

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM EN LA EMPRESA DE  
PRODUCCIÓN AVÍCOLA MACRO HUEVO S.A.S**

**JUAN CARLOS ZUBIETA RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECANICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2015**

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM EN LA EMPRESA DE  
PRODUCCIÓN AVÍCOLA MACRO HUEVO S.A.S**

**JUAN CARLOS ZUBIETA RODRIGUEZ**

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

**Director: ANA MILENA ACEVEDO LÓPEZ  
Ingeniera de Sistemas**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECANICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

Finalizada la especialización en gerencia de mantenimiento culmina una etapa más en mi proceso de formación personal y profesional, sé que vienen nuevos retos por delante que seguirán fomentado en mí el proceso de análisis y profundización profesional ya que en un ambiente tan competitivo, sólo los conocimientos avanzados permiten crecer y sobrevivir con éxito.

Para alcanzar este nuevo objetivo fue necesario incurrir en un compromiso que con dedicación y esfuerzo hoy entrega sus frutos, por esto agradezco en primer lugar a mi esposa por el apoyo y el soporte incondicional durante todo el proceso de formación. A mi madre quien se enorgullece cada vez que sus hijos cumplen sus sueños. Y de manera especial agradezco a la empresa Macro Huevo S.A.S, institución en la cual he realizado este proceso de investigación compartiendo conocimientos, experiencias laborales y de vida.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION .....	15
1. MACRO HUEVO SAS .....	16
1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES .....	16
1.1.1 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA.....	17
1.1.2 PROCESO DIARIO DE PRODUCCIÓN.....	18
1.2 FORMULACIÓN PROBLEMA .....	20
1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA .....	20
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	20
1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
1.5 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....	21
1.6 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA .....	22
1.7 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....	22
2 MARCO TEORICO.....	24
2.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	24
2.1.1 Objetivos del Mantenimiento Preventivo.....	25
2.1.2 Jerarquización en Mantenimiento Industrial.....	25
2.1.3 Sistemas de Información en Mantenimiento.....	26
2.1.4 Estrategia de Mantenimiento.....	27
2.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	27
2.2.1 Objetivo del Análisis de Criticidad.....	28
2.3 RCM O RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE .....	28
3 RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	30
3.1 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS .....	30
3.1.1 Batería o Sistema Automatizado de Producción.....	30
3.1.2 Sistema de Alimentación.....	32
3.1.3 Recolección de Huevos.....	32
3.1.4 Recolección de gallinaza.....	33
3.1.5 Iluminación.....	34

3.1.6	Requerimientos para la crianza avícola. ....	34
3.1.7	Análisis dispositivos de las baterías de producción. ....	35
3.2	SELECCIÓN SUBSISTEMA RELEVANTE DEL PROCESO.....	40
3.2.1	Análisis de criticidad sistemas y subsistemas.....	41
3.3.2	Selección equipo para aplicar la metodología RCM .....	48
3.3.3	Contexto operacional del motor. ....	49
3.3.4	Análisis de criticidad del motor.....	51
3.3.5	Análisis de confiabilidad y disponibilidad motor .....	53
4	PROPUESTA .....	55
4.1	DESARROLLO TÁCTICA RCM MOTOR ELECTRICO.....	55
4.1.1	Proceso RCM.....	55
4.1.2	Análisis funcional motor eléctrico trifásico BALDOR.....	56
4.2	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS RCM.....	72
4.3	PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO AL MOTOR .....	75
4.3.1	Mantenimiento mecánico .....	75
4.3.2	Mantenimiento eléctrico .....	77
5	ESTRATEGIA METODOLÓGICA .....	81
6	CONCLUSIONES.....	83
	BIBLIOGRAFÍA.....	85
	ANEXOS.....	86

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. INSTALACIONES MACRO HUEVO S.A.S .....	16
FIGURA 2. ESTRUCTURA MODUCELDAS MACRO HUEVO S.A.S .....	17
FIGURA 3. ORGANIGRAMA MACRO HUEVO S.A.S .....	18
FIGURA 4. MODELO DE JAULA VERTICAL.....	31
FIGURA 5. MODELO AVIARIO EMPRESA MACRO HUEVO SAS .....	31
FIGURA 6. MODELO SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	32
FIGURA 7. MODELO RECOLECCIÓN DE HUEVOS .....	33
FIGURA 8. MODELO RECOLECCIÓN DE GALLINAZA.....	34
FIGURA 9. MODELO DE TOLVA.....	35
FIGURA 10. MODELO DUCTOS DE DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTO .....	36
FIGURA 11. MODELO BANDAS TRANSPORTADORAS.....	37
FIGURA 12. MOTOR ELECTRICO .....	38
FIGURA 13. MODELO BANDAS TRANSPORTADORAS DE HUEVOS.....	38
FIGURA 14. MODELO BANDAS TRANSPORTADORAS DE ESTIÉRCOL ...	39
FIGURA 15. MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTO.....	40
FIGURA 16. MOTOR BALDOR REFERENCIA 05WGX007-R001.....	57
FIGURA 17. DIAGRAMA FUNCIONAL PROCESO DE ALIMENTACIÓN.....	59
FIGURA 18. DIAGRAMA PARA MOTOR ELÉCTRICO CASO DE ESTUDIO	60
FIGURA 19. PROCESO DE DECISIÓN CONSECUENCIAS MODOS DE FALLAS.....	69
FIGURA 20. ÁRBOL LÓGICO DE DECISIONES DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO. ....	71

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LOS HUEVOS DE ACUERDO A LA NTC-1240..	19
TABLA 2. MÉTODOS PARA CODIFICACIÓN DE EQUIPOS.....	42
TABLA 3. CODIFICACIÓN EQUIPOS MACRO HUEVO SAS .....	42
TABLA 4. CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD.	45
TABLA 5. EVALUACIÓN DE LA CRITICIDAD MACRO HUEVO SAS.....	47
TABLA 6. ZONAS DE CRITICIDAD EQUIPOS ANALIZADOS.....	48
TABLA 7. MATRIZ DE CRITICIDAD MOTOR MH-MON-ALI-MOT-020.....	52
TABLA 8. DIAGRAMA EPS ENTRADAS, PROCESO Y SALIDAS.....	58
TABLA 9. ETAPAS DE DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO FMECA .....	61
TABLA 10. FALLAS FUNCIONALES MOTOR ELECTRICO BALDOR .....	62
TABLA 11. MODOS DE FALLO MOTOR MH-MON-ALI-MOT-020.....	63
TABLA 12. CRITERIOS DE EVALUACIÓN <i>CUALITATIVA DEL RIESGO</i> .....	64
TABLA 13. MATRIZ DE JERARQUIZACIÓN POR RIESGO .....	65
TABLA 14. JERARQUIZACIÓN <i>CUALITATIVA DEL RIESGO</i> PARA LOS MODOS DE FALLA DEL MOTOR ELECTRICO BALDOR.....	65
TABLA 15. PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO MOTOR ELECTRICO BALDOR .....	80

## ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MOTOR ELÉCTRICO BALDOR.....	86
ANEXO B. CONSECUENCIA FALLAS MOTOR ELECTRICO BALDOR .....	97
ANEXO C. HOJA DE DECISIÓN MOTOR ELECTRICO BALDOR.....	101
ANEXO D. HOJA DE INFORMACIÓN RCM MOTOR ELÉCTRICO .....	106

## RESUMEN

**TÍTULO:** APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM EN LA EMPRESA DE PRODUCCIÓN AVÍCOLA MACRO HUEVO S.A.S.\*

**AUTOR:** JUAN CARLOS ZUBIETA RODRÍGUEZ \*\*

**PALABRAS CLAVES:** Macro Huevo SAS, Granja avícola, Aviario, Automatización, RCM.

### DESCRIPCIÓN:

La finalidad de la presente Monografía tiene como objetivo valorar la oportunidad para la posible implementación de un sistema automatizado de producción diferente al sistema alternativo con Moduceldas que se tiene en la empresa Macro Huevo S.A.S, se busca fomentar e incentivar en los directivos de esta empresa la gestión integral de los activos manteniendo un enfoque para la optimización de los recursos durante el ejercicio de exploración, clasificación y jerarquización de los componentes y elementos de un aviario o sistema automatizado para la producción.

Se aplica la metodología RCM durante este proceso de investigación a uno de los equipos que componen los sistemas automatizados de producción estableciendo un plan de mantenimiento, unas recomendaciones y comentarios enfocados principalmente en los resultados para lograr un proceso de gestión de activos para la conceptualización y desarrollo encaminado a la toma de decisiones para esta empresa.

Durante este proceso de investigación se responde a las preguntas básicas del RCM, se define la función deseada para la operación y mantenimiento del equipo en estudio (Motor Electrico), se listan los estados de falla o fallas funcionales asociados a los parámetros de operación, se evalúan las posibles causas de cada uno de estos estados de falla con sus respectivos efectos de fallas y las consecuencia, adicionalmente se realiza un proceso de jerarquización de los equipos que componen los sistemas automatizados de producción realizando un análisis de criticidad para los principales elementos de un aviario.

Finalmente se consolidan los resultados de cada proceso con la contribución y el trabajo en equipo de la empresa Macro Huevo SAS, definiendo los principales planes de acción en la estrategia metodológica, aplicables por medio de la metodología RCM generando una serie de recomendaciones durante la operación y mantenimiento para fomentar una adecuada gestión de activos en la empresa Macro Huevo SAS.

---

\* Monografía de especialización

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director. Ana Milena Acevedo López, Ingeniera de Sistemas

## ABSTRAC

**TÍTULO:** APPLICATION OF THE RCM METHODOLOGY IN THE POULTRY PRODUCTION COMPANY MACRO HUEVO SAS\*

**AUTHOR:** JUAN CARLOS ZUBIETA RODRÍGUEZ \*\*

**KEYWORDS:** MACRO HUEVO SAS, Poultry farm, Aviary, Automation, RCM.

### DESCRIPCIÓN:

The purpose of this paper grade is to assess the opportunity for the possible implementation of an automated production system which is different to the alternative moduceldas system that the company Macro Huevo SAS have. It research seeks to promote and encourage in managers of this company the integral asset management maintaining a focus for optimization of resources during the exploration exercise, classification and hierarchy of components and elements of an aviary or automated system for the eggs production.

The RCM methodology is applied during this research process to one of the equipment that make up these systems to establish a maintenance plan, some recommendations and comments focused mainly on the results for a process of asset management for the conceptualization and development aimed at making decisions for the company.

During this research process responding to basic questions of RCM, the desired function for the operation and maintenance of equipment under study (Electric Motor) is defined, the states of failure or functional failures associated with operating parameters are listed, is evaluate the possible causes of each of these states with their respective fault failure effects and thus further a process of prioritization of the equipment that make automated production systems performing a criticality analysis for major elements are hits an aviary.

Finally the results of each process are consolidated with the contribution and teamwork company Macro Huevo SAS, defining the main action plans in methodological strategy applied by the RCM methodology generating a series of recommendations for the operation and maintenance to promote appropriate asset management company Macro Huevo SAS.

---

\* Monograph

\*\* School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director. Ana Milena Acevedo López, Systems Engineer

## GLOSARIO

**AVIARIO:** sistema alternativo a las jaulas para producción de huevos con sistema automatizado de alimentación, recogida de huevos y extracción de gallinaza<sup>1</sup>.

**CONFIABILIDAD:** Se puede definir como la capacidad de un producto de realizar su función de la manera prevista. De otra forma, la confiabilidad se puede definir también como la probabilidad en que un producto realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.

**FMECA:** Failure mode, effects causes and criticality analysis, Analysis de los modos, los efectos, las causas y las criticidades de las fallas.

**GESTIÓN DE ACTIVOS:** “Actividades coordinadas, sistemáticas y prácticas a través de las cuales una organización gestiona óptima y sosteniblemente sus activos y sistemas de activos, el desempeño asociado, riesgos y gastos durante su ciclo de vida con el propósito de lograr un plan estratégico organizacional”<sup>2</sup>. Otra definición más breve es “La gestión óptima del ciclo de vida de los activos físicos para lograr de manera sostenible los objetivos establecidos por el negocio”<sup>3</sup>

**GRANJA AVÍCOLA:** Una granja avícola es un establecimiento agropecuario para la cría de aves de corral tales como pollos, pavos, patos, y gansos, con el propósito de usarlos como base alimenticia sea faenándolos por su carne o recogiendo sus huevos.<sup>4</sup>

**ICA:** El Instituto Colombiano Agropecuario, Ica, tiene por objeto contribuir al desarrollo sostenido del sector agropecuario, pesquero y acuícola, mediante la

---

<sup>1</sup> Insavi. Aviario. Disponible en Internet: <http://www.insavi.com/productos/aviario/>

<sup>2</sup> INSTITUTE OF ASSET MANAGEMENT. Gestión de activos. Parte 1: Especificaciones para la gestión optimizada de activos físicos, PAS 55-1: 2008. [trad.] The Woodhouse partnership limited. [s.l.]: BSI, 2009. p. 3.

<sup>3</sup> EFNMS - EAMC. [www.efnms.org](http://www.efnms.org). [En línea] [Citado el: 21 de Agosto de 2011.] [www.efnms.org/European-Asset-Mana](http://www.efnms.org/European-Asset-Mana).

<sup>4</sup>Wikipedia la enciclopedia libre. Granja avícola. Disponible en Internet: [http://es.wikipedia.org/wiki/Granja\\_av%C3%ADcola](http://es.wikipedia.org/wiki/Granja_av%C3%ADcola)

prevención, vigilancia y control de los riesgos sanitarios, biológicos y químicos para las especies animales y vegetales, la investigación aplicada y la administración, investigación y ordenamiento de los recursos pesqueros y acuícolas, con el fin de proteger la salud de las personas, los animales y las plantas y asegurar las condiciones del comercio.<sup>5</sup>

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** Mantenimiento que consiste en realizar ciertas reparaciones, o cambio de componentes o piezas según intervalos de tiempo, o según determinados criterios, prefijados para reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de una entidad. Siempre se debe planificar.<sup>6</sup>

**MODUCELDAS:** sistema diseñado por medio de jaulas individuales para gallinas ponedoras, en donde se maneja un control de postura, salubridad y se evalúan las condiciones de producción de las aves, este sistema de producción fue diseñado y vendido por la empresa INGEODISEÑOS E.U.

**RCM:** El RCM es uno de los procesos desarrollados durante los 1960s y 1970s, en varias industrias con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las mejores políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y para manejar las consecuencias de sus fallas. El RCM fue originalmente definido por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en su libro “Reliability Centered Maintenance” / “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad”, el libro que dio nombre al proceso.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> Funciones del Ica, Disponible en Internet: <http://www.ica.gov.co/EI-ICA/Funciones.aspx>

<sup>6</sup> GTC 62. Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Mantenimiento. Terminología. (IEC 60050-471)

<sup>7</sup> Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. SOPORTE Y CIA LTDA. Carlos Mario Perez Jaramillo en colaboración con John Moubray. Pag 4.

## INTRODUCCION

El proceso de producción avícola en la zona oriente de Colombia y en el departamento de Casanare se realiza generalmente de forma rudimentaria o tradicional adoptando metodologías de producción principalmente en piso, las zonas de mayor desarrollo tecnológico en el área avícola en la región están distribuidas principalmente en Cundinamarca, Santander y Valle del Cauca, pero en Casanare se evidencia una ligera recuperación del mercado avícola que con la implementación de buenas prácticas de producción se está generando interés e inversión en la región; La empresa Macro Huevo SAS cuenta con un sistema de producción alternativo por medio de Moduceldas que ha generado un punto diferenciador al sistema tradicional, pero adicionalmente en esta empresa se busca indagar hacia un ambiente automatizado de producción con aplicaciones de monitoreo y control que sean amigables pero al mismo tiempo económicas para reducir la mano de obra inherente en el proceso y por ende los costos asociados.

Aparece entonces la necesidad de investigación para conocer y evaluar sistemas automatizados para los diferentes procesos de producción avícola que sean prácticos, sencillos y de gran utilidad para este sector y sobre todo rentables en materia de costes, calidad y control.

Esta tesis de monografía busca generar las bases para que en la empresa Macro Huevo SAS se visualice un proceso de gestión de activos que logre la adhesión de prácticas coordinadas y sistematizadas para generar el uso adecuado de los recursos, aplicando conceptos y metodologías enfocadas hacia las buenas prácticas de mantenimiento, especialmente con la puesta en marcha de la metodología RCM interpretando, analizando los resultados y estableciendo un plan de mantenimiento específico, demostrando por medio de esta implementación algunos de los beneficios que se pueden generar con la adecuada administración de los recursos conservando y manteniendo el ciclo de vida de los activos.

## 1. MACRO HUEVO SAS

### 1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

En la vereda de Monterralo en el municipio de Aguazul en el departamento de Casanare se encuentra ubicada la empresa Macro Huevo S.A.S, la cual tiene como objeto la producción y comercialización de huevos y productos avícolas en la región. En la actualidad en esta empresa se tiene una capacidad de producción de 2.000 gallinas ponedoras de la raza *Hy Lyne Brown*.

La empresa Macro Huevo S.A.S cuenta con unas instalaciones para la producción avícola por medio de un galpón de dimensiones 12 metros de ancho por 35 metros de largo, se tiene zona de clasificación de huevos, bodega, oficinas, bodega de herramientas y medicamentos y baterías de baños.

Figura 1. Instalaciones Macro Huevo S.A.S



Fuente: Empresa Macro Huevo S.A.S

Esta empresa implementa en sus proceso de producción metodologías innovadoras para aumentar la producción y mejorar las condiciones de vida de las aves, utilizando un sistema denominado MODUCELDAS, el cual consiste en jaulas individuales para gallinas ponedoras, en donde se maneja un control de postura, salubridad y se evalúan las condiciones de producción de las aves<sup>8</sup>.

