de falla. Es la forma en cómo se presenta la falla de un elemento que puede llevar de una forma razonablemente posible a una falla funcional.

⁷ ORTIZ PLATA, Daniel. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad MCC: Guía Práctica. Medellín: El Autor, 2017. 33 p.

⁸ *Ibíd.*

2.5.4 Fallas Ocultas. Son fallas que no pueden ser detectables bajo un régimen normal de operación, y cuando se presentan pueden generar impactos graves en la seguridad y el medio ambiente, debido a que normalmente ocurren en dispositivos e instrumentos de protección como válvulas de seguridad, sensores de nivel, equipos contra incendios entre otros.

2.5.5 Análisis de Causa y Efectos. Es el análisis secuencial de las fallas funcionales de un equipo obteniendo las razones posibles que la causaron ya sea través de un RCA, o diagrama Ishikawa, y posteriormente cuantificando sus consecuencias tanto para la producción (económicos) como para la seguridad de las personas y del medio ambiente, esta cuantificación de ser elaborada usando un modelo de valoración de riesgos.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 FILOSOFÍA RCM-MSG3

La metodología MSG3 surgió en el año 1980 por la empresa ATA (American Trans Air), tomando como pilar el proceso descrito por F. Stanley Nowlan y Howard F. Heap, generando un documento con esta metodología basados en proceso específico adaptado para las necesidades de un área desarrollando unas tareas de mantenimiento e intervalos para un equipo específico. Esta metodología ha sido revisada en 1988, 1993, 2001 y 2003 siendo la última actualmente utilizada para desarrollar los planes de mantenimiento de las aeronaves previo a su servicio. Básicamente la metodología MSG3 consiste en no utilizar todas las fases de un proceso RCM completo.

Tabla 5. Comparativa Entre las Fases de una Metodología MSG3 y un RCM Completo.

Metodología RCM completo	Metodología RCM-MSG3
<p>Fase 1: Codificación y listado de todos los subsistemas, equipos y elementos que componen el sistema que se está estudiando. Recopilación de esquemas, diagramas funcionales, diagramas lógicos, etc.</p> <p>Fase 2: Estudio detallado del funcionamiento del sistema. Listado de funciones del sistema en su conjunto. Listado de funciones de cada subsistema y de cada equipo significativo integrado en cada subsistema.</p> <p>Fase 3: Determinación y definición de los fallos funcionales y fallos técnicos.</p> <p>Fase 4: Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior.</p> <p>Fase 5: Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo. Clasificación de los fallos en críticos, y análisis Causa VS Efecto.</p>	<p>Fase 1: Codificación y listado de todos los subsistemas, equipos y elementos que componen el sistema que se está estudiando. Recopilación de esquemas, diagramas funcionales, diagramas lógicos, etc.</p> <p>Fase 2: División en diagramas de bloque funcional.</p> <p>Fase 3: Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los componentes definidos en la fase anterior.</p> <p>Fase 4: Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo. Clasificación de los fallos en críticos, y análisis Causa VS Efecto.</p> <p>Fase 5: Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías. Elaboración del Plan de</p>

Metodología RCM completo	Metodología RCM-MSG3
<p>Fase 6: Determinación de medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos.</p> <p>Fase 7: Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías. Elaboración del Plan de Mantenimiento, lista de mejoras, planes de formación y procedimientos de operación y de mantenimiento.</p> <p>Fase 8: Puesta en marcha de las medidas preventivas basados en la Fase 6.</p>	<p>Mantenimiento, lista de mejoras, planes de formación y procedimientos de operación y de mantenimiento, basados en la aplicación de la Lógica MSG3.</p> <p>Fase 6: Puesta en marcha de las medidas preventivas</p>
<p>El motivo de esta esta optimización es que el equipo sería capaz de identificar los modos de falla de forma “razonablemente probable” sin necesidad de conocer las funciones y los estándares de desempeño, llevando así a un ahorro de tiempo considerable, haciendo de esta filosofía un método flexible para aplicarlo a un área específica.</p>	

3.1.1 Codificación y Listado. Es el primer eslabón del proceso y consiste en la recopilación de toda la información necesaria del equipo que nos permite conocer los subsistemas del mismo junto con sus respectivos componentes, para lo cual se puede acudir a manuales, planos, esquemas o diagramas de las maquinas. Una vez obtenida esta información se procederá a listar los subsistemas y componentes en un orden jerárquico específico estandarizado por los equipos de la planta, la jerarquía estándar manejada para los equipos de la planta de beneficio está expuesta en la figura 8.

Figura 8. Orden Jerárquico para la codificación y listado de Equipos.



Fuente: FUENTES PALOMINO, David; RINCÓN RAMIREZ, Oscar y SERRANO RIOS, Sergio. Implementación de la estrategia rcm-msg3 en el modulo pmsap, para las plantas de AVIDESA MAC POLLO S.A. [En línea]. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2012. 330 p. [Consultado el: 12 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2012/143283.pdf>

3.1.2 División en Diagramas de Bloque Funcional. En esta fase de la metodología se debe realizar un análisis meticuloso de los sistemas funcionales del equipo, dado que este proyecto se desarrollará a una maquina especifica dentro de una línea de proceso esta división funcional solo abarcara los subsistemas y componentes del equipo los cuales deben agruparse según la función que desempeñan dentro de la máquina, para esta tarea no solo es necesario referirse a la información disponible en manuales y planos, también es necesario involucrar al personal operador del equipo y a los supervisores de la línea de producción quienes a partir de toda la experiencia y conocimiento del historial de la maquina aportaran información valiosa para definir las descripciones de las fallas que causan la perdida de la función en cada bloque y de este modo entender el comportamiento del mismo, este paso es fundamental para que el desarrollo de toda la metodología sea exitosa en las siguientes fases.

3.1.3 Determinación de los Modos de Falla y Causas. Una vez definida la división en bloques funcionales del equipo, se debe realizar la revisión de la forma como se presenta la falla de cada uno de los componentes listado en la fase anterior, enfatizando en como estas fallas generan la perdida de la función del sistema y/o del equipo, por ejemplo para el caso de uno eje transportador, el modo de falla podría ser “rodamiento atascado”, lo cual generaría la perdida de la función de “transportar carga y elementos”, sin embargo la perdida de una función puede ser generada por más de un modo de falla, para esto se debe involucrar a todo el personal que mantiene contacto con el equipo para que a través de sus aportes se pueda abarcar la mayor cantidad de modos de fallas razonablemente posibles del equipo.

Posterior a la revisión de los modos de falla se debe identificar las causas raíces de los mismos, esto con el objetivo de brindar información suficiente de cómo se originó esta falla, retomando el ejemplo del párrafo interior, para el modo de falla

“rodamiento atascado” se pueden presentar varias causas raíces que puedan detonar esta falla como lo puede ser falta de lubricación, mal montaje, sobrecarga del eje, entre otros, por lo cual es importante especificarlo teniendo en cuenta la historia del equipo y precisar las causas de la falla para enfocar los planes de acción a eliminar o reducir la ocurrencia de estos eventos.

3.1.4 Estudio de las Consecuencias de Cada Modo de Falla. En esta fase se deben indicar cuales de los modos de falla listados en el paso anterior corresponden a causas y cuales son efectos siguiendo las definiciones expuestas en la tabla 6.

Tabla 6. Definición Causas y Efectos.

Causas	Efectos
Corresponde a las fallas que son generadas por la operación normal de un elemento y obedecen a principios físicos o químicos como el desgaste, o la corrosión.	Corresponde a las fallas generadas por factores externos a la operación normal del elemento, como lo son los factores humanos, sobrecargas del equipo, paradas inadecuadas.
Ejemplo: Desgaste uniforme del recubrimiento interno de un cojinete, el cual es un proceso normal y es causado por la naturaleza de la operación de este elemento.	Ejemplo: Desgaste sectorizado del recubrimiento interno de un cojinete ocasionado por falta lubricación y sobrecarga del eje de trabajo.

El siguiente paso una vez definidas las causas y los efectos es evaluar las consecuencias de cada uno de los modos de falla para lo cual se debe utilizar una matriz de criticidad establecida por la compañía, cuya valoración permitirá

establecer a partir de las consecuencias si es necesaria una tarea de mantenimiento o no.

La matriz de criticidad utilizada en Avidesa Mac Pollo fue diseñada teniendo en cuenta la cantidad de paradas del equipo por fallos y la pérdida de producción en función del tiempo de la parada contabilizado en dinero. El dato obtenido de la matriz corresponderá a un nivel de criticidad que puede ser bajo, medio o alto e influirá en la asignación de las tareas usando la metodología MSG III. Es importante recalcar que las consecuencias que comprometan la seguridad, la calidad o el medio ambiente, como mínimo les corresponderá un nivel tres de priorización.

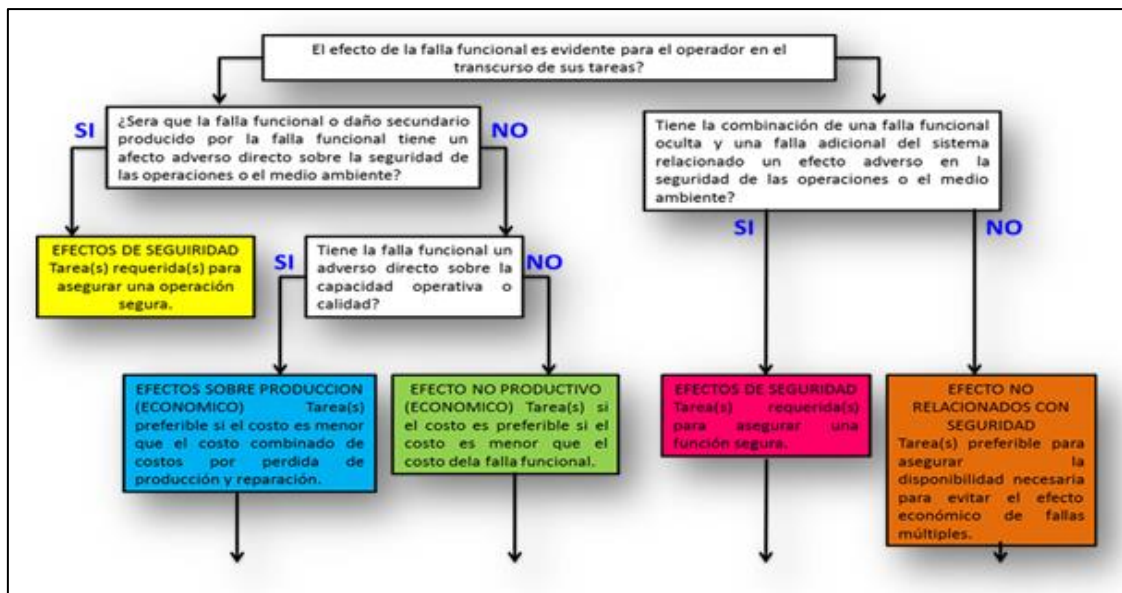
Figura 9. Matriz de Probabilidad Vs Consecuencia, Matriz de Criticidad.