---

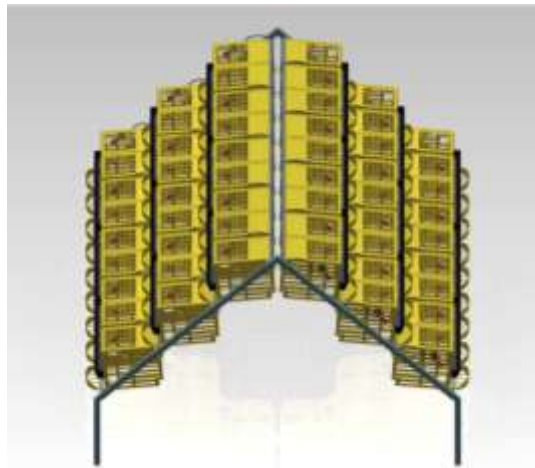
<sup>8</sup> [Citado en 10 de Marzo de 2015] Disponible en <<http://www.macrohuevo.com.co/>>

La moducelda, es un producto conformado por dos (2) componentes básicos: La jaula (celda), hecha en material plástico (polipropileno), conformada por seis partes que se pueden ensamblar manualmente y la estructura manufacturada en material metálico (cold rolled), en la cual se insertan las jaulas (celdas) de manera simétrica y distribuidas en tres niveles.

Los componentes que conforman 1 modulo industrial son:

- 1 Estructura en hierro galvanizado
- 54 jaulas plásticas individuales
- 18 comederos plásticos
- 30 bebederos de copa automáticos.
- 30 tubos en PVC para paso del agua.
- Sistema Hidráulico completo.

Figura 2. Estructura Moduceldas Macro Huevo S.A.S



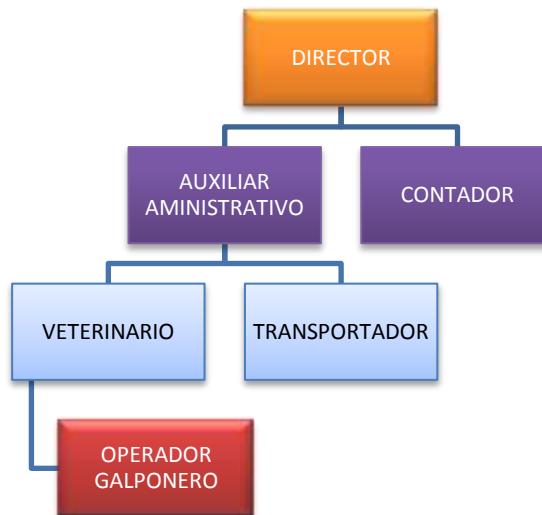
Fuente: Empresa Macro Huevo S.A.S

La vida útil de este sistema puede ser de quince (15) años si se ponen en práctica las instrucciones y recomendaciones contempladas en el manual de uso del fabricante.

**1.1.1 Organigrama de la empresa.** La empresa Macro Huevo S.A.S tiene 6 empleados encargados de suplir las actividades diarias operativas y administrativas de la empresa, la figura 3 muestra el organigrama actual en la

empresa:

Figura 3. Organigrama Macro Huevo S.A.S



Fuente: Empresa Macro Huevo S.A.S

**1.1.2 Proceso diario de producción.** En el área de producción de la empresa Macro Huevo S.A.S se cuenta con un operador galponero y un operador auxiliar / administrativo, los cuales se distribuyen las actividades de trabajo diarias así:

- Alimentación de las aves de acuerdo a las rutinas y los horarios establecidos por la empresa.
  - 1° Fase de alimentación Diaria: Hora 6:20 Am
  - 2° Fase de alimentación Diaria: Hora 1:50 Pm
- Recolección de los Huevos de acuerdo a las rutinas y los horarios establecidos por la empresa.
  - 1° Recolección Diaria: Hora 6:00 Am
  - 2° Recolección Diaria: Hora 11:00 Am
  - 3° Recolección Diaria: Hora 1:30 Pm
  - 4° Recolección Diaria: Hora 4:30 Pm
- Proceso de limpieza y clasificación de Huevos
  - Estas actividades se realizan después de cada etapa de recolección de Huevos.
- Proceso de Almacenaje e inventario de los huevos.

- Limpieza de los módulos de producción, comederos, bebederos y las instalaciones de los galpones.
- Actividades locativas como (Reparaciones, adecuaciones y/o mejoras) inherentes a la granja y al proceso de producción.
- Proceso de compostaje del material fecal producido en la explotación realizando las actividades de Recolección, transporte, almacenamiento y tratamiento de las Heces de las gallinas.
- Actividades de cargue y descargue de insumos, materias primas.

Adicionalmente se realiza el proceso de clasificación de los huevos de forma manual realizando el pesaje de los mismos utilizando una báscula electrónica para la cual es necesario pesar los huevos de forma individual para clasificarlos, en la empresa Macro Huevo S.A.S clasifican los huevos acuerdo a la norma técnica Colombiana NTC 1240 los cuales se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación de los Huevos de acuerdo a la NTC-1240

Categorías	Peso en gramos
Jumbo	> 78,0 g
AAA	67,0 - 77,9 g
AA	60,0 - 66,9 g
A	53,0 - 59,9 g
B	46,0 - 52,9 g
C	< 46,0 g

Fuente: NTC-1240. Industria alimentaria. Huevos de gallina frescos para consumo

Con el modelo de producción por medio de Moduceldas en la empresa Macro Huevo S.A.S, se evidencian mejoras en relación con el sistema de producción tradicional en piso, pero para la atención y operación de este sistema en Moduceldas se genera una carga de trabajo alta durante las labores del día a día, porque la alimentación, recolección, clasificación de huevos y extracción de gallinaza se realiza de forma manual para lo cual es necesario la utilización de un operador galponero tiempo completo para atender estas tareas.

## **1.2 FORMULACIÓN PROBLEMA**

Actualmente el proceso de producción avícola en la empresa Macro Huevo S.A.S necesita expandirse de 2000 a 5000 aves, implementando un ambiente automatizado de producción para 3000 gallinas ponedoras de la raza *Hy Line Brown*, buscando aumentar la producción actual de huevos pero conservando las 2.000 aves actuales en el sistema tradicional por Moduceldas, por este motivo aparece la necesidad de implementar un sistema de alternativo en donde se mejoren las condiciones de trabajo, la productividad y la rentabilidad de la empresa con la implementación de una batería automatizada de producción, cuyo objetivo principal es ejercer mayor control y gestión sobre las actividades de producción, optimizar del recurso disponible y los activos de la empresa.

## **1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

Se busca por medio de este proyecto de Monografía, valorar una serie de sistemas alternativo a las jaulas para la obtención de huevos, con el fin de evaluar las diferentes tecnologías de producción en donde se realice la automatización de los procesos de alimentación, recogida, clasificación de huevos y extracción de gallinaza, para la empresa MACROHUEVO SAS.

## **1.4 OBJETIVO GENERAL**

Aplicar los conceptos técnicos de la metodología RCM durante la exploración de los componentes generales de los sistemas Automatizados para la producción Avícola en la empresa de Macro Huevo S.A.S, para establecer un Plan de Mantenimiento a un equipo de un subsistema del proceso de producción.

### **1.4.1 Objetivos específicos**

**1.4.1.1** Describir los principales elementos y componentes generales de los sistemas Automatizados para la producción Avícola, a la luz de un plan de mantenimiento para la Empresa Macro Huevo S.A.S.

**1.4.1.2** Referenciar los equipos más comunes y relevantes en los diferentes sistemas descritos.

**1.4.1.3** Desarrollar una táctica RCM en uno de los equipos relevantes, para uno de los subsistemas significativos del proceso de producción.

**1.4.1.4** Analizar los resultados RCM para establecer un plan de mantenimiento al subsistema del equipo seleccionado.

**1.4.1.5** Plantear los principales logros y los resultados del proceso de investigación.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Durante el tiempo de operación de la empresa Macro Huevo S.A.S se ha utilizado una metodología de producción por medio de Moduceldas, este ha sido un sistema innovador que ha permitido variar el sistema de producción tradicional en piso, con la utilización de jaulas individuales para llevar un control de producción, sanitario y epidemiológico de las aves, adicionalmente se controla la cantidad de concentrado que se le aplica a cada ave ya que se suministra la cantidad de concentrado exacta de acuerdo a la etapa de producción en la que se encuentre el galpón.

Este modelo de producción actual genera en comparación con el modelo tradicional en piso, un valor agregado permitiendo al avicultor mejorar el control del proceso de producción; pero también se generan una serie de subprocesos

que incrementan la mano de obra del personal del galpón, ya que se debe realizar la alimentación, recolección, clasificación de huevos y extracción de la gallinaza de forma manual, ocupando de forma continua el operario encargado del galpón.

Actualmente la empresa busca aumentar la capacidad de producción a 5.000 unidades, pero no se desea continuar con el proceso de producción con la utilización de moduceldas, ya que las actividades generadas de los subprocesos de producción incrementarían los costos y la cantidad de empleados en el galpón. En la empresa se busca utilizar un sistema de producción alternativo en donde se mejoren las condiciones de trabajo, la productividad y la rentabilidad de la empresa con la implementación de un sistema automatizado de producción.

Adicionalmente se busca investigar para evaluar diferentes metodologías de producción, para sistematización de los procesos y demostrar los beneficios de la metodología RCM para que en el futuro se pueda desarrollar un plan de mantenimiento basada en el análisis de fallos de los activos de la empresa, permitiendo la toma de decisiones adecuadas al momento de expandir el negocio.

## **1.6 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

Para la evaluación de los diferentes modelos de producción y las tecnologías ofrecidas en el mercado para los sistemas automatizados de producción avícola, fue necesaria la utilización de un modelo comparativo de selección de equipos y componentes, en donde se evaluaron los principales requisitos y necesidades de la empresa Macro Huevo S.A.S, luego se realizó la valoración de los subsistemas principales y se seleccionó un equipo relevante para la ejecución del proceso de análisis por medio de la metodología RCM.

Durante el proceso de implementación de la Metodología RCM se realizó el desarrollo de un plan de mantenimiento basada en el análisis de fallos para el equipo y subsistema seleccionado de las instalaciones de la empresa Macro Huevo S.A.S.

## **1.7 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

Con la aplicación y puesta en marcha de este proyecto de investigación en la

empresa Macro Huevo S.A.S, se busca contribuir en la toma de decisiones al momento de realizar la sistematización de los diferentes proceso de producción con el fin de optimizar los recursos, mejorar la disponibilidad y permitir generar mayor rentabilidad.

Se busca compartir y expresar los conocimientos del autor, adquiridos por medio de experiencia en el sector de mantenimiento industrial aplicados para la implementación en el sector agropecuario.

Adicionalmente con el proceso de desarrollo de esta actividad de Monografía se pretende integrar los conocimientos adquiridos durante la formación académica en la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER (UIS), mediante un proyecto de investigación, desarrollando para la empresa Macro Huevo S.A.S, con el fin de acrecentar los conocimientos y obtener el título académico en la especialización de GERENCIA DE MANTENIMIENTO.

## **2 MARCO TEORICO**

### **2.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Mantenimiento preventivo son las actividades anticipadas que se realizan a los equipos de una planta, con base en inspecciones periódicas establecidas de acuerdo las condiciones operativas de los diferentes componentes, el mantenimiento preventivo se realiza en forma planificada y busca identificar posibles condiciones o defectos que puedan ocasionar paradas no planeadas o daños en los equipos.

Generalmente durante el diseño y la ingeniería de los equipos el fabricante define una estrategia de mantenimiento para conservar la integridad, confiabilidad y garantía de los componentes, una vez operativos se define un plan de mantenimiento adecuado que cubra las recomendaciones del fabricante y las condiciones operativas o de proceso, una de las características principales del mantenimiento preventivo consiste en inspeccionar los equipos, detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno. En la actualidad el mantenimiento preventivo sigue adquiriendo gran importancia apoyado con las diferentes estrategias tecnológicas y soporte notable de las áreas gerenciales en las organizaciones.

Con un adecuado programa de mantenimiento preventivo se obtiene una base de datos, conocimiento y experiencia en el diagnóstico de fallas, el tiempo medio entre fallas y el tiempo de operación seguro de un equipo o un sistema, convirtiéndose en una solución técnica-factible para la preservación de los activos físicos de una organización que se encuentran en contacto directo con productos o que están sometidos a desgaste.

“En el transcurso del tiempo se han definido prioridades en la gestión y ejecución

del mantenimiento. Para establecer estas prelacións se debe pensar en los requerimientos o métodos que se deben cumplir para realizar estos procedimientos. Las prioridades del mantenimiento se definen según el tiempo de ejecución de la intervención, forma de inspección, cambio de piezas y requerimientos del mantenimiento.”<sup>9</sup>

**2.1.1 Objetivos del Mantenimiento preventivo.** A continuación se describen algunos de los principales objetivos del mantenimiento preventivo:

- Mejorar la disponibilidad operativa de los equipos y reducir al máximo los tiempos de parada no planeados.
- Reducir las paradas mayores y los grandes mantenimientos.
- Distribuir adecuadamente la carga de trabajo en las instalaciones realizando planeación de las actividades.
- Reducir significativamente los trabajos correctivos y las reparaciones repetitivas
- Aplazar o eliminar los reemplazos prematuros en los equipos debido a su mejor conservación y aumento en la vida probable.
- Disminuir la acumulación de inventario de materiales y repuestos a los mínimos necesarios.
- Establecer buenas relaciones laborales entre el personal de operaciones y mantenimiento para lograr buena armonía en el trabajo.
- Disminuir los costos de operación y mantenimiento

**2.1.2 Jerarquización en mantenimiento industrial.** La jerarquización en el mantenimiento es la agrupación de equipos y sistemas de acuerdo a categorías, consiste en agrupar y ordenar los equipos por divisiones, áreas, plantas, procesos, etc., de acuerdo a un método o estrategia ordenada para identificar fácilmente la ubicación de los equipos o componentes en las plantas y facilitar el trazado de las rutas de inspección o mantenimiento.

Todos los equipos instalados deben incluirse en ubicaciones funcionales, la

---

<sup>9</sup> Gómez Lozano, Iván Darío. Introducción al mantenimiento estratégico, Detecal 2006. Páginas 26, 27.

ubicación funcional está estructurada de forma jerárquica, de tal manera que presente la estructura completa de todos los sistemas que requieran mantenimiento, la estructura de la ubicación funcional se determina por niveles, por lo general, son suficientes 7 niveles, así:

- Nivel 1      Área de Negocio, localidad o planta
- Nivel 2      Sistema o línea
- Nivel 3      Maquina
- Nivel 4      Equipo
- Nivel 5      Sub equipo (Sistema)
- Nivel 6      Conjunto (Elementos)
- Nivel 7      Subconjunto (Componentes)

**2.1.3 Sistemas de información en mantenimiento.** Los sistemas de información de mantenimiento consisten en herramientas computarizadas que permiten acceder rápidamente a la información que se requiere para adelantar las tareas de mantenimiento, con el fin de apoyar las actividades de una organización.

En los sistemas de información interactúan entre sí: los equipos de cómputo, recurso humano, los datos o las fuentes de información, los programas o algoritmos que realizan las computadoras, las telecomunicaciones o el internet y los procedimientos o políticas establecidas por las organizaciones.

El objetivo fundamental de los sistemas de información del mantenimiento consiste fundamentalmente en construir un sistema ordenado y coherente de información que permita la toma de decisiones en el momento adecuado para alcanzar los objetivos planteados por una organización.

Los sistemas de información de mantenimiento CMMS son una base de datos computarizada diseñada para optimizar la gestión del mantenimiento y las actividades de recuperación de activos, mediante el uso de procedimientos estandarizados por las empresas, con un CMMS se puede lograr una adecuada administración de los activos que involucran la planeación, programación, gestión de presupuestos, reparación y reemplazo de activos, gestión de inventarios y

generación de reportes o informes que permiten evaluar la gestión del mantenimiento mediante el análisis de indicadores o informes de desempeño.

**2.1.4 Estrategia de mantenimiento.** Una estrategia de mantenimiento es una metodología establecida por una organización para conservar las condiciones operativas de los activos pudiendo ser maquinas, vehículos, instalaciones, edificios, o cualquier otro elemento. El objetivo de la estrategia de mantenimiento consiste en definir los criterios a mantener, teniendo en cuenta las diferentes variables de medición del funcionamiento de los activos como puede ser kilometraje, hodómetro, número de operaciones o ciclos, etc.

La administración de los activos mediante una estrategia de manteniendo constituye el punto de partida del sistema de información de mantenimiento CMMS, para lo cual es necesaria una adecuada caracterización del tipo de estrategia a implementar de acuerdo a criterios como: prioridad, criticidad, confiabilidad, disponibilidad, stock y abastecimiento de materiales o repuestos, tiempo medio entre fallas, costos, recomendaciones del fabricantes, experiencia en campo y tiempo efectivo de los técnicos durante las actividades planeadas.

Una vez implementada la estrategia de mantenimiento se carga al sistema de información que se maneja en cada organización y de acuerdo a las rutinas implementadas el sistema de información de mantenimiento dispara las órdenes de trabajo de acuerdo a las frecuencias establecidas con anticipación a la fecha límite de ejecución del trabajo, de tal forma que se pueda realizar un adecuado proceso de planeación y programación.

## **2.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD**

El análisis de criticidad es una metodología que consiente establecer el escalafón o la prioridad de los sistemas, equipos o dispositivos, de acuerdo a función de su impacto global en un sistema o proceso, se utiliza una figura llamada "Criticidad"; que es proporcional al "Riesgo" con un adecuado análisis de criticidad se crea una estructura que facilita la toma de decisiones y el direccionamiento de los recursos

hacia las zonas o áreas necesarias, de acuerdo con el impacto que puede generar en la organización.

“El análisis de criticidad es una técnica de fácil manejo y comprensión en el cual se establecen rangos relativos para representar las probabilidades y/o frecuencias de ocurrencia de eventos y sus consecuencias. Ambas magnitudes, frecuencias y consecuencias, se registran en una matriz, diseñada en base a un código de colores que denotan la menor o mayor intensidad del riesgo relacionado con la Instalación, Sistema, Equipo o Dispositivo (ISED) bajo análisis”<sup>10</sup>

**2.2.1 Objetivo del Análisis de Criticidad.** El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

### **2.3 RCM O RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE**

El RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad /Confiabilidad) es una metodología para el desarrollo de un plan de mantenimiento basada en el análisis de fallos de los activos en las instalaciones.

El RCM ha sido usado para ayudar a formular estrategias de gestión de activos físicos con el fin de mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los procesos en busca de reducir al máximo los tiempo fuera de servicio asociado con las fallas y el mantenimiento preventivo planeado.

“Si es aplicado correctamente, el RCM logra grandes mejoras en la efectividad del mantenimiento, y a menudo lo hace sorprendentemente rápido. Sin embargo la aplicación exitosa del RCM depende de un meticuloso planteamiento y preparación”.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> [http://r2menlinea.com/w3/PT/PT013\\_Analisis\\_de\\_Criticidad\\_Integral\\_de\\_Activos.pdf](http://r2menlinea.com/w3/PT/PT013_Analisis_de_Criticidad_Integral_de_Activos.pdf)

<sup>11</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. USA: Aladon LLC, 2004. P 16.

El RCM puede concebir los siguientes resultados tangibles:

- Planes de mantenimiento implementados
- Procesos operativos revisados
- Recomendaciones y cambios que se deben realizar al activo o a la forma de operarlo

Esta metodología busca integrar de forma ordenada los diferentes elementos y situaciones que se presentan en el entorno industrial relacionados con la Integridad de los componentes, el funcionamiento operacional, la mejora constante en la relación costo-eficacia del mantenimiento, prolongar la vida útil de los componentes y alcanzar la motivación del personal. “El mantenimiento centrado en confiabilidad es una filosofía de gestión de mantenimiento, que sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional”<sup>12</sup>.

Una limitación que se puede presentar durante la implementación de la metodología RCM está relacionado con el factor humano de la organización, ya que de éste depende el éxito de la metodología, durante la implementación es necesario contar con un equipo de trabajo responsable de divulgar de manera precisa la filosofía del ejercicio, para que las personas involucradas no vean este cambio como un problema del entorno de trabajo, sino como una solución a los problemas que se presentan en el proceso.

---

<sup>12</sup> JONES, Richard. Risk Based Management: A reability centered approach gulf. 1995.

### 3 RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Este capítulo presenta la descripción de los principales sistemas y equipo usados para la producción de huevo por medio de baterías, aviarios o sistemas automatizados de producción, se busca recopilar información y conceptos básicos para la crianza de aves y su aplicación en los sistemas de baterías, se visualizan los requerimientos técnicos y tecnológicos para alcanzar un óptimo grado de optimización con el fin de facilitar las prácticas en la producción avícolas, mediante la caracterización de sistemas automatizados para la producción avícola.

#### 3.1 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS

**3.1.1 Batería o sistema automatizado de producción.** La crianza de aves en batería es un sistema que por sus características brinda comodidad, economía, facilidad de manejo y lo principal, eficiencia en el uso de espacios en la producción. El conjunto de jaulas en batería, para instalaciones avícolas, consta de un grupo de jaulas colocadas en forma vertical dotadas de un comedero, bebedero, depósito de huevos y depósito de gallinaza para cada piso. El número de jaulas para estos sistemas, así como el número de pisos, depende estrictamente de las dimensiones del galpón y del número de animales que se albergaran en el mismo.

El material utilizado para la fabricación de estas jaulas varía en función de algunos factores como son: la economía del productor, técnicas de crianza, requerimientos sanitarios, en base a esto los materiales más usados en esta industria son metales, plásticos o la combinación de estos.

En la figura 4 se muestra un modelo de jaula en batería vertical en una instalación avícola.

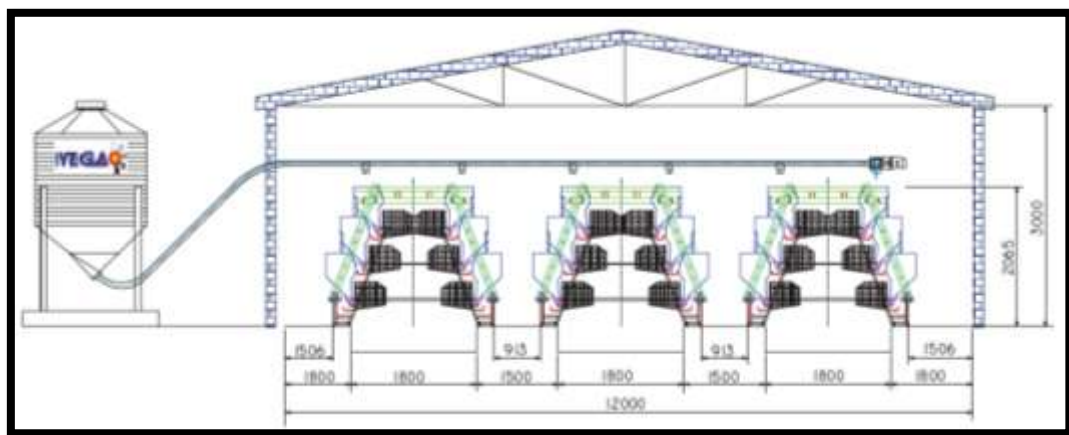
Figura 4. Modelo de jaula vertical



Fuente: <http://www.zucami.com/es/zucami/bateria>

La figura a continuación muestra un sistema automatizado de producción ajustado a las medidas reales de las instalaciones de la empresa Macro Huevo SAS de acuerdo a solicitud de ingeniería presentado por los directivos de la empresa Macro Huevo SAS a la compañía IVEGA para la instalación en un galpón de 12x35 metros en donde se propone colocar 3 filas de jaulas de 3 pisos tipo "A" para un total de 5400 gallinas.

Figura 5. Modelo Aviario Empresa Macro Huevo SAS



Fuente: Empresa Macro Huevo SAS

**3.1.2 Sistema de Alimentación.** El sistema de alimentación, para jaulas en batería, se compone principalmente de un sistema de surtidores de alimento y un comedero por cada piso conectados a depósitos de alimento. Para su manejo es necesario un control que permite comandar el movimiento de los surtidores de alimento y tolva contenedora, que deposita el alimento para cada sección de la batería; este control permite suministrar el alimento en las dosis exactas y en los tiempos establecidos de acuerdo a los requerimientos nutricionales de las aves.

Figura 6. Modelo sistema de alimentación



Fuente: <http://www.zucami.com/es/zucami/alimentacion>

**3.1.3 Recolección de Huevos.** La recolección de huevos es un proceso en el cual se debe tener en cuenta aspectos técnicos y sanitarios ya que al tratarse de un producto de consumo masivo, cualquier agente contaminante en la producción de huevos puede traer graves consecuencias para la empresa y los consumidores.

La recolección de huevos, para el sistema en batería vertical, consiste en la recolección de estos mediante el movimiento de bandas transportadoras colocadas a un costado de las jaulas en cada piso. Estas se activan una o varias veces al día llevando los huevos hacia una bandeja para su posterior proceso de producción.

En la figura 7 se muestra un sistema de recolección de huevos en banda.

Figura 7. Modelo recolección de huevos



Fuente: <http://www.zucami.com/es/zucami/recoleccion>

**3.1.4 Recolección de Gallinaza.** El proceso de recolección de las heces, dentro de la nave, es una etapa de suma importancia ya que contribuye a la reducción de enfermedades y evita las altas concentración de amoniaco y otros gases; por tanto el aumento de la temperatura dentro de la nave. Los sistemas de recolección de gallinaza constan de bandas transportadoras que recogen los desechos de cada nivel y los llevan hasta un depósito para su procesamiento.

La extracción de la gallinaza se realiza usando cintas de polipropileno y con una frecuencia de 3 a 7 días, dependiendo de la longitud de la nave, con un sistema de tratamiento que seca el 85% de la gallinaza y elimina olores, insectos y gases derivados del amoniaco.

La figura 8 muestra un modelo de bandas recolectoras de estiércol en una instalación avícola.

Figura 8. Modelo recolección de Gallinaza



Fuente: [http://www.zucami.com/es/zucami/tratamiento\\_secado](http://www.zucami.com/es/zucami/tratamiento_secado)

**3.1.5 Iluminación.** La iluminación para el proceso de producción avícola es de vital importancia a la hora de controlar la seguridad en la producción, la conservación de energía y la protección del medio ambiente, se requieren excelente parámetros de iluminación en los galpones de producción avícola ya que es de vital importancia controlar el proceso de alimentación de acuerdo a los ciclos establecidos además de controlar la iluminación durante la noche cuando es requerida la iluminación.

Las gallinas son activas durante el día; por lo tanto solamente durante los periodos de luz comen. La luz y más concretamente el tiempo de duración de esta, denominado fotoperiodo, estimula la puesta de huevos. La cantidad de luz influye directamente en el comportamiento de las aves, incrementando los niveles de estrés y con ello la agresividad conjuntamente con la disminución de la producción de huevos.

**3.1.6 Requerimientos para la crianza avícola.** “La automatización abre un camino de posibilidades para la generación de mayores rendimientos en la producción avícola moderna ofreciendo al productor mayores herramientas para

alcanzar sus objetivos”<sup>13</sup>.

Para un adecuado desempeño, en una instalación avícola, es esencial que el ambiente del recinto cumpla los requerimientos de las aves. A las aves se les debe proporcionar: espacio, alimentación, Iluminación, ventilación y manejo adecuado de desechos, para de esta manera alcanzar el máximo de rentabilidad. Al diseñar un alojamiento avícola deben tenerse en cuenta todas las consideraciones de acuerdo a la resolución ICA número 3651 del 13 de noviembre de 2014 por medio de la cual se establecen los requisitos para la certificación de granjas avícolas seguras de postura y/o levante y se dictan otras disposiciones.

**3.1.7 Análisis dispositivos de las baterías de producción.** A continuación se describen los principales elementos y componentes de los sistemas automatizados de producción avícola:

**3.1.7.1 Tolva.** Se encuentra ubicada en la parte superior de la batería, a un extremo de la línea y tiene la función de almacenar una cantidad de alimento, su recarga es manual, es decir que el operador tendrá que llenar con concentrado la misma.

En la figura 9 se muestra un modelo de tolva para batería vertical con gran capacidad de almacenamiento.

Figura 9. Modelo de tolva

---

<sup>13</sup> [Citado en 12 de Julio de 2015] Disponible en <<http://www.actualidadavipecuaria.com/articulos/automatizacion-un-camino-rentable-para-una-avicultura-con-futuro.html>>



Fuente: <http://www.zucami.com/es/zucami/alimentacion>

**3.1.7.2 Ductos de distribución de alimento.** Como se aprecia en la figura 10. Los ductos de distribución de alimento en la línea de transporte son los encargados de distribuir el alimento desde la tolva hasta las bandas transportadoras, posee un diseño simple de acero galvanizado, conectado a cada una de las bandejas de alimentación, permitiendo la repartición de alimento, desde la tolva a las aves, haciendo de esta manera que el concentrado recorra y se distribuya a lo largo de los comederos.

Figura 10. Modelo Ductos de distribución de alimento



Fuente: <http://www.zucami.com/es/zucami/alimentacion>

**3.1.7.3 Bandas transportadoras.** Las bandas transportadoras en los sistemas de

producción avícola ofrecen un medio para el transporte seguro y confiables de alimento, huevos y heces, los métodos más habituales para el transporte son las cintas con distintas terminaciones, generalmente construidos en materiales como polipropileno tejido o polipropileno perforado dependiendo de la finalidad de uso, se pueden emplear cintas con distintas medidas.

Figura 11. Modelo Bandas transportadoras



Fuente: <http://www.zucami.com/es/zucami/alimentacion>

**3.1.7.4 Motores Eléctricos.** Los motores eléctricos proporcionan la fuente de energía del sistema de producción automatizado, se encarga mover la tolva y los brazos repartidores a lo largo de la línea de transporte y esta a su vez moviliza el alimento, los huevos y las heces; el proceso es controlado de acuerdo a las necesidades productivas que se van a ejecutar en determinados periodos de tiempo.

En la figura 12 se muestra un motor, que hace parte del sistema automatizado de producción para el área avícola.



Figura 12. Motor Electrico

Fuente: Revista ABB Disponible en <http://www.abb.com/search.aspx?q=motors%20catalogue>

**3.1.7.5 Sistema para control de recolección de huevos.** La recolección de huevos requiere de un proceso cuidadoso y extenuante, debido a la cantidad de animales que se pueden tener en un solo galpón. Un sistema de recolección automático recoge la producción cuando el huevo cae por gravedad a una banda transportadora la cual re direcciona la producción al sitio o bodega de almacenamiento para la clasificación, como se muestra en la figura.

Figura 13. Modelo Bandas transportadoras de huevos



Fuente: [http://www.poultryequipment.com/it/caratteristica\\_details/815](http://www.poultryequipment.com/it/caratteristica_details/815)

De acuerdo a la distribución de las jaulas, en la batería, cada fila de jaulas contara con una banda transportadora. Esta banda se activará manualmente o

automáticamente de acuerdo a la necesidad, llevando los huevos hasta un recolector en donde se dispone toda la producción de la granja.

**3.1.7.6 Sistema de control de recolección de estiércol.** La recolección de las heces o gallinaza, requiere de un proceso que impida la contaminación del galpón, esto como parte del control sanitario. Un sistema de recolección automático de gallinaza para un galpón en batería debe permitir que el ave realice sus proceso biológico y los desechos caigan hasta los depósitos móviles, ubicados bajo la jaula, y estos se desplazan fuera de la batería hasta que un recolector se mueva a lo largo de estos, llevando los residuos hasta una banda transportadora que los coloca en un tanque o depósito para su posterior procesamiento.

Figura 14. Modelo Bandas transportadoras de estiércol



Fuente: [http://www.pisonline.us/aves/aves\\_desarrollo.php](http://www.pisonline.us/aves/aves_desarrollo.php)

**3.1.7.7 Sistema de control y suministro de alimento.** En los sistemas de alimentación en producción avícola para la distribución del concentrado se adoptan principalmente dos sistemas de alimentación:

- Carro con tolvas y niveladores móviles, que garantizan la regulación y la uniformidad de distribución del concentrado por toda la batería;
- Cadena plana que da amplia fiabilidad por el lado mecánico.

Los comederos son generalmente en material de lámina galvanizada.

Figura 15. Modelo de distribución de alimento



Fuente: [http://www.ingenieriaavicola.com/?module=product\\_subcategory&code=4](http://www.ingenieriaavicola.com/?module=product_subcategory&code=4)

**3.1.7.8 Sistema de control del proceso.** El sistema de control automático en el proceso de producción avícola en cuanto a suministro de alimento, recogida de huevos, recogida de heces, ventilación y climatización, es un método automatizado para el control de todas las variables presentes en el galpón de producción para asegurar la optimización de los recursos disponibles, un sistema está compuesto por varias unidades denominadas controles locales, geográficamente distribuidas, recogiendo medidas y enviando órdenes a los dispositivos de campo, estas se encuentran conectadas a una o varias estaciones de supervisión remotas por medio de un sistema de comunicaciones. La estación de supervisión remota presenta la información adquirida en pantallas y permite al operador realizar tareas de control a distancia.

## **3.2 SELECCIÓN SUBSISTEMA RELEVANTE DEL PROCESO.**

Los sistemas automatizados de producción avícola permiten desarrollar diferentes actividades productivas en donde principalmente se logran beneficios económicos y se permite la optimización de los recursos disponibles en las instalaciones de producción, obteniendo mejores y más eficientes resultados, así como, superiores índices de producción, rendimiento y por ende lograr mayores ganancias.

El objetivo principal en la empresa Macro Huevo SAS consiste en la producción de

huevos de gallinas ponedora de la raza *hy line brown* en un ambiente limpio y saludable en combinación con el aprovechamiento máximo del espacio disponible; con la utilización de un sistema automático para producción con altos estándares de calidad, buscando principalmente formas para mejorar la eficiencia en la producción avícola... en la sección 3.2.1 ... del presente documento se realizó un análisis de los dispositivos mecánicos y eléctricos de las baterías de producción avícola en donde se clasifican los principales elementos o componentes de estos sistemas así:

Tolva, Ductos de distribución de alimento, Bandas transportadoras, Motores Eléctricos, Sistema para control de recolección de huevos, Sistema de control de recolección de estiércol, Sistema de control y suministro de alimento

A partir de la siguiente sección del presente documento se tratará y analizará al sistema de suministro de alimento como un sistema crítico del proceso de producción en el área avícola para el cual se le realizara un estudio independiente a uno de sus equipos, ya que el suministro de alimento proporciona el proceso más importante de la cadena productiva por que la producción de huevos depende plenamente de la alimentación diaria de las aves de acuerdo a las dosis controladas y en periodos exactos, dependiendo del plan de alimentación.

Los demás procesos como la recogida de huevos y heces son importantes pero a corto plazo no generan un el impacto negativo importante como lo es la alimentación en la producción diaria.