MATRIZ DE ANALISIS CAUSA Vs EFECTO RCM- MSG 3		CONSECUENCIA		
		>8400000 >2 HORAS	2100000 > X < 8400000 > 30 MINUTOS	< 2100000 < 30 MINUTOS
PROBABILIDAD	X	3	2	1
	> 1 AL MES	3 ALTA	6 ALTA	3 MEDIA
	> 1 EN 4 MESES	6 ALTA	4 MEDIA	2 BAJA
	< 1 AL AÑO	3 MEDIA	2 BAJA	1 BAJA

Fuente: AVIDESA MACPOLLO S.A. Presentación RCM/PMSAP AVIDESA. Floridablanca: La Compañía, 2012. 98 p.

3.1.5 Agrupación de Medidas Preventivas y Elaboración del Plan de Mantenimiento. El siguiente paso es aplicar el árbol lógico de decisión según la filosofía RCM-MSG3 (ver Anexos A, B, C, D, E, F) sobre cada uno de los modos de fallas susceptibles de la aplicación de esta metodología definidos en la fase anterior en función de su priorización.

Figura 10. Nivel I Árbol Lógico de Decisión RCM-MSG3.



Fuente: AVIDESA MACPOLLO S.A. Presentación RCM/PMSAP AVIDESA. Floridablanca: La Compañía, 2012. 98 p.

Este árbol lógico de decisión está compuesto por dos partes o niveles donde se ilustran la tipología de las fallas según sus consecuencias y las tareas de mantenimiento recomendadas para mitigarlas. En resumen, para la metodología MSG3 en el nivel 1 (ver figura 10) las fallas se agrupan en evidentes y ocultas las cuales a su vez se clasifican en categorías en función de sus consecuencias.

Para las fallas evidentes las categorías establecidas son las siguientes:

- **Consecuencias de Seguridad Industrial y Ambiental:** denotadas con las letras ESE (Efecto Evidente de Seguridad) dentro del sistema RCM de Avides MacPollo, corresponden a todas aquellas fallas que comprometan la seguridad en las operaciones, así como para el medio ambiente, es decir fallas que puedan generar lesiones en el personal de la planta o producir vertimientos de contaminantes a recursos hídricos.
- **Consecuencias Operativas:** denotadas con las letras EPE (Efecto Evidente en la Producción) dentro del sistema RCM de Avides MacPollo, corresponden a todas aquellas fallas que puedan generar pérdidas de tipo económico como paradas de planta, defectos en la calidad, reprocesos entre otros.
- **Consecuencias No Operativas:** denotadas con las letras ENP (Efecto Evidente No-Producción) dentro del sistema RCM de Avides MacPollo, abarcan todas las tareas que no comprometen la seguridad, el ambiente o la producción.

La clasificación para las fallas ocultas es la siguiente:

- **Consecuencias de Seguridad Industrial y Ambiental:** denotadas con las letras HSE (Efecto Oculto de Seguridad) dentro del sistema RCM de Avides MacPollo, corresponden a aquellas fallas ocultas que puedan comprometer la seguridad y el medio ambiente.
- **Consecuencias No Relacionadas con la Seguridad:** denotadas con las letras HNS (Efecto Oculto No-Seguridad) dentro del sistema RCM de Avides MacPollo, corresponden a aquellas fallas ocultas que puedan afectar la confiabilidad y disponibilidad de las máquinas generando pérdidas económicas.

El propósito de usar el árbol lógico de decisión es poder evaluar las consecuencias de los efectos según las categorías expuestas anteriormente para decidir si es

necesario la asignación de una tarea de mantenimiento, mientras mayor sea el impacto de la consecuencia será muy importante definir una tarea de mantenimiento para mitigarlo.

Una vez analizada la categoría de la falla el siguiente paso es asignar las tareas necesarias para asegurar la confiabilidad y seguridad de los equipos, previniendo eventos de falla o mitigando sus consecuencias, esta actividad es realizada dirigiéndose al nivel 2 del árbol logio de decisión MSG3 el cual agrupa las tareas recomendadas que podrían evitar o disminuir el impacto de una falla, sin embargo es importante recalcar que la decisión de asignar un tipo de tarea de mantenimiento se debe realizar dentro de un contexto costo-efectivo para que la metodología tenga éxito, teniendo en cuenta la criticidad en las consecuencias de la falla, motivo por el cual el árbol lógico de decisión MSG3 tiene organizado de forma secuencial las tareas en función de su costo para agilizar el proceso de selección o descarte de las mismas.

Dentro de la metodología RCM-MSG3 ya aplicada en Avidesa Mac Pollo se agruparon estas tareas en los 6 tipos siguientes:

- **Tipo 1 Inspección Operacional:** denotados con las letras I/O corresponde a todo tipo de tareas no intrusivas que involucre una revisión visual del equipo, esta tarea es la de menor costo dado que no requiere el uso de equipos especiales de inspección, ni sacar los equipos del tren de producción.
- **Tipo 2 Lubricación y limpieza:** denotados con las letras L/C involucra tareas que buscan eliminar suciedad o fugas en los equipos, debido que ha medida que se va limpiando intrínsecamente se está haciendo una revisión visual exhaustiva en el exterior de las maquinas, este tipo de tareas también comprende todas las rutinas de lubricación no intrusivas en un equipo.

- **Tipo 3 Inspección Funcional:** denotados con las letras I/F comprende las tareas de verificación del funcionamiento adecuado o dentro de las ventas operativas de un equipo, estas pueden ser realizadas con sensores que toman parámetros en línea propios de los equipos como instrumentos redundantes, o pueden ser ejecutadas a través de equipos medidores externos que pueden ser tan sencillos como un voltímetro o una pistola infrarroja, o complejos como una cámara termográfica o un medidor de espesores por ultrasonido. Adicionalmente a las verificaciones de parámetros este tipo de tareas también involucra las verificaciones en equipos de protección en busca de fallas ocultas.
- **Tipo 4 Restauración:** denotados con las letras RE abarca todas aquellas tareas sistemáticas intrusivas que se deben realizar con una frecuencia definida para mitigar o eliminar la degradación natural de un equipo por su operación y evitar un daño mayor con consecuencias graves, estas tareas pueden incluir limpiezas internas (hidro lavados), reemplazo de partes (cambios por desgastes) o ajustes (alineación), y requerirán de un análisis mayor por parte del equipo de trabajo para definir las buscando siempre reducir la probabilidad de una falla, dentro de un contexto costo-efectivo, seguro y amigable con el medio ambiente.
- **Tipo 5 Descarte:** denotados con las letras DS básicamente se refiere a las tareas donde se decide realizar un reemplazo total de un componente no apto para una restauración o cuya restauración sería una tarea demasiado compleja y costosa siendo la opción de descartarlo una decisión más confiable.
- **Tipo 6 Llevar hasta falla:** denotados con las letras RTF (Run to fail) comprende la decisión de no intervenir un componente o no reemplazar una parte de un equipo debido a que esta acción es mucho más costosa que contemplar el cambio del mismo o realizar una intervención en la máquina, siempre que la consecuencia de la falla no vaya a tener un impacto significativo en la seguridad y el medio ambiente, esta actividad podría ser beneficiosa.

La decisión de escoger un tipo de tarea u otra obedece a la criticidad de la falla, si tiene consecuencias importantes cualquiera de los tipos es viable y su definición dependerá de la limitación técnica u operativa para implementarla, para los casos en los que las fallas sean tolerables lo más lógico es escoger entre los primeros tres tipos de tareas, las cuales requieren menor cantidad de recursos y por ende son menos costosas, mientras que para el caso de que una falla sea importante los tipos cuatro y cinco serían opciones más costo-efectivas para implementar.

3.1.6 Puesta en Marcha de las Medidas Preventivas. Después de definir las tareas de mantenimientos para cada falla, se debe plantear dentro de la plantilla de RCM la especificación de cada tarea recomendada para el equipo, incluyendo la información descriptiva clara de la tarea, las frecuencias, los repuestos requeridos, duración de la tarea, estado en que debe estar el equipo para ejecutarla y cantidad de personal requerido según aplique.

4. DESARROLLO METODOLÓGICO

4.1 ANÁLISIS CRITICIDAD LÍNEA DE PROCESAMIENTO DE MOLLEJAS

Como fue mencionado anteriormente la línea de procesamiento de mollejas es una línea de producción derivada compuesta por diversos equipos incluyendo las maquinas procesadoras de mollejas (ver tabla 12), al ser una línea derivada está no fue tenida en cuenta durante la implementación inicial de la estrategia RCM-MSG3 de Avidesa Mac Pollo S.A., para determinar la necesidad de realizar un proceso tan exhaustivo como esta metodología dentro de un contexto costo-efectivo se realizó un análisis de criticidad de los equipos de la línea para determinar los malos actores dentro de este proceso. Los factores involucrados para realizar la matriz de criticidad son.

4.1.1 Frecuencia de Fallas. Número de veces que se repite un evento considerado como falla dentro de un período de tiempo, para este caso será de un año. Existen cuatro posibles calificaciones para este ítem.

Tabla 7. Ponderación de Frecuencia de Fallas.

Rango	Nivel	Calificación
Mas de 10 fallas	Alta	4
Entre 5 y 9 fallas	Promedio	3
De 1 a 4 Fallas	Baja	2
Menos de 1 falla	Excelente	1

4.1.2 Impacto operacional. Efectos causados en la producción, existen cinco posibles calificaciones para este factor.

Tabla 8. Ponderación de Impacto Operacional.

Criterio	Calificación
Parada inmediata de toda la línea de producción	10
Parada inmediata de un sector de la línea de producción	6
Impacta los niveles de producción o calidad	4
Repercute en costos operativos adicionales asociados a la disponibilidad del equipo	2
No genera ningún efecto significativo sobre la producción o la calidad	1

4.1.3 Flexibilidad operacional. Posibilidad de realizar un cambio rápido para continuar con la producción sin incurrir en costos o pérdidas considerables. Existen tres posibles calificaciones para este factor.

Tabla 9. Ponderación de Flexibilidad Operacional.

Criterio	Calificación
No existe opción de producción o respaldo	4
Existe opción de respaldo compartido	2
Existe opción de respaldo	1

4.1.4 Costo del mantenimiento. Tomando todos los costos que implica la labor de mantenimiento, dejando por fuera los costos inherentes a los costos de producción sufridos por la falla. Existen cuatro posibles calificaciones para este ítem.

Tabla 10. Ponderación de Costo de Mantenimiento.

Criterio	Calificación
Menor a 2.000.000 de pesos en un año	1
De 2.000.000 a 10.000.000 de pesos en un año	5
De 10.000.000 a 20.000.000 de pesos en un año	10
De 20.000.000 a 25.000.000 de pesos en un año	20

4.1.5 Impacto de seguridad y medio ambiente. Enfoque sobre los posibles inconvenientes que puede causar en las personas o el medio ambiente. Existen seis posibles calificaciones para este factor.

Tabla 11. Ponderación de Impacto de Seguridad y Medio Ambiente.

Criterio	Calificación
Afecta la seguridad humana interna o externa a la planta	40
Afecta el medio ambiente produciendo daños severos	32
Afecta las instalaciones causando daños severos	24
Provoca accidentes menores al personal interno	16
Provoca un efecto ambiental pero no infringe las normas	8
No provoca ningún daño a las personas o el medio ambiente	0

Teniendo en cuenta que: $Criticidad = Frecuencia \times Consecuencia$

$$Consecuencia = (Impacto Operacional \times Flexibilidad Operacional) + Costo \text{ Mantenimiento} + Impacto Seguridad y Medio Ambiente$$

Los equipos críticos serán denominados las maquinas cuyo valor de criticidad sea mayor o igual a 100.

Tabla 12. Análisis de Criticidad en la Línea de Producción de Mollejas.

Equipo	F	IO	FO	CM	IS&MA	Criticidad
Maestro Eviscerador	2	10	4	5	0	90
Pacman	1	10	4	5	0	45
Banda de Bandejas	2	10	4	1	0	82
Banda de Colgado de Hígados	2	6	4	1	0	50
Módulo de Corte de Hígados y Corazones	2	6	4	1	0	50
Procesadora de Mollejas 1	4	6	4	10	0	136
Procesadora de Mollejas 2	4	6	4	10	0	136
Mesa Raspadora de Mollejas 1	1	6	4	1	0	25

Equipo	F	IO	FO	CM	IS&MA	Criticidad
Mesa raspadora de Mollejas 2	1	6	4	1	0	25
Chiller de Mollejas	1	4	4	1	0	17
Banda de Recirculación de Mollejas	3	2	1	1	0	9
Empacadora de Menudencias	4	4	2	5	0	52
Banda de Cangilones	2	6	1	1	0	14
Banda Negra	1	6	1	1	0	7
Túnel de Enfriamiento	1	2	1	10	0	12

Las procesadoras de mollejas son equipos críticos en la línea derivada de producción donde se procesa el paquete visceral del pollo y aunque no son parte de una línea crítica de la Planta Beneficio, es una necesidad de la empresa aumentar la eficiencia de producción de la molleja.

4.2 FASE 1 DIVISIÓN DE BLOQUES FUNCIONALES

Para desarrollar esta fase se tomó como punto de partida la plantilla de división funcional previamente preestablecida dentro de la estrategia RCM-MSG3 de Avides Mac Pollo, compuesta por las pestañas de portada del equipo, división funcional, causa-efecto y lista de tareas, en la portada se diligencian los datos de especificación del equipo que permiten al personal reconocerlo y determinar su ubicación. Ya ubicados en la pestaña de división funcional se procede a realizar la partición del equipo en diferentes niveles que permitan llegar hasta un detalle específico de cada uno de los componentes que componen la máquina, la división funcional para la máquina procesadora de mollejas se definió de la siguiente manera.

- **Nivel 1.** Línea de procesamiento de menudencias.
- **Nivel 2.** Procesadora de mollejas CD6000.

- **Nivel 3.**

- Estructura
- Sistema eléctrico
- Sistema hidráulico
- Sistema de transporte y eliminación de proventrículo succenturiado
- Sistema de corte
- Sistema de remoción de cutícula
- Sistema de eyección
- Sistema motriz

Figura 11. Estructura Externa Maquina procesadora de Mollejas.



Figura 12. Panel Sistema Eléctrico (izquierda) y Manifold Sistema Hidráulico (derecha).

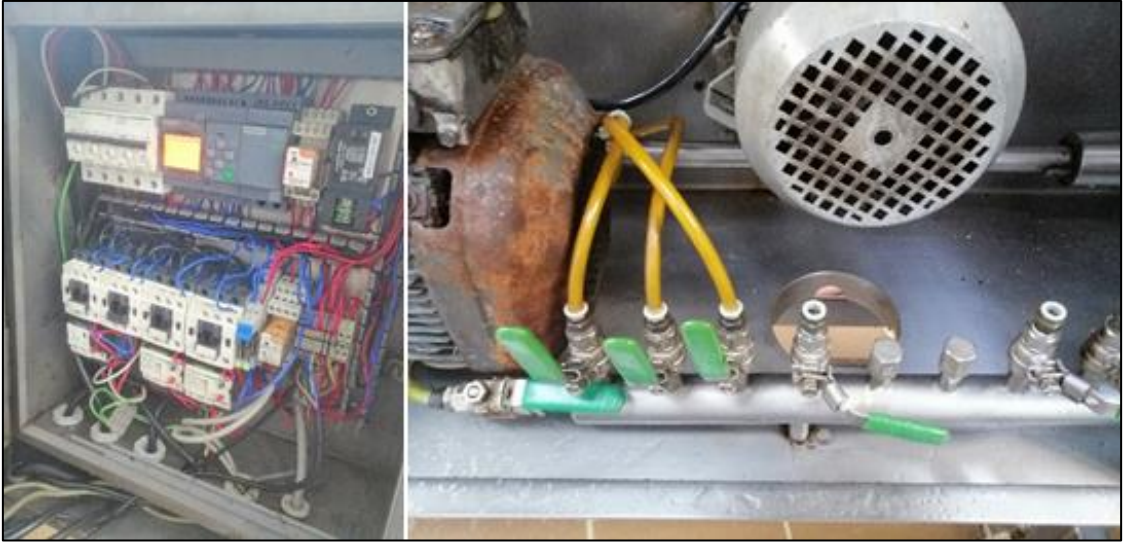


Figura 13. Sistema de Transporte y Eliminación de Proventrículo Succenturiado.



Figura 14. Sistema de Corte.



Figura 15. Sistema de Remoción de Cutícula.

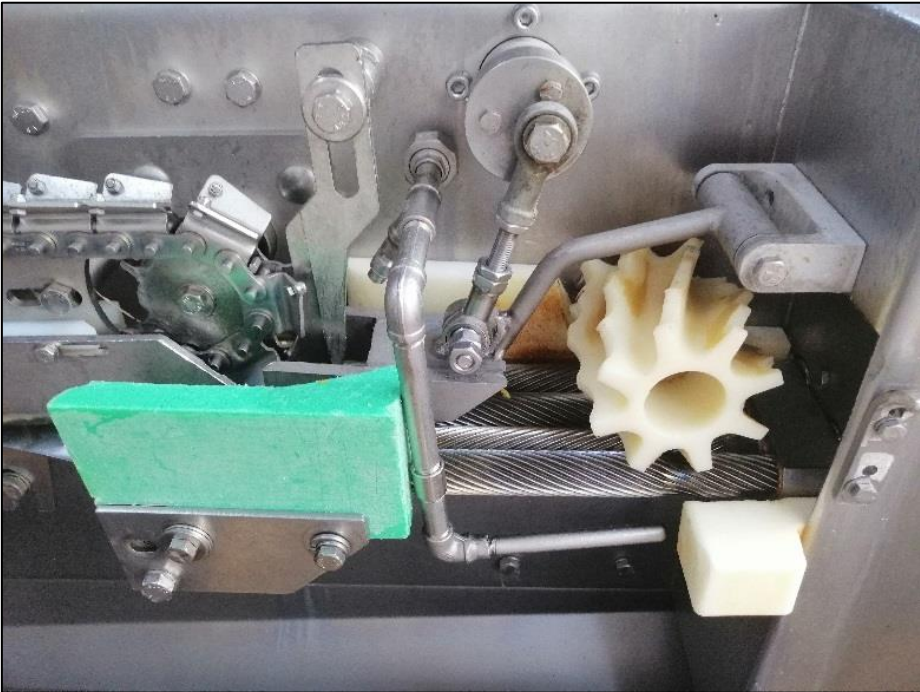
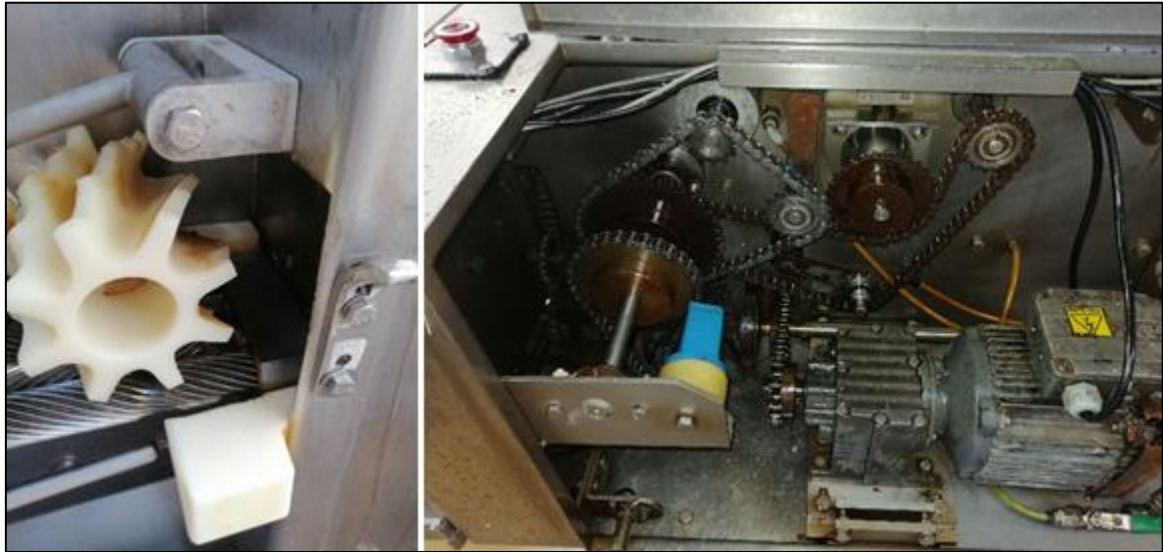


Figura 16. Sistema de Eyección (izquierda) Sistema Motriz (derecha).



- **Nivel 4.** Ver tabla 13

Tabla 13. División Nivel 4 de Partición.