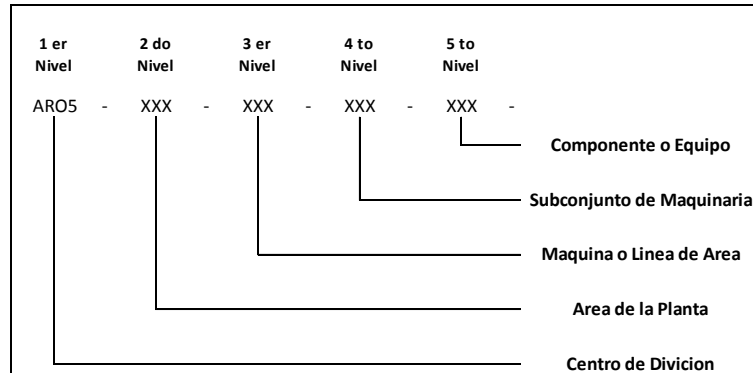
### **3.2.1 Análisis de criticidad sistemas y subsistemas**

**3.3.1.1 Jerarquización equipos.** La jerarquización de los equipos y elementos que integran el sistema de suministro de alimentación tiene por objetivo ordenar los elementos por áreas o procesos de acuerdo a una metodología de codificación para identificar fácilmente la ubicación de cada componente facilitando las rutas e inspecciones de mantenimiento.

Para la clasificación y jerarquización de los equipos se utilizó la siguiente

codificación:

Tabla 2. Métodos para codificación de equipos



Fuente: Instructivo “Mantenimiento Preventivo” Especialización en gerencia de Mantenimiento UIS  
A continuación se plasma el esquema de la jerarquización propuesto para una posible implementación en la empresa Macro Huevo SAS en donde se realizó la codificación e información estructural y funcional de los principales activos para las instalaciones, realizando énfasis en el sistema de suministro de alimento.

Cada nivel de jerarquía (padre) se identifica de acuerdo a la posición en un nivel superior.

Tabla 3. Codificación equipos Macro Huevo SAS

<b>MH-CASANARE</b>	Plantas de Producción Macro Huevo Casanare
<b>MH-YOPAL</b>	Plantas de Producción Macro Huevo Yopal
<b>MH-AGUAZUL</b>	Plantas de Producción Macro Huevo Aguazul
<b>MH-MONTErrALO</b>	Planta de Producción Macro Huevo Monterralo
<b>MH-MON-SISTEMAS</b>	Sistemas de Producción Macro Huevo Monterralo
<b>MH-MON-HID</b>	Sistema hidráulico
<b>MH-MON-REC-HV</b>	Sistema para control de recolección de huevos
<b>MH-MON-REC-ES</b>	Sistema de control de recolección de estiércol
<b>MH-MON-ALI</b>	Sistema de control y suministro de alimento
<b>MH-MON-ALI-CONT</b>	Sistema de Control & Distribución de Alimento
<b>MH-MON-ALI-CONT-HS</b>	Hand Switchs Sistema de Control Distribución
<b>MH-MON-ALI-CONT-TEMP</b>	Temporizador Sistema de Control
<b>MH-MON-ALI-CONT-CT</b>	Contactador Sistema de Control Distribución
<b>MH-MON-ALI-CONT-HS1</b>	Hand Switchs Parada Emergencia
<b>MH-MON-ALI-BAN</b>	Bandas Suministro de alimento
<b>MH-MON-ALI-BAN-010</b>	Banda de distribución de alimento - Tolva
<b>MH-MON-ALI-MOT-010</b>	Motor de Distribución Tolva -Banda
<b>MH-MON-ALI-RED-010</b>	Reductor de velocidad Tolva
<b>MH-MON-ALI-ROD-010</b>	Rodillo 1 Banda de distribución de alimento - Tolva
<b>MH-MON-ALI-ROD-011</b>	Rodillo 2 Banda de distribución de alimento - Tolva
<b>MH-MON-ALI-POL-010</b>	Polea 10 distribución de alimento - Tolva
<b>MH-MON-ALI-POL-011</b>	Polea Guía 11 distribución de alimento - Tolva
<b>MH-MON-ALI-POL-012</b>	Polea Guía 12 distribución de alimento - Tolva
<b>MH-MON-ALI-POL-013</b>	Polea Guía 13 distribución de alimento - Tolva
<b>MH-MON-ALI-BAN-020</b>	Banda de distribución de alimento - Galpón
<b>MH-MON-ALI-MOT-020</b>	Motor de Distribución Banda - Galpón
<b>MH-MON-ALI-RED-020</b>	Reductor de velocidad Banda - Galpón
<b>MH-MON-ALI-ROD-020</b>	Rodillo 1 Banda de distribución de alimento - Galpón
<b>MH-MON-ALI-ROD-021</b>	Rodillo 2 Banda de distribución de alimento - Galpón
<b>MH-MON-ALI-POL-020</b>	Polea 20 Banda de distribución de alimento - Galpón
<b>MH-MON-ALI-POL-021</b>	Polea Guía 21 distribución de alimento - Galpón
<b>MH-MON-ALI-POL-022</b>	Polea Guía 22 distribución de alimento - Galpón
<b>MH-MON-ALI-TOL</b>	Tolva de Suministro de alimento
<b>MH-MON-ALI-MOT-030</b>	Motor de Distribución Tolva
<b>MH-MON-ALI-COMP-030</b>	Compuerta Ingreso Tolva
<b>MH-MON-ALI-COMP-031</b>	Compuerta de Distribución Tolva

### 3.3.1.2 Análisis de criticidad.

El análisis de CRITICIDAD es conocido como una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones de manera acertada y efectiva, enfocando el esfuerzo y los recursos hacia áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional. Permite generar una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, media criticidad y baja criticidad. Una vez identificadas estas zonas es mucho más fácil diseñar una estrategia para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos o elementos que

forman parte de la zona de alta criticidad, que es donde se ubica la mejor oportunidad de agregar valor y aumentar la rentabilidad del negocio. El objetivo de este tipo análisis es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.<sup>14</sup>

Para realizar la clasificación de criticidad de los equipos jerarquizados en la empresa Macro Huevo SAS se utilizó el Modelo de criticidad de factores ponderados basado en el concepto del riesgo, Método desarrollado por el grupo de consultoría inglesa: The Woodhouse Partnership Limited [Woodhouse Jhon. "Criticality Analysis Revisited", the Woodhouse Partnership Limited, Newbury, England 1994], en donde:

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

$$\text{Criticidad total} = \text{Frecuencia de fallas} \times \text{Consecuencia}$$
$$\text{Consecuencia} = ((\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo Mtto.} + \text{Impacto SAH})$$

El análisis de criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos:

- Mantenimiento
- Inspección
- Materiales
- Disponibilidad de planta
- Personal

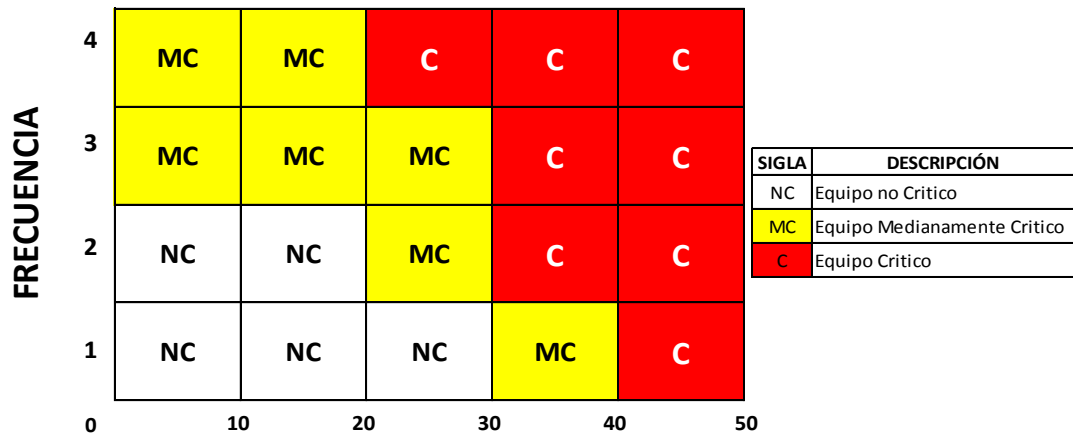
Al tener plenamente establecido cuales sistemas son más críticos, se podrá establecer de una manera más eficiente la priorización de los programas y planes

---

<sup>14</sup> Castillo-Serpa, A.M. del; Brito-Ballina, M.L.; Fraga-Guerra, E. Análisis de criticidad personalizados. En: Revista de Ingeniería Mecánica, vol. 12, núm. 3, septiembre-diciembre, 2009, pp. 1-12 Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría Cuba

de mantenimiento de tipo: predictivo, preventivo, correctivo, detectivo e inclusive posibles rediseños al nivel de procedimientos y modificaciones menores; inclusive permitirá establecer la prioridad para la programación y ejecución de órdenes de trabajo.

De acuerdo a los datos del resultado del análisis de criticidad se ubica en la matriz el resultado de la frecuencia de falla y consecuencia para obtener la criticidad total de acuerdo a la siguiente tabla.



La tabla 4 muestra el estándar aplicado y acordado en la empresa Macro Huevo SAS, para dar la puntuación a cada uno de los criterios empleados en el análisis de criticidad.

Tabla 4. CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD.

Frecuencia de Fallas	Puntuación
Pobre mayor a 2 fallas/año	4
Promedio 1 - 2 fallas/año	3
Buena 0.5 -1 fallas/año	2
Excelente menos de 0.5 falla/año	1

Impacto Operacional	Puntuación
Pérdida de todo el despacho	10
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas.	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1

<b>Flexibilidad Operacional</b>	Puntuación
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido/almacén	2
Función de repuesto disponible	1

<b>Costo de Mantenimiento</b>	Puntuación
Mayor o igual a US \$ 20000	2
Inferior a US \$ 20000	1

<b>Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH)</b>	Puntuación
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
Afecta el ambiente /instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente - seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1

Fuente: Instructivo “Mantenimiento Preventivo” Especialización en gerencia de Mantenimiento UIS

Consecuencia = ((Impacto Operacional \* Flexibilidad) + Costo Mtto + Impacto SAH)

**C** = Consecuencia

**Ip** = Impacto Operacional

**Fo** = Flexibilidad Operacional

**Cm** = Costo Mantenimiento

**Isah** = Impacto Seguridad Ambiente Higiene

**FF** = Frecuencia de Fallas

$$C = Ip * Fo + Cm + Isah$$

Los resultados obtenidos de la evaluación de la criticidad de la empresa Macro Huevo SAS para los principales sistemas jerarquizados se muestran en la tabla No. 5, para una mejor comprensión de dicha tabla, se muestra a continuación, el vínculo de cada variable utilizada con los diferentes criterios de evaluación y la definición de cada criterio.

- Impacto Operacional. (V1 Ip) es el porcentaje de producción que se afecta cuando ocurre la falla.
- Flexibilidad Operacional. (V2 Fo) es la capacidad que se deja de producir cuando ocurre la falla.

- Costo de Mantenimiento. (V3 Co) costo de la falla
- Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH). (V4 Isah) posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas o daños al ambiente.
- Frecuencia de Fallas. (V5 FF) son las veces que falla cualquier componente del sistema.

**Críticidad total** = Frecuencia de fallas x Consecuencia

Tabla 5. EVALUACIÓN DE LA CRITICIDAD MACRO HUEVO SAS

Subsistema	Jerarquización	Descripción	V1 Ip	V2 Fo	V3 Cm	V4 Isah	V5 FF	Valor de Consecuencia	Valor de Críticidad
MH-MON-ALI-BAN-020	<b>MH-MON-ALI-MOT-020</b>	Motor de Distribución Banda - Galpón	7	4	1	3	4	32	<b>128</b>
MH-MON-ALI-TOL	<b>MH-MON-ALI-MOT-030</b>	Motor de Distribución Tolva	7	4	1	3	4	32	<b>128</b>
MH-MON-ALI-BAN-010	<b>MH-MON-ALI-MOT-010</b>	Motor de Distribución Tolva - Banda	7	4	1	3	3	32	96
MH-MON-ALI	<b>MH-MON-ALI-BAN</b>	Bandas Suministro de alimento	10	2	1	3	2	24	48
MH-MON-ALI-BAN	<b>MH-MON-ALI-BAN-010</b>	Banda de distribución de alimento - Tolva	4	2	1	3	4	12	48
MH-MON-ALI-BAN	<b>MH-MON-ALI-BAN-020</b>	Banda de distribución de alimento - Galpón	4	2	1	3	4	12	48
MH-MON-ALI	<b>MH-MON-ALI-CONT</b>	Sistema de Control & Distribución de Alimento	10	4	1	3	1	44	44
MH-MON-ALI-TOL	<b>MH-MON-ALI-COMP-031</b>	Compuerta de Distribución Tolva	4	2	1	3	2	12	24
MH-MON-ALI-CONT	<b>MH-MON-ALI-CONT-HS1</b>	Hand Switchs Parada Emergencia	10	1	1	3	1	14	14
MH-MON-ALI	<b>MH-MON-ALI-TOL</b>	Tolva de Suministro de alimento	4	2	1	3	1	12	12
MH-MON-ALI-BAN-010	<b>MH-MON-ALI-ROD-010</b>	Rodillo 1 Banda de distribución de alimento - Tolva	4	2	1	1	1	10	10
MH-MON-ALI-BAN-010	<b>MH-MON-ALI-ROD-011</b>	Rodillo 2 Banda de distribución de alimento - Tolva	4	2	1	1	1	10	10
MH-MON-ALI-BAN-010	<b>MH-MON-ALI-POL-010</b>	Polea 10 distribución de alimento - Tolva	4	2	1	1	1	10	10
MH-MON-ALI-BAN-020	<b>MH-MON-ALI-ROD-020</b>	Rodillo 1 Banda de distribución de alimento - Galpón	4	2	1	1	1	10	10
MH-MON-ALI-BAN-020	<b>MH-MON-ALI-ROD-021</b>	Rodillo 2 Banda de distribución de alimento - Galpón	4	2	1	1	1	10	10
MH-MON-ALI-BAN-020	<b>MH-MON-ALI-POL-020</b>	Polea 20 Banda de distribución de alimento - Galpón	4	2	1	1	1	10	10
MH-MON-ALI-CONT	<b>MH-MON-ALI-CONT-TEMP</b>	Temporizador Sistema de Control	7	1	1	1	1	9	9
MH-MON-ALI-CONT	<b>MH-MON-ALI-CONT-CT</b>	Contacto Sistema de Control Distribución	7	1	1	1	1	9	9
MH-MON-ALI-CONT	<b>MH-MON-ALI-CONT-HS</b>	Hand Switchs Sistema de Control Distribución	4	1	1	3	1	8	8
MH-MON-ALI-BAN-010	<b>MH-MON-ALI-POL-011</b>	Polea Guía 11 distribución de alimento - Tolva	1	2	1	1	1	4	4
MH-MON-ALI-BAN-010	<b>MH-MON-ALI-POL-012</b>	Polea Guía 12 distribución de alimento - Tolva	1	2	1	1	1	4	4
MH-MON-ALI-BAN-010	<b>MH-MON-ALI-POL-013</b>	Polea Guía 13 distribución de alimento - Tolva	1	2	1	1	1	4	4
MH-MON-ALI-BAN-020	<b>MH-MON-ALI-POL-021</b>	Polea Guía 21 distribución de alimento - Galpón	1	2	1	1	1	4	4
MH-MON-ALI-BAN-020	<b>MH-MON-ALI-POL-022</b>	Polea Guía 22 distribución de alimento - Galpón	1	2	1	1	1	4	4
MH-MON-ALI-TOL	<b>MH-MON-ALI-COMP-030</b>	Compuerta Ingreso Tolva	1	1	1	1	1	3	3

Se puede evidenciar que para los equipos tratados por medio del presente análisis de criticidad se tienen principalmente dos equipos críticos que corresponden al sistema de alimentación asociados con los motores:

**MH-MON-ALI-MOT-020** Motor de Distribución Banda – Galpón  
**MH-MON-ALI-MOT-030** Motor de Distribución Tolva

Estos dos motores y el sistema completo de alimentación son fundamentales en el proceso de producción ya que proveen la energía mecánica para el proceso de alimentación en el galpón.

En tabla No. 6, se muestra de forma ordenada, el valor de criticidad de cada equipo y la zona de acuerdo a la criticidad en la que se encuentran.

Tabla 6. ZONAS DE CRITICIDAD EQUIPOS ANALIZADOS.

Subsistema	Jerarquización	Descripción	V5 FF	Valor de Consecuencia	Valor de Criticidad	Zona de Criticidad
MH-MON-ALI-BAN-020	<b>MH-MON-ALI-MOT-020</b>	Motor de Distribución Banda - Galpón	4	32	<b>128</b>	<b>EQUIPO CRITICO</b>
MH-MON-ALI-TOL	<b>MH-MON-ALI-MOT-030</b>	Motor de Distribución Tolva	4	32	<b>128</b>	<b>EQUIPO CRITICO</b>
MH-MON-ALI-BAN-010	<b>MH-MON-ALI-MOT-010</b>	Motor de Distribución Tolva -Banda	3	32	96	<b>EQUIPO CRITICO</b>
MH-MON-ALI	<b>MH-MON-ALI-CONT</b>	Sistema de Control & Distribución de Alimento	1	44	44	<b>EQUIPO CRITICO</b>
MH-MON-ALI	<b>MH-MON-ALI-BAN</b>	Bandas Suministro de alimento	2	24	48	CRITICIDAD MEDIA
MH-MON-ALI-BAN	<b>MH-MON-ALI-BAN-010</b>	Banda de distribución de alimento - Tolva	4	12	48	CRITICIDAD MEDIA
MH-MON-ALI-BAN	<b>MH-MON-ALI-BAN-020</b>	Banda de distribución de alimento - Galpón	4	12	48	CRITICIDAD MEDIA
MH-MON-ALI-TOL	<b>MH-MON-ALI-COMP-031</b>	Compuerta de Distribución Tolva	2	12	24	NO CRITICO
MH-MON-ALI-CONT	<b>MH-MON-ALI-CONT-HS1</b>	Hand Switchs Parada Emergencia	1	14	14	NO CRITICO
MH-MON-ALI	<b>MH-MON-ALI-TOL</b>	Tolva de Suministro de alimento	1	12	12	NO CRITICO
MH-MON-ALI-BAN-010	<b>MH-MON-ALI-ROD-010</b>	Rodillo 1 Banda de distribución de alimento - Tolva	1	10	10	NO CRITICO
MH-MON-ALI-BAN-010	<b>MH-MON-ALI-ROD-011</b>	Rodillo 2 Banda de distribución de alimento - Tolva	1	10	10	NO CRITICO
MH-MON-ALI-BAN-010	<b>MH-MON-ALI-POL-010</b>	Polea 10 distribución de alimento - Tolva	1	10	10	NO CRITICO
MH-MON-ALI-BAN-020	<b>MH-MON-ALI-ROD-020</b>	Rodillo 1 Banda de distribución de alimento - Galpón	1	10	10	NO CRITICO
MH-MON-ALI-BAN-020	<b>MH-MON-ALI-ROD-021</b>	Rodillo 2 Banda de distribución de alimento - Galpón	1	10	10	NO CRITICO
MH-MON-ALI-BAN-020	<b>MH-MON-ALI-POL-020</b>	Polea 20 Banda de distribución de alimento - Galpón	1	10	10	NO CRITICO
MH-MON-ALI-CONT	<b>MH-MON-ALI-CONT-TEMP</b>	Temporizador Sistema de Control	1	9	9	NO CRITICO
MH-MON-ALI-CONT	<b>MH-MON-ALI-CONT-CT</b>	Contactador Sistema de Control Distribución	1	9	9	NO CRITICO
MH-MON-ALI-CONT	<b>MH-MON-ALI-CONT-HS</b>	Hand Switchs Sistema de Control Distribución	1	8	8	NO CRITICO
MH-MON-ALI-BAN-010	<b>MH-MON-ALI-POL-011</b>	Polea Guía 11 distribución de alimento - Tolva	1	4	4	NO CRITICO
MH-MON-ALI-BAN-010	<b>MH-MON-ALI-POL-012</b>	Polea Guía 12 distribución de alimento - Tolva	1	4	4	NO CRITICO
MH-MON-ALI-BAN-010	<b>MH-MON-ALI-POL-013</b>	Polea Guía 13 distribución de alimento - Tolva	1	4	4	NO CRITICO
MH-MON-ALI-BAN-020	<b>MH-MON-ALI-POL-021</b>	Polea Guía 21 distribución de alimento - Galpón	1	4	4	NO CRITICO
MH-MON-ALI-BAN-020	<b>MH-MON-ALI-POL-022</b>	Polea Guía 22 distribución de alimento - Galpón	1	4	4	NO CRITICO
MH-MON-ALI-TOL	<b>MH-MON-ALI-COMP-030</b>	Compuerta Ingreso Tolva	1	3	3	NO CRITICO

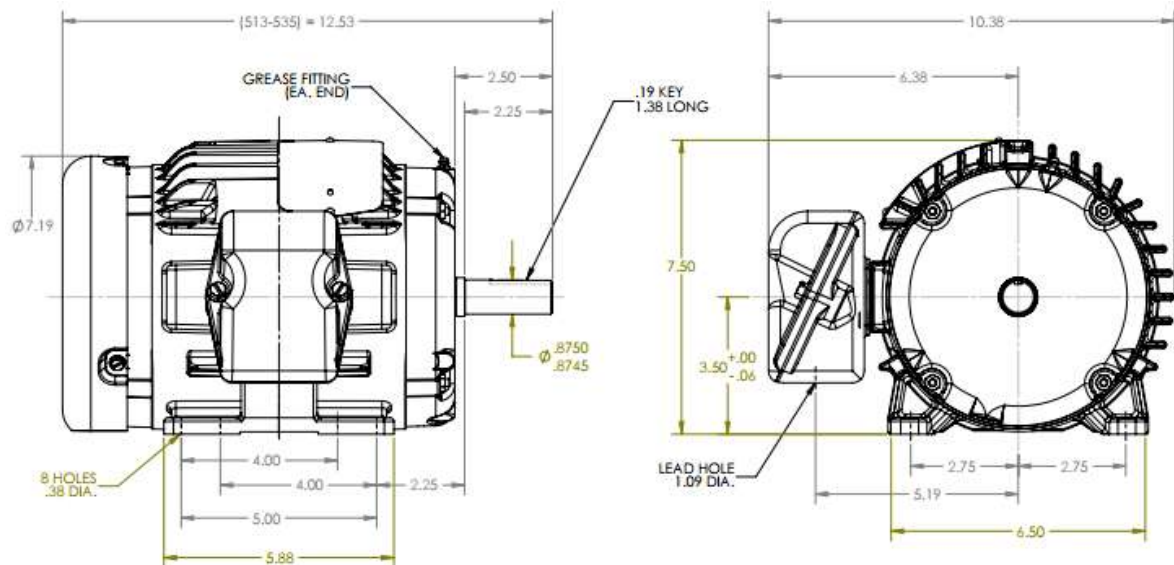
Cabe resaltar que la zona de criticidad en la que está ubicado cada equipo no corresponde únicamente del valor de criticidad, depende específicamente de la frecuencia de falla y el valor de la consecuencia, que una vez calculado son ubicados en la matriz de criticidad y de acuerdo a la posición se define si el equipo corresponde a Equipo no Critico, Equipo Medianamente Critico o Equipo Critico.

**3.3.2 Selección equipo para aplicar la metodología RCM.** Para la selección del equipo para el caso de estudio y aplicación de la metodología RCM alineado al Objetivo específico “Desarrollar una táctica RCM en uno de los equipos relevantes, para uno de los subsistemas significativos del proceso de producción”, se tuvo en cuenta el análisis de criticidad realizado anteriormente, en donde se seleccionó el motor de distribución de concentrado **MH-MON-ALI-MOT-020** en el galpón de la empresa Macro Huevo SAS por ser un equipo critico por su impacto en el proceso por lo cual se evidencia que este equipo presenta una rata alta de acciones de mantenimiento correctivo durante los periodos de operación, además que este equipo es el de mayor capacidad en el sistema.

Descripción: Motor Eléctrico trifásico Marca BALDOR de 1.5 HP Referencia 05WGX007-R001 PIP M3584T en hierro fundido totalmente cerrado y la banda de acero industrial. Diseñado para el uso en "propósito general".

Tabla 7. Especificaciones Motor BALDOR 1.5 HP

Winding: 05WGX007-R001		Type: 0521M		Enclosure: TEFC	
Nameplate Data				460 V, 60 Hz: High Voltage Connection	
Rated Output (HP)	1.5			Full Load Torque	4.43 LB-FT
Volts	208-230/460			Start Configuration	direct on line
Full Load Amps	5.1-4.8/2.4			Breakdown Torque	19.6 LB-FT
R.P.M.	1755			Pull-up Torque	10.1 LB-FT
Hz	60	Phase	3	Locked-rotor Torque	14.3 LB-FT
NEMA Design Code	B	KVA Code	M	Starting Current	19.3 A
Service Factor (S.F.)	1.15			No-load Current	1.69 A
NEMA Nom. Eff.	84	Power Factor	70	Line-line Res. @ 25°C	10 Ω
Rating - Duty	40C AMB-CONT			Temp. Rise @ Rated Load	44°C
S.F. Amps				Temp. Rise @ S.F. Load	51°C



Fuente: <https://www.baldorvip.com/servlet/productInfoPacket/05C001X007H1.pdf> Consultado 06 de Julio de 2015.

**3.3.3 Contexto Operacional del Motor.** El Motor que se tomó para el presente estudio, pertenece al sistema de distribución de alimento que mueve la banda transportadora ubicada en el interior del galpón, su función es repartir de forma uniforme concentrado por medio de una banda transportadora para suministrar el

alimento a las aves en el sistema de producción automatizado seleccionado para la empresa Macro Huevo SAS, en esta línea de proceso solo se cuenta con 1 motor destinado para esta función.

La función principal de este equipo en el sistema de alimentación es:

Convertir energía eléctrica en energía mecánica con un motor eléctrico trifásico marca Baldor alimentado a 220 VAC  $\pm$  15 VAC, 60 Hz  $\pm$  3 Hz, con una potencia de 1.5 HP a una temperatura nominal de 44°C  $\pm$  5 °C, suministrando 1600 RMP  $\pm$  50 RPM, para proporcionar la distribución de alimento por la banda transportadora MH-MON-ALI-BAN-020 que se desplaza a 3.6 Km/h en el galpón de producción avícola en la empresa Macro Huevos SAS

El ambiente de operación del motor está sujeto a las condiciones de alimentación que están definidas por los horarios de alimentación diarios que se tienen implementados en el galpón de producción, el sistema de control del motor debe ser accionado por medio de un temporizador que debe estar calibrado para arrancar el equipo de acuerdo a los siguientes horarios programados de alimentación:

- 1° Fase de alimentación Diaria: Hora 6:00 Am a 8:00 Am
- 2° Fase de alimentación Diaria: Hora 1:30 Pm a 3:00 Pm

Las horas de trabajo para este equipo en condiciones normales de funcionamiento son las siguientes:

Horas de trabajo Diarias = 2 Horas + 1.5 Horas = 3.5 Horas / día

Horas de Trabajo Mensuales = 105 Horas / Mes

Horas de Trabajo Anuales = 1260 Horas / Mes

Este equipo cuenta los siguientes sistemas:

- Sistema de control automatizado

- Botón de parada local
- Botón de parada de emergencia del sistema

La temperatura ambiente de trabajo del motor es de 27 °C que es la temperatura normal en las instalaciones de la empresa, el equipo va a estar sometido a un área de trabajo en donde se va a tener presencia de polvos producto del concentrado que se distribuye en la banda transportadora que acciona el motor; este motor cuenta con un Switch de temperatura interno que protege el equipo por alta temperatura cuando alcanza los 60 °C.

La disponibilidad y suministro de energía para la alimentación de este equipo depende de la alimentación entregada por la red de distribución de energía local en la vereda de Monterralo que está a cargo de la empresa de energía de Casanare ENERCA, y en la empresa no se cuenta con un equipo de respaldo para soportar las cargas en caso de falta o fallos de energía.

Para el desarrollo de este ejercicio se supone que en empresa no se tiene contemplado un Stock de repuestos para suplir las funciones del motor en caso de falla, no se tiene un motor en bodega y no se cuenta con un motor en paralelo para cambio en caso de falla.

En la empresa se cuenta con un operador técnico que realiza las actividades relacionadas con el proceso de producción en las instalaciones que está dispuesto en turnos de trabajo de 8 horas diarias en jornadas de lunes a domingo.

### **3.3.4 Análisis de Criticidad del Motor**

**Criticidad total** = Frecuencia de fallas x Consecuencia

**Consecuencia** = ((Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costo Mtto. + Impacto SAH)

$$C = Ip * Fo + Cm + Isah$$

**C** = Consecuencia

**Ip** = Impacto Operacional

**Fo** = Flexibilidad Operacional

**Cm** = Costo Mantenimiento

**Isah** = Impacto Seguridad Ambiente Higiene

**FF** = Frecuencia de Fallas

... De acuerdo a la Tabla 5... EVALUACIÓN DE LA CRITICIDAD MACRO HUEVO SAS y discriminando los valores específicos para el motor eléctrico **MH-MON-ALI-MOT-020** el análisis de criticidad es:

$$C = Ip * Fo + Cm + Isah \quad \text{Criticidad total} = FF * C$$

$$C = (7 * 4) + 1 + 3 \quad \text{Criticidad total} = 4 * 32$$

$$C = 28 + 1 + 3 \quad \text{Criticidad total} = 128$$

$$C = 32$$

Tabla 7. MATRIZ DE CRITICIDAD MOTOR MH-MON-ALI-MOT-020

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Fuente: Instructivo "Mantenimiento Preventivo" Especialización en gerencia de Mantenimiento UIS

Este motor se considera crítico por la función en el proceso que desarrolla y el impacto operacional que se genera con la parada del mismo, ya que por medio de su función se va a distribuir el alimento para las aves en el galpón de producción, de acuerdo al análisis de criticidad este motor va a tener una frecuencia de fallas promedio mayor a 2 fallas por año, tiene un Impacto operacional que genera parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas, la flexibilidad operacional del equipo es de 4 ya que no hay equipo de respaldo para la operación durante una parada, el costo de mantenimiento es Inferior a USD \$ 20.000, y el impacto durante la parada es medio en cuanto a Seguridad Ambiente Higiene ya que se pueden generar daños menores al ambiente y la seguridad.

Finalmente los resultados obtenidos durante el presente ejercicio fueron sometidos al criterio de los directivos de la empresa Macro Huevo SAS, los cuales confirmaron la racionalidad de los resultados basados en sus conocimientos. De esta forma se evidencia que la experiencia obtenida para este análisis de criticidad es factible y genera en la empresa una expectativa positiva a la hora de realizar el proceso de implementación.

**3.3.5 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD MOTOR.** El análisis de confiabilidad y disponibilidad permite tener control sobre el equipo de caso de estudio en cuanto a operación y mantenimiento, conociendo los datos de confiabilidad y disponibilidad podemos obtener la mayor eficiencia del recurso disponible permitiendo una adecuada planeación a medida que una logra mayor eficiencia del recurso disponible. La confiabilidad se asocia a las fallas ya que es la probabilidad que determinado equipo funcione sin fallas durante un periodo en condiciones normales de operación, la mantenibilidad a reparaciones y la disponibilidad a la probabilidad que un equipo funciones satisfactoriamente en el momento en que es requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa en condiciones estables.

Para el presenta caso de estudio en la empresa Macro Huevo SAS no se tiene

implementado el sistema automatizado de producción, por este motivo no se cuenta con una base de datos asociado a la operación y/o mantenimiento del equipo descrito anteriormente, por este motivo no es posible establecer los índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad para el motor eléctrico **MH-MON-ALI-MOT-020**.

## 4 PROPUESTA

### 4.1 DESARROLLO TÁCTICA RCM MOTOR ELECTRICO

**4.1.1 Proceso RCM.** “El proceso RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar esta relación detalladamente, es necesario saber qué tipo de elementos físicos existen en la empresa, y decidir cuáles son los que deben estar sujetos al proceso de revisión del RCM. En la mayoría de los casos, esto significa que debe realizarse un registro de equipos completo si no existe ya uno”<sup>15</sup>.

La norma SAE JA1011 especifica los requerimientos que debe cumplir un proceso para poder ser denominado un proceso RCM.

Para el caso particular en la empresa Macro Huevo SAS se realizó un proceso de jerarquización para las posibles ubicaciones técnicas y para el desarrollo del capítulo 4 se continua con análisis para el equipo Motor Baldor de 1.5 HP cuya ubicación técnica de acuerdo a la jerarquización es **MH-MON-ALI-MOT-020** para realizar el proceso de análisis por medio de la metodología RCM ya que para este equipo se tiene adelantado el análisis de criticidad.

Según la norma SAE JA1011, las 7 preguntas básicas del proceso RCM son:

- ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?
- ¿Cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados con estas funciones?
- ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?  
¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?

---

<sup>15</sup> [Citado el 01 de Mayo de 2015] Disponible en <[http://catehe.com/09\\_boletines/2014/b479-imse.pdf](http://catehe.com/09_boletines/2014/b479-imse.pdf)>

- ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
- ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva adecuada?

La primera fase de la metodología RCM consiste en realizar la recopilación y el registro de la información utilizando las 4 primeras preguntas básicas de RCM, en esta etapa se realiza un análisis de las funciones, de fallos funcionales, de modo de fallo y los efectos de los fallos en cada uno de los componentes analizados, en esta fase se utilizaron las hojas de información los datos para RCM.

La segunda fase corresponde a la toma de decisiones, comprendiendo la decisión sobre las tareas preventivas que deben desarrollarse siguiendo el camino de las funciones, fallos funcionales, modo de fallo, registrado en la hoja de información. Además, se analiza la frecuencia de las mismas y se define quién debe realizarlas; esta información queda plasmada en la Hoja de Decisión e información de RCM. Para el desarrollo de esta hoja de trabajo se sigue el procedimiento del Árbol de Decisión, que constituye la herramienta básica para la toma de decisiones en las tareas de mantenimiento.

#### **4.1.2 Análisis Funcional Motor Eléctrico trifásico BALDOR**

##### **4.1.2.1 Principio de funcionamiento motor trifásico.**

El motor es una máquina eléctrica rotativa, capaz de convertir la energía eléctrica trifásica suministrada, en energía mecánica. La energía eléctrica trifásica origina campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator lo que provoca que el arranque de estos motores no necesite circuito auxiliar, son más pequeños y livianos que uno monofásico de inducción de la misma potencia, debido a esto su fabricación representa un costo menor.

Los motores eléctricos trifásicos, se fabrican en las más diversas potencias, desde una

fracción de caballo hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), se los construye para prácticamente, todas las tensiones y frecuencias (50 y 60 Hz) normalizadas y muy a menudo, están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas.

Por su variedad de potencia y tamaño son muy usados en la industria no siendo así en el sistema residencial y doméstico debido fundamentalmente a que en este sector normalmente no llega la corriente trifásica. En la industria se emplean para accionar máquinas-herramienta, bombas, montacargas, ventiladores, extractores, elevadores, grúas eléctricas, etc.

Estos motores constan de tres partes fundamentales, estator, rotor y escudo.

El estator: está constituido por un enchapado de hierro al silicio de forma ranurado, generalmente es introducido a presión dentro de una de la carcasa.