SISTEMA	SUBSISTEMA
Estructura	- Bastidor - Guardas
Sistema eléctrico	- Caja de control eléctrico - Sensores - Comandos de encendido y apagado - Paradas de emergencia
Sistema hidráulico	- Flauta principal de distribución de agua - Kit de mangueras de lubricación de rodillos peladores de cutícula - Manguera de lubricación del avión - Manguera de lubricación de placa uña - Manguera de lubricación de cadena transportadora de mollejas - Manguera de lubricación de cuchilla

SISTEMA	SUBSISTEMA
<p>Sistema de transporte y eliminación de proventrículo succenturiado</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ejes de transporte - Rodillos helicoidales peladores proventrículo - Rodamientos salida ejes de transporte - Rodamientos entrada ejes de transporte - Tornillos rodamientos salida ejes transportadores - Arandelas rodamientos salida ejes de transporte - Soporte caja contenedora rodamientos salida ejes de transporte - Caja contenedora rodamientos salida ejes de transporte - Guía superior ejes de transporte - Acoplamiento electromagnético del motorreductor - Arepa - Piñón arepa - Cuña piñón arepa - Arandela tornillo piñón arepa - Tornillo piñón arepa - Tornillo eje de transporte conducido - Arandela tornillo eje de transporte conducido - Kit de cuatro tornillos sujetadores arepa - Cadena transmisión potencia arepa - Eslabón enlace cadena transmisión potencia arepa - Chaveta seguridad eslabón enlace cadena transmisión potencia - Piñón tensor cadena transmisión potencia arepa - Tensor cadena transmisión potencia arepa - Tornillo piñón tensor cadena transmisión potencia arepa - Arandela tornillo eje piñón tensor cadena transmisión potencia arepa - Piñón grande cadena transmisión de potencia ejes transportadores - Cuña piñón grande cadena transmisión de potencia ejes transportadores - Chumacera cabina del sistema de transmisión de potencia del sistema de transporte

SISTEMA	SUBSISTEMA
	<ul style="list-style-type: none"> - Eje de la cabina del sistema de transmisión de potencia del sistema de transporte - Chumacera trasera del sistema de transmisión de potencia del sistema de transporte - Cuñas de acople rígido de manguito - Acople rígido de manguito con doble prisionero - Eje trasero del sistema de transmisión de potencia del sistema de transporte - Piñón de recepción de potencia del eje trasero del sistema de transmisión de potencia del sistema de transporte - Cuña del piñón de recepción de potencia del eje trasero del sistema de transmisión de potencia del sistema de transporte - Prisionero del piñón de recepción de potencia del eje trasero del sistema de transmisión de potencia del sistema de transporte
Sistema de corte	<ul style="list-style-type: none"> - Motor de 1.5 kw B5 - Placa del motor - 4 tornillos de la placa del motor - 4 tuercas de la placa del motor - 4 tornillos para juste del motor y placa - 4 tuercas para ajuste del motor y la placa - Cuchilla - Cabina del tornillo sujetador de la cuchilla - Prisionero de la cabina del tornillo sujetador de la cuchilla - Tornillo sujetador de la cuchilla - Arandela del tornillo sujetador de la cuchilla - Cadena transportadora mollejas - Colección de eslabones de la cadena transportadora - Colección de tornillos y tuercas de la cadena transportadora - Piñón conductor derecho de la cadena transportadora - Piñón conducido izquierdo de la cadena transportadora

SISTEMA	SUBSISTEMA
	<ul style="list-style-type: none"> - Rodamiento del piñón izquierdo conducido de la cadena transportadora - Bujes del rodamiento del piñón izquierdo conducido de la cadena transportadora - Tornillos del rodamiento del piñón izquierdo conducido de la cadena transportadora - Arandelas de los tornillos del rodamiento del piñón izquierdo conducido de la cadena transportadora - Placa T de entrada de la cadena transportadora - 2 tornillos de ajuste de la placa T de entrada de la cadena transportadora - Soporte horizontal en teflón - Colección de tornillos, tuercas y arandelas del soporte horizontal en teflón - Tornillo A (izquierdo) de ajuste de altura de la cuchilla - 2 tuercas del tornillo A (izquierdo) de ajuste de altura de la cuchilla - Bloque rectangular del tornillo A (izquierdo) de ajuste de altura de la cuchilla - Tornillos de ajuste del bloque rectangular del tornillo A (izquierdo) de ajuste de altura de la cuchilla - Tornillo B (derecho) de ajuste de altura de la cuchilla - Tuerca de ajuste del tornillo B (derecho) de ajuste de altura de la cuchilla - Bloque rectangular del tornillo B (derecho) de ajuste de altura de la cuchilla - Tornillos de soporte del bloque rectangular del tornillo B (derecho) de ajuste de altura de la cuchilla - Placa base del tornillo B (derecho) de ajuste de altura de la cuchilla - Tornillos y tuercas de la placa base del tornillo B (derecho) de ajuste de altura de la cuchilla - Tensor de la cadena transportadora

SISTEMA	SUBSISTEMA
	<ul style="list-style-type: none"> - Tornillo de ajuste de tensión del tensor de la cadena - Tuerca de ajuste de tensión del tensor de la cadena - Tornillo eje sujetador del tensor - Rodamiento del tensor de la cadena - Sello plástico del rodamiento del tensor de la cadena - Eje del rodamiento del tensor de la cadena - Tornillo del eje del rodamiento del tensor de la cadena - Arandela del eje del rodamiento del tensor de la cadena - Placa trasera del tensor - Kit de 4 tornillos y 4 arandelas de la placa trasera del tensor - Tornillo límite de la placa trasera del tensor - Bloque rectangular del tornillo límite de la placa trasera del tensor - 2 tornillos ajustadores de del bloque rectangular del tornillo límite de la placa trasera del tensor - Piñón de la placa trasera del tensor del tensor de la cadena - Eje del piñón de la placa trasera del tensor del tensor de la cadena - Cuña del eje del piñón de la placa trasera del tensor de la cadena - Prisionero de la cuña del eje del piñón de la placa trasera del tensor del tensor de la cadena - Estructura tenedor de la cadena transportadora y el teflón horizontal - Avión - Bujes sostenedores del avión - Tornillos y arandelas de los bujes sostenedores del avión - Soporte en L izquierdo de la estructura tenedor de la cadena transportadora y el teflón horizontal - Kit de tornillos del soporte en L izquierdo de la estructura tenedor de la cadena transportadora y el teflón horizontal
<p>Sistema de remoción de cutícula</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Estampador - Soporte fijo del estampador - Tornillos sujetadores del soporte fijo del estampador - 2 bujes de bronce del estampador

SISTEMA	SUBSISTEMA
	<ul style="list-style-type: none"> - 2 tornillos de los bujes de bronce del estampador - Manivela cuchara inferior del estampador - Manivela cuchara superior del estampador - Tornillo eje de la manivela cuchara inferior del estampador - 2 tuercas del tornillo eje de la manivela cuchara inferior del estampador - Semiesfera roscable del tornillo eje de la manivela cuchara inferior del estampador - Tornillo eje, tuerca y arandela de la manivela cuchara superior del estampador - Pera dinámica - 3 tornillos de sujeción de la pera dinámica - Prisioneros de la pera dinámica - Pera estática delantera - 3 tornillos de sujeción de la pera estática - Pera estática trasera - Rodamiento de la pera estática trasera - Eje del rodamiento de la pera estática trasera - Piñón del eje del rodamiento de la pera estática trasera - Cuña del piñón del eje del rodamiento de la pera estática trasera - Prisionero del piñón del eje del rodamiento de la pera estática trasera - Kit de 4 rodillos peladores de cutícula - Kit de 8 cojinetes de bronce de los rodillos peladores - Modulo de teflón verde - Bloque izquierdo de los cojinetes de bronce - Bloque derecho de los cojinetes de bronce - Caja contenedora del bloque izquierdo de los cojinetes de bronce - 2 tornillos sujetadores de la caja contenedora del bloque izquierdo de los cojinetes de bronce - Placa fijadora del teflón verde y la caja contenedora del bloque izquierdo de los cojinetes de bronce

SISTEMA	SUBSISTEMA
	<ul style="list-style-type: none"> - Kit de 3 tornillos y arandelas de la placa fijadora del teflón verde y la caja contenedora del bloque izquierdo de los cojinetes de bronce - Bloque soporte rectangular del bloque derecho de los cojinetes de bronce - 2 tornillos verticales ajustadores del bloque soporte rectangular del bloque derecho de los cojinetes de bronce - 2 tornillos horizontales ajustadores del bloque soporte rectangular del bloque derecho de los cojinetes de bronce - Placa de teflón blanca - Bloque cubico de teflón blanco - Placa uña - Tornillo ajustador de la placa uña - Arandela del tornillo ajustador de la placa uña - Buje soporte de la placa uña - Flauta lubricante de la placa uña - Caja oculta de los rodillos peladores de cutícula - 2 rodamientos de la caja oculta de los rodillos peladores de cutícula - 2 ejes de los rodamientos de la caja oculta de los rodillos peladores de cutícula - 2 piñones de la caja oculta de los rodillos peladores de cutícula - 2 cuñas de los piñones de la caja oculta de los rodillos peladores de cutícula - 2 prisioneros de los piñones de la caja oculta de los rodillos peladores de cutícula
Sistema de eyección	<ul style="list-style-type: none"> - Engranaje helicoidal eyector en teflón - Eje del engranaje helicoidal eyector en teflón - Tornillo sujetador y arandela del eje del engranaje helicoidal eyector en teflón - Rodamiento del eje del engranaje helicoidal eyector en teflón - Placa trasera del engranaje helicoidal eyector en teflón
Sistema motriz	<ul style="list-style-type: none"> - Origen de potencia

SISTEMA	SUBSISTEMA
	<ul style="list-style-type: none"> - Transmisión de potencia al sistema de eyección - Transmisión de potencia al estampador - Transmisión de potencia al sistema de transporte de mollejas - Transmisión de potencia a los rodillos peladores de cutícula

4.3 FASE 2: DETERMINACIÓN DE MODOS DE FALLA Y EFECTOS

Esta fase es desarrollada en la pestaña denominada CAUSA-EFECTO dentro de la plantilla la cual llama automáticamente las particiones más detalladas correspondientes a los elementos que componen los subsistemas del equipo, observados en la columna “Nombre de Descripción”, para cada partición se realizó el análisis de los modos de falla razonablemente posibles los cuales fueron diligenciados en la columna “Descripción de Falla”, por ejemplo, para los elementos que componen el subsistema “SISTEMA DE TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE PROVENTRÍCULO SUCCENTURIADO” los modos de falla seleccionados están expuestos en la siguiente tabla.

Tabla 14. Modos de Falla Sistema de Transporte y Eliminación de Proventrículo Succenturiado.