El rotor: es la parte móvil del motor. Está formado por el eje, el enchapado y unas barras de cobre o aluminio unidas en los extremos con tornillos. A este tipo de rotor se le llama de jaula de ardilla o en cortocircuito porque el anillo y las barras forman en realidad una jaula.

Los escudos: por lo general se elaboran de hierro colado. En el centro tienen cavidades donde se incrustan cojinetes sobre los cuales descansa el eje del rotor. Los escudos deben estar siempre bien ajustados con respecto al estator, porque de ello depende que el rotor gire libremente, o que tenga "arrastres" o "fricciones".<sup>16</sup>

Figura 16. Motor BALDOR Referencia 05WGX007-R001



<sup>16</sup> [Citado el 09 de julio de 2015] Disponible en <[http://www.ecured.cu/index.php/Motor\\_el%C3%A9ctrico\\_trif%C3%A1sico](http://www.ecured.cu/index.php/Motor_el%C3%A9ctrico_trif%C3%A1sico)>

Fuente: <http://www.electricmotorwholesale.com/BALDOR-M3584T/>

El motor **MH-MON-ALI-MOT-020** cumple la función primaria que se encarga de convertir energía eléctrica en energía mecánica, alimentado a 220 VAC  $\pm$  15 VAC, 60 Hz  $\pm$  3 Hz, con una potencia de 1.5 HP a una temperatura nominal de 44°C  $\pm$  5 °C, suministrando 1600 RMP  $\pm$  50 RPM, para proporcionar la distribución de alimento por la banda transportadora MH-MON-ALI-BAN-020 que se desplaza a 3.6 Km/h en el galpón de producción avícola en la empresa Macro Huevos SAS. A continuación se relaciona la tabla en donde se describen las entradas al sistema, los procesos que se realizan y se definen las salidas.

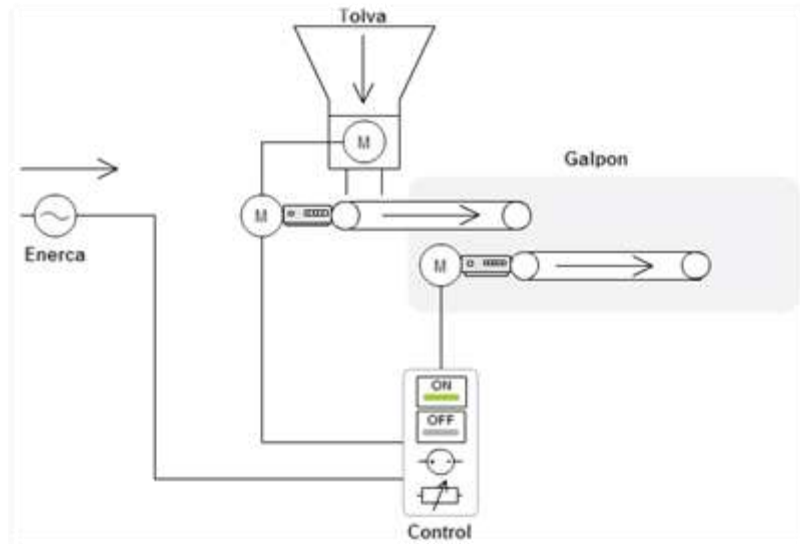
Tabla 8. Diagrama EPS Entradas, proceso y salidas

DIAGRAMA EPS MOTOR ELÉCTRICO BALDOR 1.5 HP MH-MON-ALI-MOT-020			
ENTRADA	PROCESO		SALIDA
	Convertir energía eléctrica en energía mecánica con un motor eléctrico trifásico marca Baldor alimentado a 220 VAC $\pm$ 15 VAC, 60 Hz $\pm$ 3 Hz, con una potencia de 1.5 HP a una temperatura nominal de 44°C $\pm$ 5 °C, suministrando 1600 RMP $\pm$ 50 RPM, para proporcionar la distribución de alimento por la banda transportadora MH-MON-ALI-BAN-020 que se desplaza a 3.6 Km/h en el galpón de producción avícola en la empresa Macro Huevos SAS		
	SUBPROCESOS	EQUIPOS PRINCIPALES	
Energía eléctrica proveniente de la red de distribución Enerca 220 VAC $\pm$ 10%, 60 Hz $\pm$ 0.5	Distribución y transporte de energía eléctrica	Cables de potencia N° 8 AWG	Suministro de energía a 220 VAC $\pm$ 10%, 60 Hz $\pm$ 0.5
Señales de control y potencia desde Sistema de control	Convertir energía eléctrica en energía mecánica	Motor BALDOR Referencia 05WGX007-R001 CATALOG NUMBER M3584T	1755 RPM $\pm$ 55 RPM Carga torsional de 4.43 LB-FT Corriente de arranque 19.3 Amp Corriente sin carga 1.69 Amp Temperatura Nominal 44 °C
Suministro de concentrado desde una tolva de distribución MH-MON-ALI-TOL	Mover una banda transportadora que se desplaza a 3.6 Km/h	Banda transportadora de 35 Metros de diámetro * 25 Cm de Ancho	Movimiento a 3.6 Kilómetros por Hora
Señales de control en campo	Protección y control Motor eléctrico	Switch de temperatura del motor	Señales de status, mediciones, alarmas, hacia el sistema de control

En la figura 17 se ilustra el proceso asociado a sistema de alimentación que se propone para una posible implementación en la empresa Macro Huevo SAS. Se cuenta con 3 motores eléctricos de características similares que distribuyen y suministran el proceso de alimentación para las aves residentes en el galpón de producción de la empresa Macro Huevo SAS, una tolva suministra la entrada de

concentrado al sistema la cual por medio de un motor eléctrico trifásico distribuye concentrado a una banda transportadores que moviliza el concentrado desde la tolva hasta la banda transportadora en el galpón de producción, la alimentación eléctrica es suministrada por la red de distribución publica que se tiene en la vereda de Monterralo y para el seguimiento del proceso de alimentación se cuenta con un sistema de control que regula la cantidad y los periodos en los cuales se debe suministrar concentrado a las aves en el galpón.

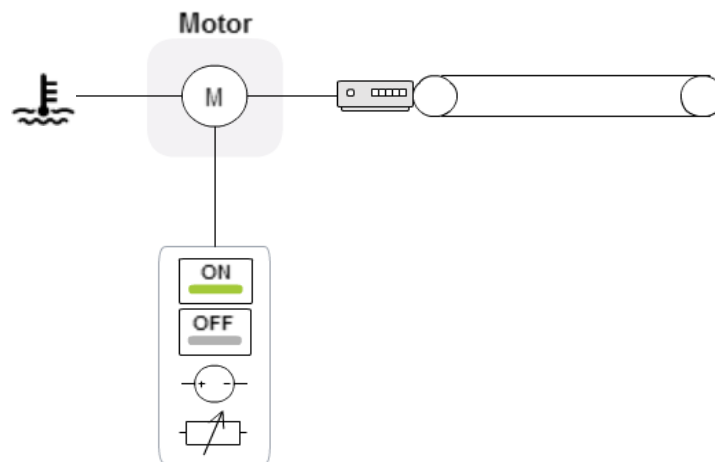
Figura 17. Diagrama funcional proceso de Alimentación



En la figura 18 se ilustra el proceso específico asociado a la distribución de concentrado en el galpón de producción para la empresa Macro Huevo SAS, en donde un Motor eléctrico trifásico Marca BALDOR de 1.5 HP Referencia 05WGX007-R001 PIP M3584T en hierro fundido totalmente cerrado, proporciona el desplazamiento de alimento al interior del galpón accionando un reductor de velocidad que mueve la banda transportadora MH-MON-ALI-BAN-020 que se desplaza a 3.6 Km/h; en su configuración este motor tiene un sistema de control para el arranque y parada que además es accionado por medio de un temporizador que debe estar configurado de acuerdo a los horarios de

alimentación establecidos en la empresa, este motor cuenta con una protección interna por temperatura que se dispara a 60°C, este motor debe estar aterrizado a una respectiva puesta a tierra de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas por el RETIE (Reglamentos Técnicos de Instalaciones Eléctricas).

Figura 18. Diagrama para motor eléctrico caso de estudio



**4.1.2.2 Análisis de modos, efectos de fallas y criticidad (FMECA) motor MH-MON-ALI-MOT-020.** “Modos de Falla, Efectos y Análisis de criticidad (FMECA) es una metodología diseñada para identificar modos de fallo potenciales de un producto o proceso, para evaluar el riesgo asociado con los modos de fallo, clasificar los problemas en términos de importancia e identificar las acciones correctivas para abordar las preocupaciones más serias.”<sup>17</sup>

Con la utilización de un estudio realizado por medio de la metodología FMECA es posible identificar aquellos componentes críticos en los que debe enfatizarse el mantenimiento, o que deben ser objeto de rediseño.

El estándar ISO 14224 tiene determinados muchos de los modos de falla aplicados a la industria, igualmente OREDA (Off Shore Reliability Data) también

<sup>17</sup> [Citado el 10 de julio de 2015] Disponible en <<http://www.weibull.com/hotwire/issue46/relbasics46.htm>>

tiene en sus aplicaciones modos de falla estándar, aplicables en su mayoría a cualquier tipo de industria.

En la empresa Macro Huevo SAS no se cuenta con los equipos ni la información de históricos, por este motivo para la validación de los diferentes análisis realizados al motor eléctrico en estudio fue necesario utilizar data genérica asociada a equipos principalmente extraída de las bases de datos como OREDA (Off Shore Reliability Data) además de asociar esta información al conocimiento práctico y experiencia en el sector industrial.

Tabla 9. Etapas de desarrollo del procedimiento FMECA

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Describir las funciones primarias y secundarias de los equipos</li><li>✓ Establecer todas las fallas funcionales reales y potenciales conocidas</li><li>✓ Los modos de fallas</li><li>✓ Evaluar las consecuencias y los efectos de cada modo de falla con su falla y su función</li><li>✓ Medir el RPN mediante evaluación de la severidad la probabilidad de ocurrencia y la posibilidad de detección</li><li>✓ Establecer las acciones correctivas o planeadas proactivas</li><li>✓ Realizar las tareas</li><li>✓ Medir nuevamente el RPN y replantear las acciones</li></ul> |
|---|

Fuente: Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

**4.1.2.3 Fallas funcionales o estados de falla Motor.** El RCM define falla funcional como el estado en el tiempo, en el cual el activo no puede alcanzar el estándar de ejecución esperado y trae como consecuencia que el activo pierda la función o cumpla la función de forma ineficiente, existen fallas funcionales totales o parciales.

Tabla 10. Fallas funcionales Motor Electrico Baldor

<b>HOJA DE INFORMACION RCM MOTOR ELECTRICO MH-MON-ALI-MOT-020</b>	
<b>Estándar de ejecución (Función)</b>	<b>Falla Funcional</b>
Convertir energía eléctrica en energía mecánica con un motor eléctrico trifásico marca Baldor alimentado a 220 VAC $\pm$ 15 VAC, 60 Hz $\pm$ 3 Hz, con una potencia de 1.5 HP a una temperatura nominal de 44°C $\pm$ 5 °C, suministrando 1600 RMP $\pm$ 50 RPM, para proporcionar la distribución de alimento por la banda transportadora MH-MON-ALI-BAN-020 que se desplaza a 3.6 Km/h en el galpón de producción avícola en la empresa Macro Huevos SAS	Motor no arranca
	Motor funciona a mas de 1650 RPM
	Motor funciona a menos de 1650 RPM
	Bajo par de arranque (< a 1,5 Hp)
	Corriente alta con carga
	Sobrecalentamiento del motor (> a 49 °C)
	Vibración excesiva

**4.1.2.4 Modos de falla motor MH-MON-ALI-MOT-020.** El Modo de falla se define como la causa de cada falla funcional, es decir el modo de falla es el que provoca la pérdida de la función total o parcial de un activo en su contexto operacional, cada falla funcional puede tener más de un modo de falla, en la siguiente tabla se describen los principales modos de falla asociados a la operación del motor *eléctrico MH-MON-ALI-MOT-020*.

Tabla 11. Modos de fallo motor MH-MON-ALI-MOT-020

HOJA DE INFORMACION RCM MOTOR ELECTRICO MH-MON-ALI-MOT-020		
Estándar de ejecución (Función)	Falla Funcional	Modos de Falla
Convertir energía eléctrica en energía mecánica con un motor eléctrico trifásico marca Baldor alimentado a 220 VAC ± 15 VAC, 60 Hz ± 3 Hz, con una potencia de 1.5 HP a una temperatura nominal de 44°C ± 5 °C, suministrando 1600 RMP ± 50 RPM, para proporcionar la distribución de alimento por la banda transportadora MH-MON-ALI-BAN-020 que se desplaza a 3.6 Km/h en el galpón de producción avícola en la empresa Macro Huevos SAS	Motor no arranca	Ausencia de tensión en los bornes del motor, Baja tensión de alimentación, Bobinado roto o quemado, Conexión equivocada, Numeración de los cables cambiados, Par de arranque insuficiente para la carga, Platinera abierta, Eje bloqueado por rodamientos dañados
	Motor funciona a más de 1650 RPM	Frecuencia de alimentación, superior a la nominal.
	Motor funciona a menos de 1650 RPM	Caída de la tensión de alimentación, Frecuencia de alimentación por debajo de la nominal, Rotor descentralizado, Rotor bloqueado, Falla en los rodamientos, Tapas con mucha presión o mal encajada, Sobrecarga
	Bajo par de arranque (< a 1,5 Hp)	Conexión interna equivocada, Rotor fallado, Rotor descentralizado, Tensión abajo de la nominal, Frecuencia abajo de la nominal, Frecuencia arriba de la nominal, Capacitancia abajo de la especificada.
	Corriente alta con carga	Tensión fuera de la nominal, Sobrecarga, Frecuencia fuera de la nominal, Carga bloqueada o con sobrecarga, Rotor arrastrando en el estator.
	Sobrecalentamiento del motor (> a 49 °C)	Ventilación obstruida, Tensión o frecuencia fuera del especificado, Rotor bloqueado, Aislamiento de bobinado, inadecuado, Sobrecarga Mecánica, Fallas en los rodamientos, Arranques consecutivos, Excentricidad, Lubricación < o > en rodamientos.
	Vibración excesiva	Rotor fuera de centro, Desbalanceo en la tensión de la red, Rotor fallado, Conexiones equivocadas, Rotor desbalanceado, Perdida torque en anclajes, Rotor arrastrando, Eje tuerto, Huelga en las chapas del estator, Falla de rodamientos, Barras Rotas, Des alineamiento Mecanico.

**4.1.2.5 Evaluación cualitativa del riesgo.** (Frecuencia de fallos x Consecuencias). Una vez identificados los modos de Falla asociados a las fallas funcionales del motor eléctrico MH-MON-ALI-MOT-020 se realizó una evaluación cualitativa del riesgo la tabla 12 muestra el estándar aplicado y acordado en la empresa Macro Huevo SAS, para dar la puntuación a cada uno de los criterios de la evaluación cualitativa del riesgo.

Tabla 12. Criterios de evaluación *cualitativa del riesgo*

<b>Factor de frecuencia de fallos/Escala 1-5</b>	<b>Puntuación</b>
Excelente: menos de 1 evento al año	1
Bueno: entre 1 y 2 eventos al años	2
Promedio: entre 2 y 4 eventos al año	3
Pobre: entre 4 y 6 eventos al año	4
Muy pobre: más de 6 eventos al año	5

<b>Impacto en el negocio (costos por: producción, indisponibilidad, mantenimiento, calidad)</b>	<b>Puntuación</b>
Costos superiores a 10.000.000 pesos	5
Costos entre 1.000.000 y 10.000.000 pesos	4
Costos entre 500.000 y 1.000.000 pesos	3
Costos entre 100.000 y 500.000 pesos	2
Costos inferiores a 100.000 pesos	1

<b>Factor de Consecuencias - Impacto en Seguridad – Higiene – Ambiente (SHA)</b>	<b>Puntuación</b>
Evento catastrófico: muerte y/o Alto impacto ambiental)	5
Evento que genera: lesión incapacitante / afectación sensible al ambiente	4
Evento que genera: daños a la integridad física de los activos y/o afectación moderada al ambiente	3
Evento que genera impactos menores en seguridad y/o incidente ambiental controlable (no genera daños ambientales)	2
No genera ningún impacto ambiental y/o de seguridad	1

Fuente: Taller. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), Carlos Parra

Los valores representados para el ítem “Impacto en el negocio (costos por: producción, indisponibilidad, mantenimiento, calidad)” esta representados en pesos y fueron evaluados con los directivos de la empresa en donde se estimaron los topes de los valores en pesos para calcular la puntuación de acuerdo al impacto específico para la empresa Macro Huevo SAS.

En la tabla número 13 se describe la Matriz de jerarquización por Riesgo en donde se definen los valores asociados a cada posición en la matriz definiendo la criticidad de acuerdo al modo de falla.