MODOS DE FALLA ELEMENTOS SUBSISTEMA “SISTEMA DE TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE PROVENTRÍCULO SUCCENTURIADO”	
Ejes de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación: alineación, montaje o nivelación inadecuada • Desgaste: por vida útil, fatiga del material • Alta vibración: por rodamientos en mal estado, desequilibrio, pandeo del eje y vibraciones externas transmitidas • Atascamiento: limitación funcional

MODOS DE FALLA ELEMENTOS SUBSISTEMA “SISTEMA DE TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE PROVENTRÍCULO SUCCENTURIADO”	
Rodillos helicoidales peladores proventrículo	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste: por vida útil, fatiga del material • Atascamiento: limitación funcional • Alta vibración: por rodamientos en mal estado, desequilibrio, pandeo del eje y vibraciones externas transmitidas • Instalación: alineación, montaje o nivelación inadecuada
Rodamientos salida ejes de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste: vida útil, fatiga de material. • Ruptura: por esfuerzos excesivos en el cuerpo del rodamiento • Atascamiento: limitación funcional • Ruptura pista exterior: atascamiento o falla progresiva • Picking (indentacion): cráteres o hendiduras sobre las superficies de rodadura. • Ruptura pista interior: mala selección, mal procedimiento de montaje • Recalentamiento: por falta de lubricación • Deformación de balines: desalineación, falta de lubricación, ruptura de pistas • Instalación: alineación, montaje o nivelación inadecuada • Lubricación manual o automática: insuficiente u obstruida
Rodamientos entrada ejes de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste: vida útil, fatiga de material. • Ruptura: por esfuerzos excesivos en el cuerpo del rodamiento • Atascamiento: limitación funcional • Ruptura pista exterior: atascamiento o falla progresiva • Picking (Indentacion): cráteres o hendiduras sobre las superficies de rodadura. • Ruptura pista interior: mala selección, mal procedimiento de montaje • Recalentamiento: por falta de lubricación • Deformación de balines: desalineación, falta de lubricación, ruptura de pistas • Instalación: alineación, montaje o nivelación inadecuada • Lubricación manual o automática: insuficiente u obstruida
Tornillos rodamientos salida ejes transportadores	<ul style="list-style-type: none"> • Ruptura: por vida útil, fatiga del material o mal procedimiento • Perdida del filete: desgaste evidente por montaje y desmontaje • Cabeza deformada: desgaste evidente por montaje
Arandelas rodamientos salida ejes de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Deformación: se ovala por montaje y desmontaje (torque excesivo)

MODOS DE FALLA ELEMENTOS SUBSISTEMA “SISTEMA DE TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE PROVENTRÍCULO SUCCENTURIADO”	
Soporte caja contenedora rodamientos salida ejes de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Torcedura: por esfuerzos excesivos, golpes externos y desajuste de tornillos
Caja contenedora rodamientos salida ejes de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Torcedura: por esfuerzos excesivos, golpes externos y desajuste de tornillos
Guía superior ejes de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene modos de falla razonablemente probables
Arepa	<ul style="list-style-type: none"> • Deformación: se ovala, por montaje y desmontaje
Piñón arepa	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste: por vida útil, por corrosión, por adhesión, por abrasión • Fatiga superficial: por tensiones de contacto cíclicas que generan fisuras • Deformación: en la superficie metálica del diente producto de sobrecargas (impactos) • Rotura de dientes: por sobrecargas, fatiga de material, atascamiento o desgaste excesivo
Cuña piñón arepa	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene modos de falla razonablemente probables
Arandela tornillo piñón arepa	<ul style="list-style-type: none"> • Deformación: se ovala por montaje y desmontaje (torque excesivo)
Tornillo piñón arepa	<ul style="list-style-type: none"> • Ruptura: por vida útil, fatiga del material o mal procedimiento • perdida del filete: desgaste evidente por montaje y desmontaje • Cabeza deformada: desgaste evidente por montaje
Tornillo eje de transporte conducido	<ul style="list-style-type: none"> • Ruptura: por vida útil, fatiga del material o mal procedimiento • Perdida del filete: desgaste evidente por montaje y desmontaje • Cabeza deformada: desgaste evidente por montaje
Arandela tornillo eje de transporte conducido	<ul style="list-style-type: none"> • Deformación: se ovala por montaje y desmontaje (torque excesivo)
Kit de cuatro tornillos sujetadores arepa	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene modos de falla razonablemente probables

MODOS DE FALLA ELEMENTOS SUBSISTEMA “SISTEMA DE TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE PROVENTRÍCULO SUCCENTURIADO”	
Cadena transmisión potencia arepa	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene modos de falla razonablemente probables
Eslabón enlace cadena transmisión potencia arepa	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene modos de falla razonablemente probables
Chaveta seguridad eslabón enlace cadena transmisión potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Ruptura chaveta: suele suceder solo en los procedimientos de montaje y desmontaje o en caso extremo de atascamiento. • Atascada por corrosión: si se presenta en ambientes altamente corrosivos, por detergentes y humedad. • Deformación de chaveta: por atascamiento o proceso incorrecto al montaje y desmontaje o fatiga del material
Piñón tensor cadena transmisión potencia arepa	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste: por vida útil, por corrosión, por adhesión, por abrasión • Fatiga superficial: por tensiones de contacto cíclicas que generan fisuras • Deformación: en la superficie metálica del diente producto de sobrecargas (impactos) • Rotura de dientes: por sobrecargas, fatiga de material, atascamiento o desgaste excesivo
Tensor cadena transmisión potencia arepa	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene modos de falla razonablemente probables
Tornillo piñón tensor cadena transmisión potencia arepa	<ul style="list-style-type: none"> • Ruptura: por vida útil, fatiga del material o mal procedimiento • Perdida del filete: desgaste evidente por montaje y desmontaje • Cabeza deformada: desgaste evidente por montaje
Arandela tornillo eje piñón tensor cadena transmisión potencia arepa	<ul style="list-style-type: none"> • Deformación: se ovala por montaje y desmontaje (torque excesivo)
Piñón grande cadena transmisión de potencia ejes transportadores	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste: por vida útil, por corrosión, por adhesión, por abrasión • Fatiga superficial: por tensiones de contacto cíclicas que generan fisuras • Deformación: en la superficie metálica del diente producto de sobrecargas (impactos)

MODOS DE FALLA ELEMENTOS SUBSISTEMA “SISTEMA DE TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE PROVENTRÍCULO SUCCENTURIADO”	
	<ul style="list-style-type: none"> • Rotura de dientes: por sobrecargas, fatiga de material, atascamiento o desgaste excesivo
Cuña piñón grande cadena transmisión de potencia ejes transportadores	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene modos de falla razonablemente probables
chumacera cabina del sistema de transmisión de potencia del sistema de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste: vida útil, fatiga de material. • Ruptura: por esfuerzos excesivos en el cuerpo del rodamiento • Atascamiento: limitación funcional • Ruptura pista exterior: atascamiento o falla progresiva • Picking (indentación): cráteres o hendiduras sobre las superficies de rodadura. • Ruptura pista interior: mala selección, mal procedimiento de montaje • Recalentamiento: por falta de lubricación • Deformación de balines: desalineación, falta de lubricación, ruptura de pistas • Instalación: alineación, montaje o nivelación inadecuada • Lubricación manual o automática: insuficiente u obstruida
Eje de la cabina del sistema de transmisión de potencia del sistema de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación: alineación, montaje o nivelación inadecuada • Desgaste: por vida útil, fatiga del material • Alta vibración: por rodamientos en mal estado, desequilibrio, pandeo del eje y vibraciones externas transmitidas • Atascamiento: limitación funcional

MODOS DE FALLA ELEMENTOS SUBSISTEMA “SISTEMA DE TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE PROVENTRÍCULO SUCCENTURIADO”	
Chumacera trasera del sistema de transmisión de potencia del sistema de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste: vida útil, fatiga de material. • Ruptura: por esfuerzos excesivos en el cuerpo del rodamiento • Atascamiento: limitación funcional • Ruptura pista exterior: atascamiento o falla progresiva • Picking (indentación): cráteres o hendiduras sobre las superficies de rodadura. • Ruptura pista interior: mala selección, mal procedimiento de montaje • Recalentamiento: por falta de lubricación • Deformación de balines: desalineación, falta de lubricación, ruptura de pistas • Instalación: alineación, montaje o nivelación inadecuada • Lubricación manual o automática: insuficiente u obstruida
Cuñas de acople rígido de manguito	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene modos de falla razonablemente probables
Acople rígido de manguito con doble prisionero	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene modos de falla razonablemente probables
Eje trasero del sistema de transmisión de potencia del sistema de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación: alineación, montaje o nivelación inadecuada • Desgaste: por vida útil, fatiga del material • Alta vibración: por rodamientos en mal estado, desequilibrio, pandeo del eje y vibraciones externas transmitidas • Atascamiento: limitación funcional
Piñón de recepción de potencia del eje trasero del sistema de transmisión de potencia del sistema de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste: por vida útil, por corrosión, por adhesión, por abrasión • Fatiga superficial: por tensiones de contacto cíclicas que generan fisuras • Deformación: en la superficie metálica del diente producto de sobrecargas (impactos) • Rotura de dientes: por sobrecargas, fatiga de material, atascamiento o desgaste excesivo
Cuña del piñón de recepción de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene modos de falla razonablemente probables

MODOS DE FALLA ELEMENTOS SUBSISTEMA "SISTEMA DE TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE PROVENTRÍCULO SUCCENTURIADO"	
del eje trasero del sistema de transmisión de potencia del sistema de transporte	
Prisionero del piñón de recepción de potencia del eje trasero del sistema de transmisión de potencia del sistema de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Ruptura: por vida útil, fatiga del material, o mal procedimiento • Perdida del filete de rosca: desgaste evidente por montaje y desmontaje • deformación cuadrante hexagonal: por montaje y desmontaje (con llave Bristol)

A medida que se analizan los modos de falla se debe ir diligenciando en las columnas "Causa" y "Efecto" si la descripción de falla planteada corresponde a una causa de falla o a un efecto de falla, por ejemplo, para los modos de falla del elemento "Ejes de Transporte" el análisis de causas y efectos fue el siguiente:

Tabla 15. Análisis de Causa y Efecto Modos de Falla.

DESCRIPCIÓN DE FALLA	CAUSA	EFECTO
Instalación: alineación, montaje o nivelación inadecuada	X	
Desgaste: por vida útil, fatiga del material		X
Alta vibración: por rodamientos en mal estado, desequilibrio, pandeo del eje y vibraciones externas transmitidas		X
Atascamiento: limitación funcional		X

4.4 FASE 3: ESTUDIO DE CONSECUENCIAS DE CADA MODO DE FALLA

Una vez definidos los modos de falla junto con las respectivas causas y efectos, es el momento de diligenciar la criticidad en las consecuencias para descripción de falla, para esta metodología se establecieron tres niveles de criticidad (Baja, Media y Alta) y su definición dependerá de la cuantificación de sus consecuencias y aplicación de la matriz de riesgo expuesta en el apartado 3.1.4, por ejemplo el estudio de las consecuencias para las descripciones de falla del elemento “Ejes de Transporte” dio como resultado lo siguiente.

Tabla 16. Estudio de Consecuencias para Causas y Efectos.