Tabla 13. Matriz de jerarquización por Riesgo

Con sec uen cias	5	M	A	MA	MA	MA
	4	M	M	A	A	MA
	3	B	M	M	A	A
	2	B	B	B	M	A
	1	B	B	B	B	M
		1	2	3	4	5

Frecuencia de Fallas

<b>B</b>	Baja Criticidad
<b>M</b>	Media Criticidad
<b>A</b>	Alta Criticidad
<b>MA</b>	Muy alta Criticidad

Fuente: Taller. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), Carlos Parra

Tabla 14. Jerarquización cualitativa del riesgo para los modos de falla del Motor Electrico Baldor

HOJA DE INFORMACION RCM MOTOR ELECTRICO MH-MON-ALI-MOT-020							
Estándar de ejecución (Función)	Falla Funcional	Modos de Falla	JERARQUIZACIÓN DEL MODO DE FALLA				
			FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO EN SHA	IMPACTO EN NEGOCIO	POSICIÓN MATRIZ	NIVEL DE CRITICIDAD
	Motor no arranca	Ausencia de tensión en los bornes del motor	1	1	4	(1 - 4)	M
		Baja tensión de alimentación	4	1	3	(4 - 3)	A
		Bobinado roto o quemado	1	3	4	(1 - 4)	M
		Conexión equivocada	1	1	1	(1 - 1)	B
		Numeración de los cables cambiados	1	1	1	(1 - 1)	B

Convertir energía eléctrica en energía mecánica con un motor eléctrico trifásico marca Baldor alimentado a 220 VAC ± 15 VAC, 60 Hz ± 3 Hz, con una potencia de 1.5 HP a una temperatura nominal de 44°C ± 5 °C, suministrando 1600 RMP ± 50 RPM, para proporcionar la distribución de alimento por la banda transportadora MH-MON-ALI-BAN-020 que se desplaza a 3.6 Km/h en el galpón de producción avícola en la empresa Macro Huevos SAS		Par de arranque insuficiente para la carga	1	1	2	(1 - 2)	B
		Platinera abierta	1	2	1	(1 - 1)	B
		Eje bloqueado por rodamientos dañados	1	2	2	(1 - 2)	B
	Motor funciona a más de 1650 RPM	Frecuencia de alimentación, superior a la nominal	1	1	1	(1 - 1)	B
	Motor funciona a menos de 1650 RPM	Caída de la tensión de alimentación	4	1	2	(4 - 2)	M
		Frecuencia de alimentación por debajo de la nominal	1	1	3	(1 - 3)	B
		Rotor descentralizado	1	1	3	(1 - 3)	B
		Rotor bloqueado	1	1	2	(1 - 2)	B
		Falla en los rodamientos	2	2	3	(2 - 3)	M
		Tapas con mucha presión o mal encajada	1	1	1	(1 - 1)	B
		Sobrecarga	2	2	2	(2 - 2)	B
	Bajo par de arranque (< a 1,5 Hp)	Conexión interna equivocada	1	1	1	(1 - 1)	B
		Rotor fallado	1	3	4	(1 - 4)	M
		Rotor descentralizado	1	1	2	(1 - 2)	B
		Tensión abajo de la nominal	4	1	3	(4 - 3)	A
		Frecuencia abajo de la nominal	1	1	1	(1 - 1)	B
		Frecuencia arriba de la nominal	1	1	1	(1 - 1)	B
		Capacitancia abajo de la especificada	1	1	1	(1 - 1)	B
	Corriente alta con carga	Tensión fuera de la nominal	4	1	3	(4 - 3)	A
		Sobrecarga	2	2	2	(2 - 2)	B
		Frecuencia fuera de la nominal	1	1	1	(1 - 1)	B
Carga bloqueada o con sobrecarga		2	3	2	(2 - 2)	B	
Rotor arrastrando en el estator		1	2	3	(1 - 3)	B	
Sobrecalentamiento	Ventilación obstruida	1	2	1	(1 - 1)	B	

	ntamiento del motor (> a 49 °C)	Tensión o frecuencia fuera del especificado	4	1	3	(4 - 3)	A
		Rotor bloqueado	1	2	2	(1 - 2)	B
		Aislamiento de bobinado, inadecuado	2	2	2	(2 - 2)	B
		Sobrecarga Mecánica	2	3	2	(2 - 2)	B
		Fallas en los rodamientos	2	2	2	(2 - 2)	B
		Arranques consecutivos	5	1	2	(5 - 2)	A
		Excentricidad	1	1	1	(1 - 1)	B
		Lubricación < o > en rodamientos	2	2	2	(2 - 2)	B
	Vibración excesiva	Rotor fuera de centro	1	1	2	(1 - 2)	B
		Desbalanceo en la tensión de la red	5	1	4	(5 - 4)	MA
		Rotor fallado	1	3	4	(1 - 4)	M
		Conexiones equivocadas	1	1	1	(1 - 1)	B
		Rotor desbalanceado	1	1	2	(1 - 2)	B
		Perdida torque en anclajes	2	1	2	(2 - 2)	B
		Rotor arrastrando	1	1	3	(1 - 3)	B
		Eje tuerto	1	1	2	(1 - 2)	B
		Huelga en las chapas del estator	1	1	2	(1 - 2)	B
		Falla de rodamientos	2	3	2	(2 - 2)	B
		Barras Rotas	1	2	2	(1 - 2)	B
Des alineamiento Mecánico	4	2	2	(4 - 2)	M		

Fuente: Taller. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), Carlos Parra

Realizando un análisis a la información contenida en la Tabla 14. Jerarquización cualitativa del riesgo para los modos de falla del Motor Electrico Baldor es fácil identificar que los modos de falla de mayor relevancia con niveles de criticidad alta y muy alta a tener en cuenta en el ejercicio realizado y en caso tal de implementar en la empresa Macro Huevo SAS el sistema automatizado de producción están asociados principalmente a:

- Fallas de energía eléctrica producidas por cortes de energía o niveles de

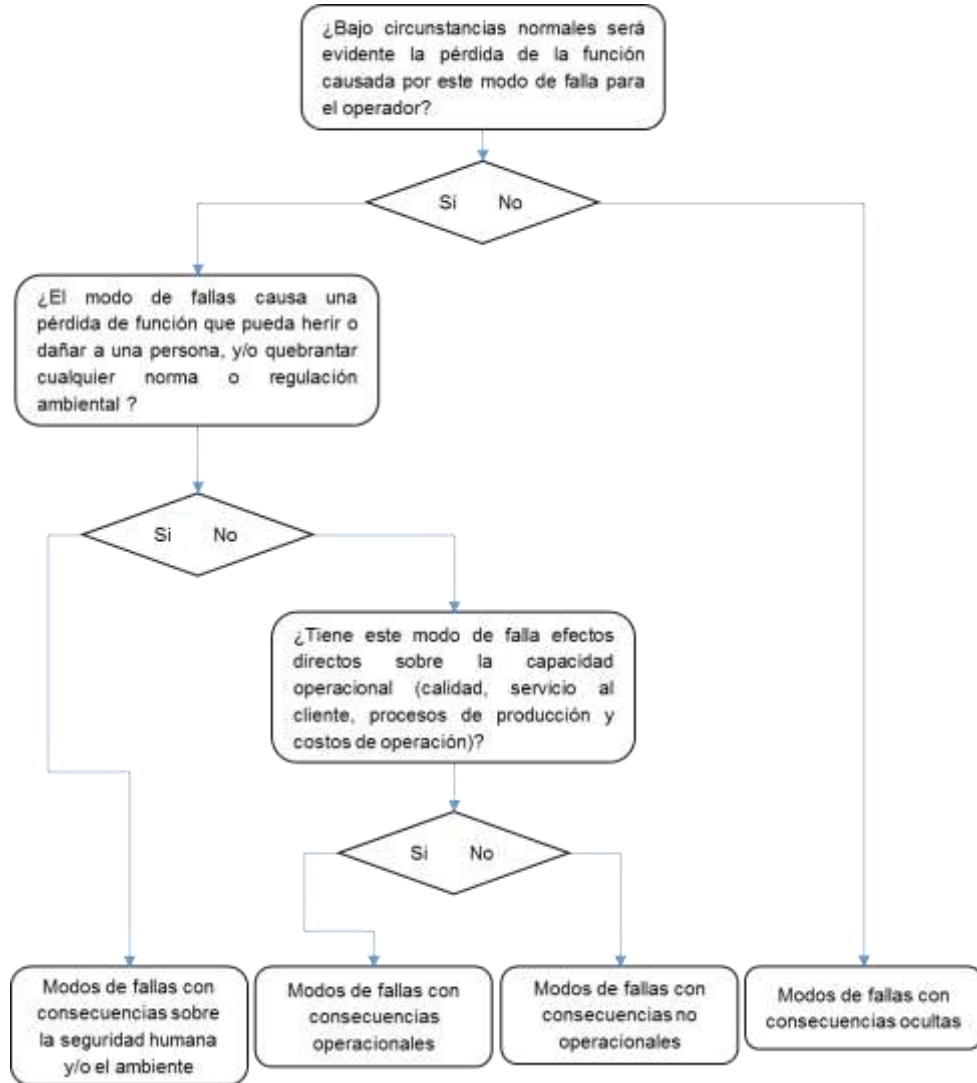
tensión diferentes a los nominales.

Realizada la Jerarquización cualitativa del riesgo para los modos de falla asociados al Motor Electrico en estudio se compartió al información con los directivos de la empresa en donde se visualizó un parte de preocupación y se ratifica que el suministro de energía eléctrica en la zona no es muy eficiente, se han evidenciado momentos o situaciones en donde equipos conectados a la red han sufrido daños por el comportamiento del suministro de energía por parte del proveedor Enerca.

**4.1.2.6 Criterios para la identificación de fallas.** Las causa de falla son una descripción de la secuencia de los eventos que apuntan hacia la forma en que la falla ocurrió, con estos se describe en forma suficiente el modo de falla que finalmente es la causa raíz del o de los problemas.

En la figura 19 se muestra el proceso por medio del cual durante la operación de los equipos en campo es posible identificar las posibles consecuencias de los modos de fallas específicos para cada caso. Para el ejercicio de desarrollo de la metodología RCM para el motor eléctrico en la empresa Macro Huevo SAS no es posible efectuar este análisis completo ya que no se cuenta con los equipos disponibles en campo por lo que no son evidentes las fallas ni el comportamiento del motor durante su operación, por este motivo se realizó una descripción de las consecuencias de las fallas en el Motor y se define si estos efectos de falla se pueden identificar.

Figura 19. Proceso de decisión consecuencias modos de fallas



Fuente: Taller. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), Carlos Parra

Para efectos futuros y ante una posible implementación del sistema automatizado de producción en la empresa Macro Huevo SAS a continuación se describen los tipos de falla a tener en cuenta durante el proceso de decisión de las consecuencias de los modos de fallas.

**FALLA OCULTA:** Se llama así a las fallas no detectables por los operarios bajo circunstancia normales, haría falta un procedimiento para ser detectado.

**FALLA CON CONSECUENCIAS EN LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE:** Un fallo trae consecuencias para la seguridad y Medio ambiente si causa una pérdida de función u otros daños que pueda herir o matar a alguien y/o conduce a la infracción de una normativa ambiental.

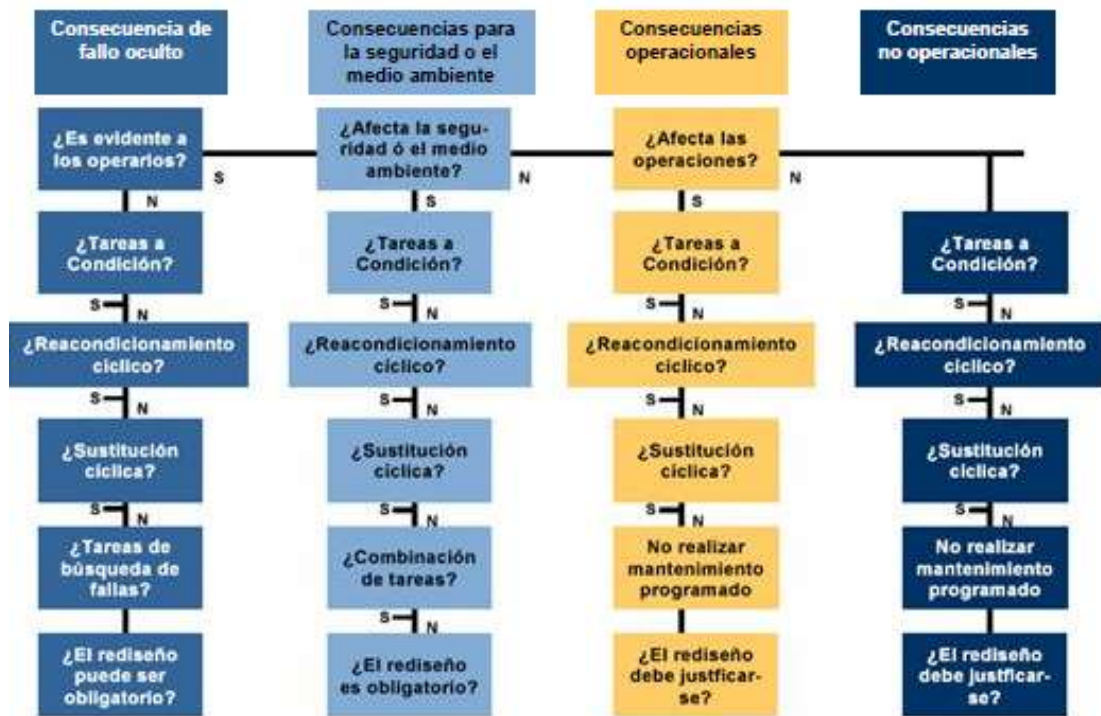
**FALLA CON CONSECUENCIAS OPERACIONALES:** Un fallo trae consecuencias operacionales si tiene un efecto adverso directo sobre la capacidad operacional, es decir: Afectan al rendimiento total, Afectan la calidad del producto, Afectan el servicio al cliente.

**CONSECUENCIAS NO OPERACIONALES:** Aplica cuando una falla no es oculta y no trae consecuencias para la seguridad y ambiente y operacional, evidentemente no ejercen ningún efecto sobre la capacidad operacional ni la seguridad, la única consecuencia de estos fallos son los costos directos de la reparación, es decir, también son consecuencias económicas.

En el Anexo B Descripción de consecuencias de las fallas Motor Electrico Baldor, se muestran los principales efectos de falla asociados a los modos de falla identificados para el motor eléctrico MH-MON-ALI-MOT-020 además se clasifican estos efectos para evidenciar si corresponden a fallas ocultas por medio de la casilla evidente en donde se marca sí o no.

**4.1.2.7 Diagrama de decisiones.** Una vez realizado el análisis al motor eléctrico MH-MON-ALI-MOT-020 se elaboró el árbol lógico de decisiones de mantenimiento según el RCM de acuerdo a la figura 20.

Figura 20. Árbol lógico de decisiones de las actividades de mantenimiento.



Fuente: Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Alberto Mora Gutiérrez, 2009. Colombia.

**4.1.2.8 Hoja de decisión.** Mediante la hoja de decisión se realiza un análisis en la cual se integran las consecuencias, las tareas, y finalmente es posible responder a las últimas 3 preguntas de la metodología del RCM:

- ¿Qué importa si falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse en caso de no encontrar una tarea proactivamente apropiada?

En el Anexo. Hoja de decisión Motor Electrico Baldor se muestra el desarrollo de la hoja de decisión aplicado al motor eléctrico MH-MON-ALI-MOT-020.

## **4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS RCM**

Finalizado el proceso de implementación de la metodología RCM y antes de proponer una estrategia o plan de mantenimiento para en el motor eléctrico trifásico MH-MON-ALI-MOT-020 que distribuye el concentrado para la alimentación de las aves en el galpón de producción en la empresa Macro Huevo SAS se van a analizar los resultados obtenidos con esta investigación para generar una serie de recomendaciones y comentarios enfocados principalmente en los resultados para lograr un proceso de gestión de los activos y los equipos que se pretenden implementar en la empresa de producción avícola Macro Huevo.

- Con un adecuado análisis de criticidad en una empresa o instalaciones es posible identificar de forma fácil los equipos o sistemas que requieren mayor atención, teniendo en cuenta la frecuencia de fallas y las consecuencias que puede ocasionar en determinado momento la falla específica para estos equipos; para el caso particular en la empresa Macro Huevo SAS fue posible identificar que los equipos relacionados con el sistema de alimentación son críticos ya que proporcionan el suministro constante de alimento para las aves y el negocio gira entorno a este sistema ya que de una buena y adecuada alimentación depende el proceso de producción de huevos que es la cadena vital del negocio en esta empresa.
- Antes de iniciar un proyecto, es necesario conocer de forma oportuna el contexto operacional de los equipos y los sistemas que se pretenden implementar; factores como, el ambiente de operación, perfil de operación, disponibilidad y calidad de los insumos requeridos para la operación, sistemas de control, monitoreo, alarmas, políticas de repuestos, recursos y

logística son fundamentales para lograr una adecuada interpretación de los resultados y por ende una correcta apreciación a la hora de tomar decisiones que beneficien los intereses de una organización y poder así realizar una gestión integral sobre los activos.

- Con los Modos de falla analizados para el funcionamiento del motor eléctrico MH-MON-ALI-MOT-020 dentro del contexto operacional en la empresa Macro Huevo SAS se logró identificar una serie de situaciones, falencia o inconveniente que en su mayoría tienen que ver con factores externos de los cuales no se tiene control en la empresa, específicamente las “fallas de energía eléctrica producidas por cortes o niveles de tensión diferentes a los nominales” ante una eventual implementación del sistema automatizado de producción avícola en la empresa es necesario tomar acción preventiva para controlar los modos de falla asociados a esta condición por esto se recomienda contar con un sistema alternativo para el suministro constante de energía eléctrica por medio de un generador eléctrico de respaldo con transferencia automática o un generador portátil de fácil instalación para suplir la carga instalada en caso de cortes de energía prolongados, además de contar con protectores eléctricos (o supresor de tensión).
- Las actividad de mantenimiento sugeridas durante es estudio realizado al motor eléctrico MH-MON-ALI-MOT-020 permiten ajustar las acciones de control de acuerdo a las fallas, teniendo en cuenta el entorno operacional de los equipos para llegar a un plan de mantenimiento optimizado que permita mejorar las seguridad, el rendimiento operacional de los activos y mejorar la relación costo/riesgo-efectividad del mantenimiento para alcanzar los beneficios y los resultados del RCM.
- Ante una eventual implementación del sistema automatizado para la

producción avícola en la empresa Macro Huevo SAS es necesario definir actividades relacionadas con políticas de repuestos para los sistemas, subsistemas y equipos que se pretenda instalar ya que para el caso puntual del motor eléctrico MH-MON-ALI-MOT-020 es necesario que en la empresa se defina de acuerdo al estudio realizado como se va a suplir, reemplazar o asumir una eventual falla en este motor, para esto se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones.