DESCRIPCIÓN DE FALLA	CAUSA	EFEECTO	PROBABILIDAD DE CONSECUENCIA
Instalación: alineación, montaje o nivelación inadecuada	X		MEDIA
Desgaste: por vida útil, fatiga del material		X	MEDIA
Alta vibración: por rodamientos en mal estado, desequilibrio, pandeo del eje y vibraciones externas transmitidas		X	BAJA
Atascamiento: limitación funcional		X	BAJA

A medida que se diligencian las criticidades de las consecuencias en la columna “Probabilidad de Consecuencia” en la columna “MSG III” de la plantilla aparecerá si es aplicable o no definir una tarea aplicando el árbol lógico de decisión MSGIII, esta

definición se obtiene a través de una fórmula que evalúa si el modo de falla es una causa o si es un efecto con consecuencias de criticidad media o alta.

4.5 FASE 4: AGRUPACIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Esta fase es desarrollada en la pestaña “Lista de tareas MSG III” de la plantilla, basándose en la selección realizada para aplicabilidad del “MSG III” de la pestaña anterior, el siguiente paso consiste en llevar las descripciones de falla seleccionadas a esta pestaña diligenciando las columnas “Num Tarea”, “Item No”, “Equipo, Ensamble o Componente” y “Modo de Falla” y posteriormente aplicando el árbol lógico de decisión se definen las tareas adecuadas para cada ítem, definiendo el tipo de efecto y tarea obtenida después del análisis, agregando una descripción detallada de la tarea aplicable para cada caso y los repuestos requeridos con su respectivo código SAP de inventario, frecuencia de la tarea, responsable en la columna “Oficio” y el estado requerido en la máquina para la aplicación de la tarea. A continuación, en la Tabla 17 se ilustran el conjunto de tareas establecidas para los modos de falla de la maquina procesadora de mollejas.

Tabla 17. Tareas Asignadas para Maquina Procesadora de Mollejas.

COMPONENTE	MODO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA
EJES DE TRANSPORTE	INSTALACIÓN: ALINEACIÓN, MONTAJE O NIVELACIÓN INADECUADA	SE DEBE MONITOREAR EL AJUSTE, ALINEACION DE LOS EJES DE TRANSPORTE DE FORMA VISUAL, Y REALIZAR LAS CORRECCIONES PERTINENTES, FRECUENCIA: 4 HORAS, DURACIÓN: 15 MIN, ESTADO DE LA MAQUINA: C, No DE PERSONAS: 1.
EJES DE TRANSPORTE	DESGASTE: POR VIDA ÚTIL, FÁTIGA DEL MATERIAL	SE DEBE REALIZAR CAMBIO DE LOS EJES CADA MES PARA DISMINUIR EL DESGASTE EXCESIVO, ASEGURAR LA CORRECTA INSTALACION Y AJUSTE FRECUENCIA: 1 MES, DURACIÓN: 60 MIN, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 1.

COMPONENTE	MODO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA
RODILLOS HELICOIDALES PELADORES PROVENTRICULO	ATASCAMIENTO: LIMITACIÓN FUNCIONAL	SE DEBE REALIZAR LIMPIEZA DE LA ACUMULACION DE LOS RESIDUOS ORGANICOS EN LOS RODILLOS CADA HORA FRECUENCIA: 1 HORA, DURACIÓN: 2 MIN, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 1.
RODAMIENTOS SALIDA EJES DE TRANSPORTE	DESGASTE: VIDA ÚTIL, FATIGA DE MATERIAL.	SE DEBE REALIZAR CAMBIO DE LOS RODAMIENTOS SEMANALMENTE, ASEGURAR LA CORRECTA INSTALACION Y AJUSTE FRECUENCIA: 1 SEMANA, DURACIÓN: 60MIN, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 1.
RODAMIENTOS SALIDA EJES DE TRANSPORTE	LUBRICACION MANUAL O AUTOMATICA: INSUFICIENTE U OBSTRUIDA	REALIZAR INSPECCION DE LOS PUNTOS DE LUBRICACION DE LOS RODAMIENTOS, ELIMINAR OBSTRUCCIONES POR CONTAMINACION CON MATERIAL ORGANICO RESIDUAL DEL PROCESO DE PRODUCCION FRECUENCIA: 1 HORA, DURACIÓN: 2 MIN, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 1.
RODAMIENTOS ENTRADA EJES DE TRANSPORTE	DESGASTE: VIDA ÚTIL, FATIGA DE MATERIAL.	SE DEBE REALIZAR CAMBIO DE LOS RODAMIENTOS SEMANALMENTE, ASEGURAR LA CORRECTA INSTALACION Y AJUSTE FRECUENCIA: 1 SEMANA, DURACIÓN: 120 MIN, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 1.
CHAVETA SEGURIDAD ESLABÓN ENLACE CADENA TRANSMISION POTENCIA	RUPTURA CHAVETA: SUELE SUCEDER SOLO EN LOS PROCEDIMIENTOS DE MONTAJE Y DESMONTAJE O EN CASO EXTREMO DE ATASCAMIENTO.	REALIZAR INSPECCION DE TODAS LAS CHAVETA DE SEGURIDAD DE LAS 6 CADENAS QUE COMPONEN LOS SISTEMAS TRANSMISION DE POTECHIA, AJUSTAR SI ES NECESARIO CADA 24 HORAS DURANTE LAS PARADAS DE ASEO DE LA MAQUINA FRECUENCIA: 24 HORAS, DURACIÓN: 15, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 1.
CHUMACERA TRASERA DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	DESGASTE: VIDA ÚTIL, FATIGA DE MATERIAL.	SE DEBE REALIZAR CAMBIO DE CHUMACERA CADA 6 MESES EVALUANDO DESGASTE O DEFORMACION PROGRESIVA, ASEGURAR LA CORRECTA INSTALACION Y AJUSTE FRECUENCIA: 6 MESES, DURACIÓN: 240 MIN, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 1.
CHUMACERA TRASERA DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	LUBRICACIÓN MANUAL O AUTOMÁTICA: INSUFICIENTE U OBSTRUIDA	REALIZAR INSPECCION DE LOS PUNTOS DE LUBRICACION DE LA CHUMACERA, ELIMINAR OBSTRUCCIONES POR CONTAMINACION CON MATERIAL ORGANICO RESIDUAL DEL PROCESO DE PRODUCCION FRECUENCIA: 24 HORAS, DURACIÓN: 15 MIN, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 1.

COMPONENTE	MODO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA
2 BUJES DE BRONCE DEL ESTAMPADOR	DESGASTE: POR ESTAR EN CONTACTO CON ELEMENTOS RODANTES	SE DEBE REALIZAR CAMBIO DE LOS BUJES DE BRONCE CADA 3 MESES, ASEGURAR LA CORRECTA INSTALACION Y AJUSTE FRECUENCIA: 3, DURACIÓN: 60 MIN, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 1.
KIT DE 4 RODILLOS PELADORES DE CUTICULA	DESGASTE: POR VIDA ÚTIL, FATIGA DEL MATERIAL	SE DEBE REALIZAR CAMBIO DEL KIT DE RODILLOS CADA MES, ASEGURAR LA CORRECTA INSTALACION Y AJUSTE FRECUENCIA: 1 MES, DURACIÓN: 60 MIN, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 1.
KIT DE 8 COJINETES DE BRONCE DE LOS RODILLOS PELADORES	DESGASTE: POR ESTAR EN CONTACTO CON ELEMENTOS RODANTES	SE DEBE REALIZAR CAMBIO DEL KIT DE COJINETES DE BRONCE CADA MES, ASEGURAR LA CORRECTA INSTALACION Y AJUSTE FRECUENCIA: 1 MES, DURACIÓN: 60 MIN, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 1.
2 RODAMIENTOS DE LA CAJA OCULTA DE LOS RODILLOS PELADORES DE CUTICULA	DESGASTE: VIDA ÚTIL, FATIGA DE MATERIAL. RUPTURA: POR ESFUERZOS EXCESIVOS EN EL CUERPO DEL RODAMIENTO	REALIZAR INSPECCION DE LOS RODAMIENTOS CADA 24 HORAS DURANTE LAS PARADAS DE ASEO DE LA MAQUINA, PARA REVISAR ESTADO Y DEFINIR CAMBIO SEGÚN CONDICION FRECUENCIA: 24 HORAS, DURACIÓN: 15 MIN, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 1.
ENGRANAJE HELICOIDAL EYECTOR EN TEFLÓN	DESGASTE: POR ESTAR EN CONTACTO CON ELEMENTOS RODANTES	SE DEBE REALIZAR CAMBIO DEL ENGRANAJE HELICOIDAL DE TEFLON CADA 24 HORAS EDURANTE LAS PARADAS DE ASEO DE LA MAQUINA, PARA REVISAR ESTADO Y DEFINIR CAMBIO SEGÚN CONDICION FRECUENCIA: 24 HORAS, DURACIÓN: 15 MIN, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 1.
RODAMIENTO DE LA CAJA REDUCTORA	DESGASTE: VIDA ÚTIL, FATIGA DE MATERIAL.	SE DEBE REALIZAR CAMBIO DEL RODAMIENTO DE LA CAJA REDUCTORA CADA 6 MESES, ASEGURAR LA CORRECTA INSTALACION Y AJUSTE FRECUENCIA: 6 MESES, DURACIÓN: 240, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 2.
RODAMIENTO DEL EJE DE ENTRADA DE POTENCIA DE LA CAJA REDUCTORA TRIPLE EJE	DESGASTE: VIDA ÚTIL, FATIGA DE MATERIAL.	SE DEBE REALIZAR CAMBIO DEL RODAMIENTO DE LA CAJA REDUCTORA CADA 6 MESES, ASEGURAR LA CORRECTA INSTALACION Y AJUSTE FRECUENCIA: 6 MESES, DURACIÓN: 240, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 2.
RODAMIENTO DEL EJE DE SALIDA DE	DESGASTE: VIDA ÚTIL, FATIGA DE MATERIAL.	SE DEBE REALIZAR CAMBIO DEL RODAMIENTO DE LA CAJA REDUCTORA CADA 6 MESES, ASEGURAR LA

COMPONENTE	MODO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA
POTENCIA HACIA EL SISTEMA DE EYECCIÓN		CORRECTA INSTALACION Y AJUSTE FRECUENCIA: 6 MESES, DURACIÓN: 240, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 2.
RODAMIENTO DEL EJE DE SALIDA DE POTENCIA HACIA LOS RODILLOS PELADORES DE CUTICULA	DESGASTE: VIDA ÚTIL, FATIGA DE MATERIAL.	SE DEBE REALIZAR CAMBIO DEL RODAMIENTO DE LA CAJA REDUCTORA CADA 6 MESES, ASEGURAR LA CORRECTA INSTALACION Y AJUSTE FRECUENCIA: 6 MESES, DURACIÓN: 240, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 2.
CHUMACERA DEL EJE DEL RODAMIENTO DEL EJE DE SALIDA DE POTENCIA HACIA LOS RODILLOS PELADORES DE CUTICULA	DESGASTE: VIDA ÚTIL, FATIGA DE MATERIAL.	SE DEBE REALIZAR CAMBIO DE CHUMACERA CADA 6 MESES EVALUANDO DESGASTE O DEFORMACION PROGRESIVA, ASEGURAR LA CORRECTA INSTALACION Y AJUSTE FRECUENCIA: 6 MESES, DURACIÓN: 240, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 1.
2 CHUMACERAS DEL SISTEMA DE RECEPCION DE POTENCIA DEL SISTEMA DE EYECCIÓN	DESGASTE: VIDA ÚTIL, FATIGA DE MATERIAL.	SE DEBE REALIZAR CAMBIO DE CHUMACERA CADA 6 MESES EVALUANDO DESGASTE O DEFORMACION PROGRESIVA, ASEGURAR LA CORRECTA INSTALACION Y AJUSTE FRECUENCIA: 6 MESES, DURACIÓN: 240, ESTADO DE LA MAQUINA: P, No DE PERSONAS: 1.

5. CONCLUSIONES

Se realizó la división funcional de los componentes que componen la máquina de procesadora de mollejas describiendo 8 subsistemas, 163 componentes (nivel 4 de partición) y 100 elementos (nivel 5 de partición) partiendo de la información suministrada en los manuales de operación y mantenimiento del equipo, a través de las tareas de desensamble y reparación de la maquina se realizó una revisión detallada de sus componentes internos.

Se estableció un equipo interdisciplinario con personal de operaciones y mantenimiento para realizar un análisis de los modos de falla para cada uno de los componentes y elementos descritos en la división funcional, este análisis se realizó de acuerdo a la recomendado con la estrategia MSG3 el cual define que los modos de falla deben ser razonablemente probables en función de la experiencia obtenida por el personal que ha tenido contacto con la máquina, de este modo se ahorró una cantidad significativa de tiempo para la implementación de la metodología tanto en este paso como en los subsiguientes al permitir enfocar de una forma efectiva los recursos.

Se realizó el análisis de causa y efecto para todos los modos de falla establecidos por el grupo interdisciplinario, lo cual permitió determinar cuáles eran causas reales de las fallas ocurridas en la máquina, al igual que los efectos de falla, seguido de una cuantificación de las consecuencias potenciales de las fallas según su probabilidad de ocurrencia y el tipo de impacto, está clasificación fue de gran ayuda para poder identificar los modos de falla claves que deben ser eliminados o mitigados con una tarea de mantenimiento, empezando por aquellos identificados como causas de falla.

Se utilizó la plantilla de Excel utilizada como estándar de Avidesa MacPollo para diligenciar el proceso de forma clara y organizada con la información obtenida en las fases de esta metodología, de igual modo se usó para establecer el cronograma de tareas recomendadas para la maquina procesadora de mollejas, estas tareas son un resultado optimizado gracias a la aplicación del árbol lógico de decisión de la metodología RCM-MSG3 cuya ejecución busca enfocar los recursos de la empresa en tareas efectivas.

Dentro de los modos de falla identificados para la asignación de tareas el 100% corresponden a efectos tipo EPE (Efecto evidente en la producción) para los cuales se establecieron 20 tareas de mantenimiento, 13 de tipo RE (restauración), 6 de tipo O/I (inspección operativa), y 1 de tipo L/C (lubricación limpieza), adicionalmente este trabajo permitió identificar 9 modos de falla fueron como brechas que requieren de un manejo gerencial ante la incapacidad de asignar una tarea efectiva, es el caso de las limitaciones tecnológicas y fallas ocurridas por un procedimiento inadecuado de operación.

Finalmente se demostró que la aplicación de la metodología RCM-MSG3 es una estrategia adecuada para los planes de mantenimiento de los equipos de la planta beneficio Avidesa Macpollo al ser un método confiable y relativamente sencillo de aplicar comparado con otros tipos de RCM y planes de gestión de mantenimiento, que al involucrar en gran medida al personal del área operativa del equipo permite describir modos de falla y sus consecuencias de forma sumamente eficaz y aplicar tareas efectivas a través del árbol lógico de decisión.

El plan de mantenimiento realizado aplica para ambas maquinas procesadoras de mollejas ya que son equipos gemelos (capacidad, marca, modelo) que trabajan bajo las mismas condiciones de producción exactamente.

6. RECOMENDACIONES

Uno de los modos de falla con mayor impacto en la maquina es el atascamiento por material orgánico particulado de los rodillos helicoidales peladores de proventrículo, lo cual requiere que la maquina debe ser parada cada cierto tiempo para realizar una limpieza de estos residuos, razón por lo cual es recomendable realizar una mejora tecnológica que contemple esta limpieza de forma continua, un ejemplo podría hacer el uso de aplicación de agua a presión.

Dentro de las brechas identificadas el caso de las fallas de los motores eléctricos cuyos bobinados se queman debido a la humedad, es recomendable realizar una mejora tecnológica cambio el tipo de motor por uno con aislamiento más adecuado para este tipo de ambientes.

BIBLIOGRAFÍA

AVIDESA MACPOLLO S.A. Presentación RCM/PMSAP AVIDESA. Floridablanca: La Compañía, 2012. 98 p.

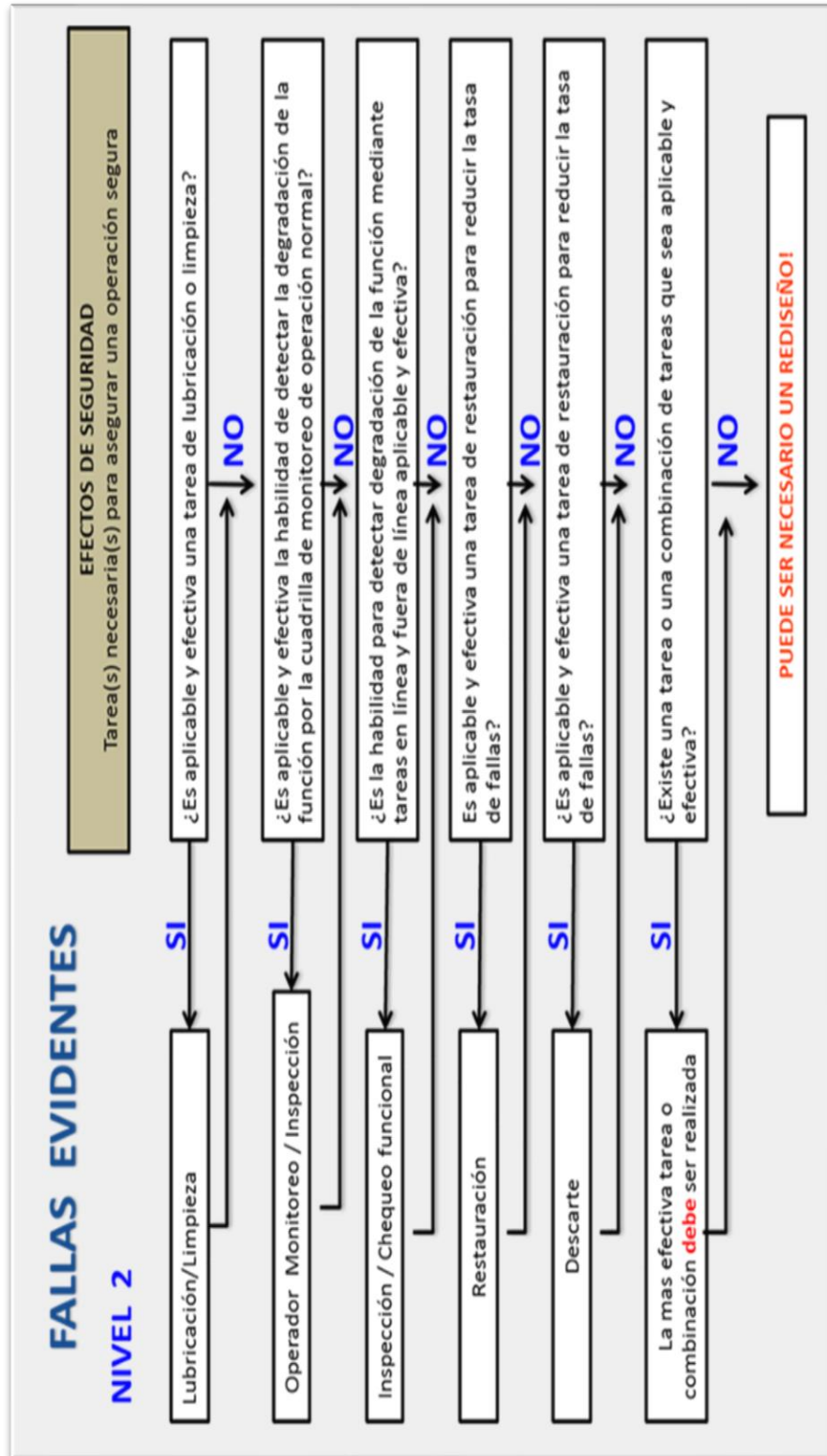
FUENTES PALOMINO, David; RINCÓN RAMIREZ, Oscar y SERRANO RIOS, Sergio. Implementación de la estrategia rcm-msg3 en el modulo pmsap, para las plantas de AVIDESA MAC POLLO S.A. [En línea]. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2012. 330 p. [Consultado el: 12 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2012/143283.pdf>

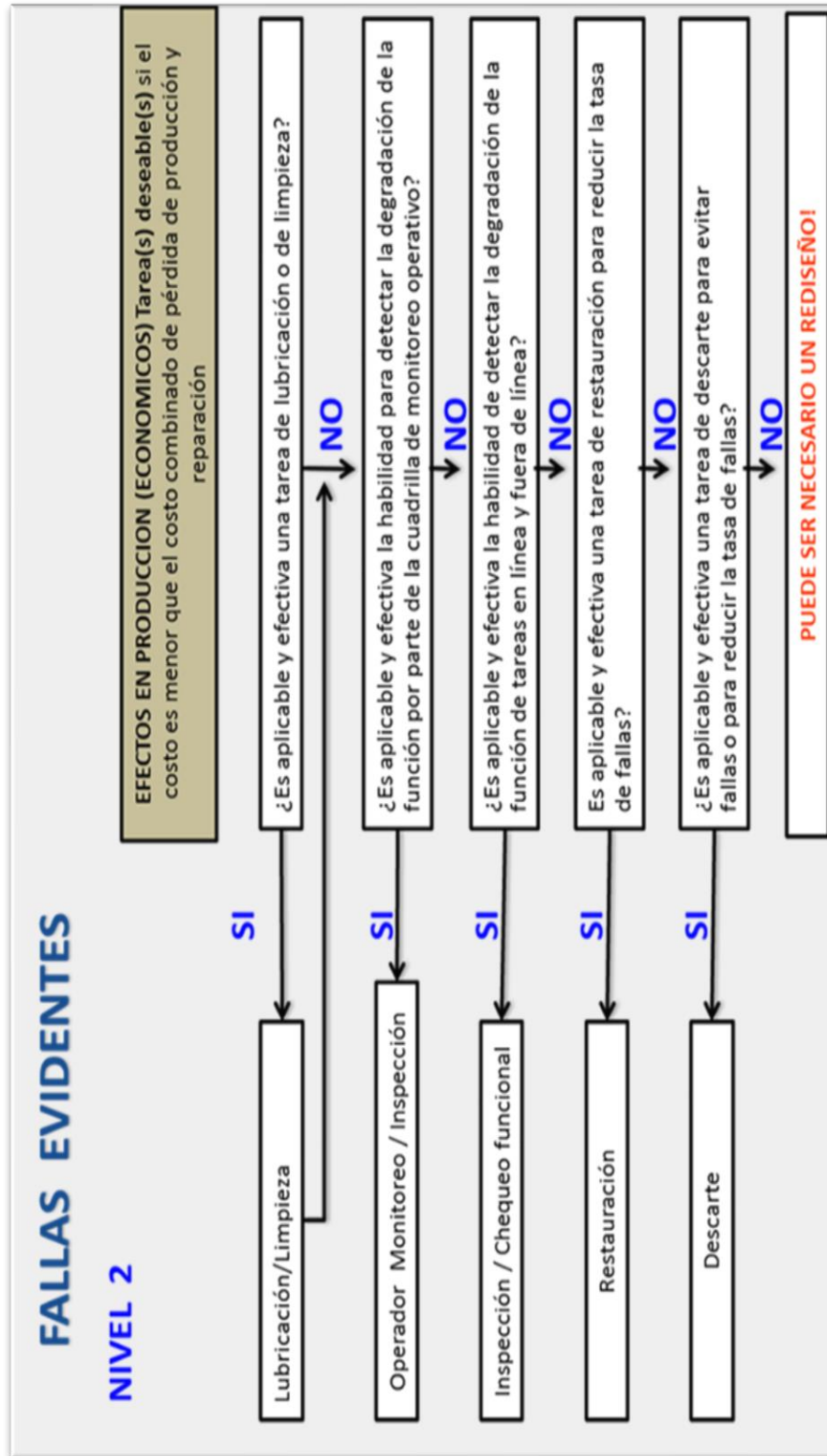
MEYN FOOD PROCESSING TECHNOLOGY B.V. La procesadora de mollejas CD6000, manual del usuario y mantenimiento. Versión 1 en español. Oostzaan, Países Bajos: La Compañía, 2002. 103 p.

MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición en español. Leicester: Aladon Ltd, 2004. 446 pp. ISBN 09539603-2-3.

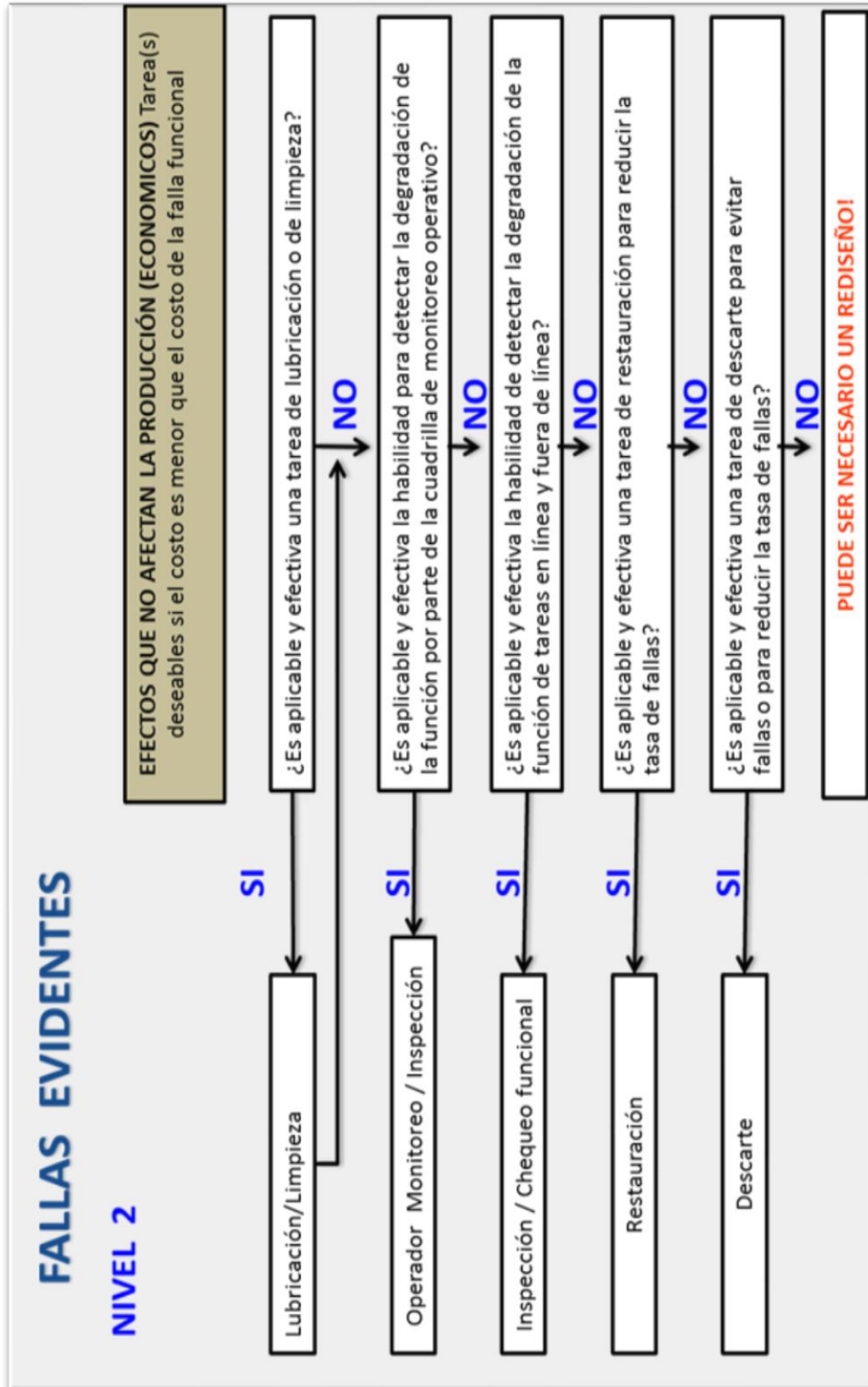
ORTIZ PLATA, Daniel. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad MCC: Guía Práctica. Medellín: El Autor, 2017. 33 p.

Anexo B. Lógica de decisión fallas evidentes - Efectos de Seguridad.

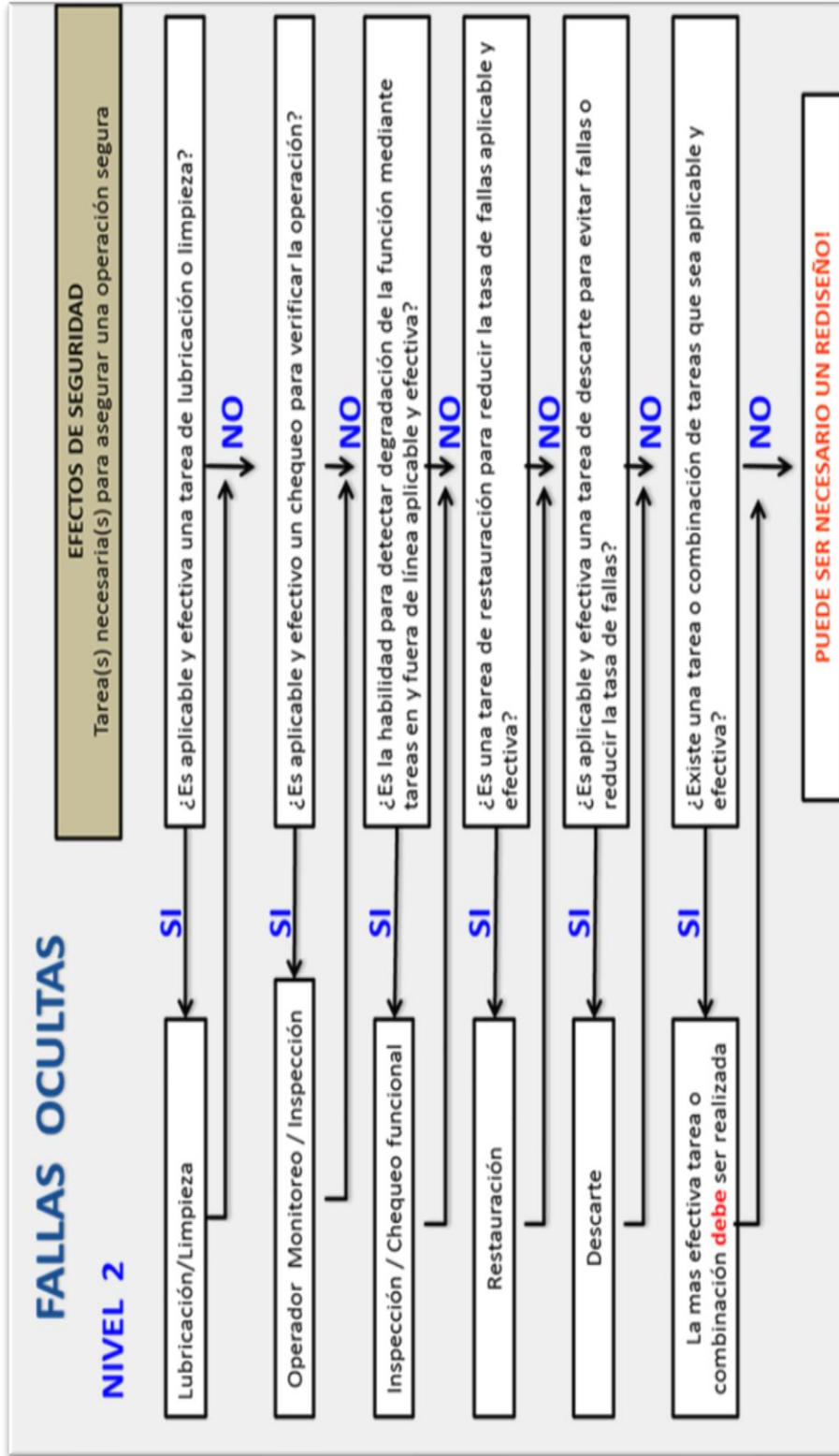




Anexo D. Lógica de decisión fallas evidentes - Efectos que No Afectan la Producción.



Anexo E. Lógica de decisión fallas ocultas - Efectos de Seguridad.



Anexo F. Lógica de decisión fallas ocultas - Efectos No Relacionados con Seguridad.