- Tener un motor disponible en bodega para realizar el proceso de cambio ante una posible falla del motor principal.
  - Contar con un equipo de respaldo instalado en campo para que trabaje en paralelo y que supla la función del motor MH-MON-ALI-MOT-020 en caso de falla.
  - Analizar los tiempos de reparación interna y externa asumiendo las pérdidas por reparación de acuerdo a los tiempos de entrega.
  - Contar con repuestos, equipos e insumos básicos en bodega y herramienta para realizar inspecciones, mantenimiento y/o reparaciones efectivas que minimicen los tiempos improductivos y los impactos operacionales en el sistema de producción (rodamientos, extractor de rodamientos, grasa, elementos para limpieza, equipos eléctricos como pinza amperimétrica, multímetro, megger, equipo para la medición de vibraciones, entre otros).
  - Se recomienda implementar un plan de entrenamiento para la operación y mantenimiento del motor eléctrico para los directivos, técnicos y operarios de la empresa.
- El éxito de la implementación del RCM dependerá fundamentalmente del grupo de trabajo involucrado para su implementación, es necesario contar con equipos multidisciplinarios que representen diferentes funciones en la organización, por este motivo la formación del personal que participará en

este proceso debe ser prioritaria antes de iniciar el proyecto, en esta fase se debe lograr la motivación individual para generar el compromiso necesario, garantizando así implantar la metodología de forma eficiente para que perdure en el tiempo.

### **4.3 PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO AL MOTOR**

Un plan de mantenimiento definido por medio de la metodología RCM es una herramienta importante para lograr el objetivo corporativos de las empresas que quieren una apropiada disponibilidad y un adecuado gasto, que garantice el nivel apropiado de mantenimiento programado, el uso racional de materiales consumibles y el mínimo empleo de materiales nocivos.

“El mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) es un método para establecer el plan de mantenimiento el cual permitirá alcanzar en forma eficiente y efectiva los requerimientos de seguridad y los niveles de disponibilidad de los equipos e instalaciones, y está dirigido al mejoramiento de la seguridad global, la disponibilidad y la economía de la operación.”<sup>18</sup>

El objetivo fundamental de la estrategia de mantenimiento que se recomienda implementar busca preservar las condiciones de uso y de accionamiento para que sean aproximadamente las mismas que se fijaron para su elección.

Para el ejercicio RCM realizado en el motor eléctrico MH-MON-ALI-MOT-020 de la empresa Macro Huevo SAS, se propone la siguiente estrategia de mantenimiento.

#### **4.3.1 Mantenimiento Mecánico**

- **Reengrase de los rodamientos.**

---

<sup>18</sup> INTERNATIONAL STANDARD. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-11: Guía de aplicación. Mantenimiento centrado en la fiabilidad. Norma IEC 60300. 2013

Es conveniente efectuar inspecciones a menudo, observando el estado de la grasa mediante el retiro de las tapas que dejan al descubierto el rodamiento.

El reengrase debe efectuarse aproximadamente cada 200 horas de servicio del motor, y se efectuará retirando la grasa usada, desmontando el rodamiento y lavándolo.

El deterioro del lubricante se reconoce por el cambio de consistencia o del color, o por la presencia de suciedad.

- **Vibraciones**

La norma IEC 60034-14 e ISO 2373 admiten 1.8 mm/s en motores pequeños.

La permanencia en valores bajos de las vibraciones, indica que no hay cambios en la geometría de las masas rotantes ni en la alineación y fijación del motor.

Es necesario tener presente que un nivel de vibraciones elevadas o mantenidas por largo tiempo dañarán sensiblemente los rodamientos o los cojinetes.

Se recomienda realizar monitoreo de vibraciones al motor eléctrico cada 3 meses.

- **Fijación del motor y de los elementos de acoplamiento o transmisión.**

Es conveniente verificar periódicamente las condiciones de fijación del motor a su base, con más frecuencia durante los primeros meses de su funcionamiento.

Es aconsejable extender la revisión mecánica sobre el acoplamiento o la transmisión realizando tareas puntuales como alineación, lubricación de los reductores y cajas de velocidad, alineación y fijación de los pernos en los acoples.

Se recomienda realizar estas tareas de fijación o alineación periódicamente con una frecuencia cada 3 meses.

#### 4.3.2 Mantenimiento Eléctrico

- **Características de la corriente consumida.**

Verificar la intensidad de corriente consumida por el motor cuando funciona con carga estable y simultáneamente.

Si se observan fluctuaciones de la corriente con carga constante, se debe proceder a revisar la jaula del rotor.

Si se aprecian diferencias entre las intensidades de corriente de las tres fases, se revisará el bobinado estatórico.

Esta tarea debe realizarse con una pinza amperimétrica con una frecuencia fija mensual.

- **Tensión de la red y carga del motor.**

Con esta prueba se controlan los valores de tensión en bornes del motor y de la corriente consumida a plena carga, para comprobar que el motor funciona de acuerdo a las en las condiciones prefijadas en la placa de características.

Corrientes mayores que la nominal llevan a calentamientos que reducen la vida útil del motor.

Esta tarea debe realizarse con una pinza amperimétrica con una frecuencia fija mensual.

- **Arranque.**

Periódicamente es necesario observar el arranque del motor para verificar su correcta acción, controlando la activación de los elementos del sistema de alimentación. Deben revisarse los contactos de los guardamotors, interruptores y contactores en el sistema de control, realizando los reemplazos cuando sea necesario.

Debe realizarse una inspección mensual para evaluar el correcto funcionamiento y arranque del motor.

- **Elementos de protección.**

Verificar las protecciones termomagnéticas, para comprobar que estén bien reguladas, verificar los conexiones y puesta a tierra para controlar periódicamente el apriete de todas las conexiones y la rigidez de los empalmes y terminales, asegurando que no queden elementos flojos que originen calentamientos localizados excesivos, que podrían provocar incluso el incendio del motor.

Realizarse una inspección mensual para evaluar el correcto funcionamiento de los elementos de protección del motor.

- **Estado del aislamiento.**

Un indicador del estado del aislamiento es la resistencia de aislamiento de los bobinados. Este valor a temperatura de régimen (entre 80 °C y 100 °C aproximadamente) deberá superar al obtenido con la siguiente expresión:

$$\text{Resistencia de Aislamiento} = \frac{\text{Tensión nominal del Motor (v)}}{\text{Potencia del Motor (KVA)} + 1000}$$

Y no debe ser menor a 1 MW. El elemento de medición será un meger, de un valor de tensión similar a la de la tensión nominal del motor.

En el supuesto caso de no alcanzar el valor indicado, deberá procederse a:

La limpieza del bobinado, puesto la suciedad es lo que normalmente más reduce la resistencia de aislamiento, si este paso no da resultado;

Proceder al secado, considerando que la causa es la presencia de humedad.

La tarea de limpieza del bobinado se realizará con el motor abierto, mediante el sopleteado de aire a presión, o la aplicación de un cepillo suave.

Ante la presencia de aceite o grasa, se sopleteará con algún solvente, asegurándose que éste no ataque químicamente la aislamiento. Se recomienda el tetracloruro de carbono ya que, además, no es inflamable.

Se recomienda realizar esta tarea preventiva cada 6 meses.

- **Limpieza.**

Como en las instalaciones de la empresa Macro huevo SAS se pueden tener ambientes de gran suciedad o con partículas en suspensión, el motor recomendado para la instalación debe presentar un alto grado de protección a estos ambientes, Aún en este caso, es necesaria una permanente vigilancia, con revisiones periódicas para evaluar y prevenir las consecuencias de la acción de partículas sobre la aislamiento.

Es conveniente verificar que la ventilación no se ha empobrecido, lo que provocaría incrementos del calentamiento.

Se debe realizar una limpieza periódica del motor en ciclos cada 3 meses.

- **Revisión de rotor.**

La revisión de la jaula podrá prevenir en alguna medida un futuro defecto, en general solo cabrá una inspección visual, buscando algún indicio de anomalías es necesario observar sus soldaduras y rigidez mecánica.

- **Medición de la resistencia óhmica de los bobinados.**

Servirá para verificación de las conexiones, particularmente en los casos en que haya sido necesario abrirlas.

Se recomienda realizar una vez al año.

- **Prueba de la rigidez dieléctrica.**

Sólo se justificará en los casos en que se dude acerca del estado del aislamiento y siempre que la circunstancia de una eventual falla posterior del motor detenga un mecanismo imprescindible. Si la resistencia de aislamiento tiene un valor elevado, no será necesaria la prueba de rigidez dieléctrica, en los casos en que aquella no se pueda elevar con los procesos de limpieza y secado, cabrá realizarla para eliminar la duda que este fenómeno se debe a un defecto incipiente localizado, que puede repararse preventivamente, o haber

llegado al extremo de la vida del aislante, lo que implica la necesidad de un rebobinado.

En la tabla 17 se presenta el plan de mantenimiento propuesto para el motor eléctrico MH-MON-ALI-MOT-020 de acuerdo al análisis realizado por medio de la metodología RCM, las recomendaciones y los ciclos de mantenimiento están proyectados para las condiciones de servicio de este motor en un ambiente de trabajo bajo circunstancias de polvos a raíz de la función que desarrolla este motor al movilizar concentrado para la alimentación de las aves en el galpón de producción de la empresa Macro Huevo SAS.

Tabla 15. Plan de mantenimiento propuesto Motor Electrico Baldor

<b>Plan de Mantenimiento Motor Electrico MH-MON-ALI-MOT-020</b>	
<b>Mantenimiento Mecánico</b>	
<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Frecuencia</b>
Reengrase de rodamientos	Cada 200 horas de servicio
Vibraciones	Cada 3 meses
Fijación del motor y alineación	Cada 3 meses
<b>Mantenimiento Electrico</b>	
<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Frecuencia</b>
Características de corriente consumida	Mensual
Tensión de red y carga del motor	Mensual
Arranque	Mensual
Elementos de protección	Mensual
Estado del aislamiento	Cada 6 meses
Limpieza	Cada 3 meses
Revisión de rotor	Por condición
Medición de la resistencia de los bobinados	Anual
Prueba de rigidez dieléctrica	Por condición

## 5 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Las recomendaciones y sugerencias contempladas en la presente tesis de monografía están enfocadas a la toma de decisiones ante una eventual implementación del sistema automatizado para la producción avícola en la empresa Macro Huevo SAS, no fue posible abarcar con profundidad el estudio completo para todos los sistemas y equipos de una batería de producción debido a las dimensiones y el alcance de un proceso de estudio de esta magnitud, pero se logró visualizar a gran escala los principales equipos y elementos que componen estos sistemas, en donde se realizó un análisis de criticidad y se estructuro de forma general un proceso para la implementación de RCM en uno de los equipos de estos sistemas de producción, es por esto que la información contenida en este documento proporciona una guía para los interesados en el tema en donde encontrarán un buen mapa o gira de ruta para estructurar un proceso completo si así lo deciden.

Los directivos de la empresa Macro Huevo SAS podrán considerar este estudio preliminar a la hora de tomar decisiones ante una posible implementación, además durante este proceso de investigación se logró iniciar un ciclo de formación en temas relacionados con la gestión de activos desde la conceptualización del proyecto, el ciclo de vida hasta la desincorporación, manteniendo siempre un enfoque de optimización de los objetivos corporativos de la empresa.

Los costos de implementación de sistemas automatizados para la producción avícola no fueron contemplando en esta monografía, pero durante el proceso de investigación se logró recopilar información relacionada con proveedores y/o distribuidores de estos sistemas, esta información fue compartida con los directivos de la empresa Macro Huevo SAS generando un valor agregado al proceso de investigación ya que a la hora de implementar una batería de producción se cuenta con información previa para iniciar con el proceso de

consulta y elección.

Ante una eventual implementación y puesta en marcha de un sistema automatizado de producción avícola en la empresa Macro Huevo SAS se contará con una base técnica de estudio para evaluar las diferentes variables presentes en el ambiente avícola en la vereda de Monterralo en el municipio de Aguazul, es seguro que las recomendaciones listadas ...en la sección 4.2... “ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS RCM” y el desarrollo de la metodología RCM con el análisis de criticidad identificación de las fallas, modos de falla, jerarquización del modo de falla, identificación del efecto de falla y la propuesta de un plan de mantenimiento servirán de guía para evaluar los contextos operaciones evidentes durante una futura ejecución.

## 6 CONCLUSIONES

Finalizado este proceso de investigación enfocado a la aplicación de la metodología RCM se puede concluir que se cumplió con los objetivos planteados durante el desarrollo de esta tesis de monografía, generando los diferentes resultados de acuerdo a cada proceso; para este desarrollo fue fundamental la contribución y el trabajo en equipo que se recibió por parte de los directivos y el personal de la empresa Macro Huevo SAS además del soporte y experiencia en el sector industrial, ya que para este estudio no fue posible contar con equipos o sistemas físicos en campo para una evaluación adecuada, pero con el soporte de personal técnico e investigativo se logró recopilar la información necesaria para plantear los diferentes pasos para la aplicación de la metodología del mantenimiento basado en confiabilidad.

Se logró explorar los principales equipos y componentes de los sistemas automatizados para la producción avícola en donde se realizó una caracterización describiendo en forma general función y conceptos básicos de estos sistemas en el proceso de producción, visualizando los principales requerimientos técnicos y tecnológicos necesarios para un adecuado grado de optimización.

Se realizó la jerarquización de estos equipos y se logró definir por medio de un análisis de criticidad que el sistema de alimentación de las aves en el galpón es crítico en el proceso por su importancia en la producción de huevos que es la base fundamental del negocio en la empresa Macro Huevo SAS.

Se realizó el desarrollo de la metodología RCM a uno de los Motores del sistema de alimentación del proceso de producción en la empresa Macro Huevo SAS, siguiendo los lineamientos de John Moubray, en el libro Mantenimiento centrado en confiabilidad, durante este proceso se identificaron los principales planes de acción aplicables por medio de la metodología RCM generando una serie de recomendaciones y un plan de mantenimiento enfocado a preservación y conservación de este motor en las mejores condiciones de acuerdo a su contexto operacional y los datos de placa del mismo.

Se realizaron los planteamientos del proceso de investigación por medio de la

estrategia metodológica además durante el desarrollo investigativo se compartió la información con los directivos de la empresa y personal técnico de experiencia logrando un proceso de comunicación efectivo y acertado de la metodología y los resultados asociados al desarrollo de esta tesis de monografía.

## BIBLIOGRAFÍA

MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Edición en español. Traducido por Ellmann, Sueiro y Asociados Buenos Aires Argentina, 2004.

JONES, Richard. Risk Based Management: A reability centered approach gulf. 1995.

GTC 62. Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Mantenimiento. Terminología. (IEC 60050-471).

NORMA SAE JA1012, A Guide to the Reliability-Centred Maintenance (RCM) Standard.

NORMA SAE JA1011, Evaluation Criteria for Reliability-Centred Maintenance.

DIAZ ORDUZ, Javier. Diseño de un modelo de mantenimiento centrado en Confiabilidad o RCM para el generador de soldadura impulsado a motor Miller 302. Monografía de Grado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica 2010.

INTERNATIONAL STANDARD. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-11: Guía de aplicación. Mantenimiento centrado en la fiabilidad. Norma IEC 60300. 2013.

Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM guía del curso diplomado en gestión de mantenimiento ACIEM.

<http://www.insavi.com/en/>

## **ANEXOS**

ANEXO A. Características Técnicas Motor Eléctrico Baldor



# **BALDOR® • RELIANCE®**

## **Product Information Packet**

### **M3584T**

**1.5HP, 1755RPM, 3PH, 60HZ, 145T, 0521M, TEFC, F**

Copyright © All product information within this document is subject to Baldor Electric Company copyright © protection, unless otherwise noted.

**BALDOR • RELIANCE** Product Information Packet: M3584T - 1.5HP, 1755RPM, 3PH, 60HZ, 145T, 0521M, TEFC, F

Part Detail		Change #:		Proprietary:		No	
Revision:	G	Status:	INAVA	CD Diagram:	CD0005		
Type:	AC	Prod. Type:	0521M	Layout:	05LYG001		
Enclosure:	TEFC	Mfg Plant:		Created Date:	11-08-2006		
Frame:	145T	Mounting:	F1	Eff. Date:	10-02-2009		
Base:	RG	Rotation:	R	Replaced By:			
Leads:	6#18						
Literature:		Elec. Diagram:					

**BALDOR • RELIANCE** Product Information Packet: M3584T - 1.5HP, 1755RPM, 3PH, 60HZ, 145T, 0521M, TEFC, F

Nameplate NP1256L									
CAT.NO.	M3584T								
SPEC.	05C001X007H1								
HP	1.5								
VOLTS	208-230/480								
AMP	5, 1-4, 8/2, 4								
RPM	1755								
FRAME	145T	HZ	60	PH	3				
SER.F.	1.15	CODE	M	DES	B	CLASS	F		
NEMA-NOM-EFF	84	PF	70						
RATING	40C AMB-CONT								
CC	D10A	USABLE AT 208V							
DE	8205	ODE 8203							
ENCL	TEFC	SN							

**BALDOR • RELIANCE** Product Information Packet: M3584T - 1.5HP, 1755RPM, 3PH, 60HZ, 145T, 0521M, TEFC, F

Parts List		
Part Number	Description	Quantity
SA149877	SA 05C001X007H1	1,000 EA
RA138879	RA 05C001X007H1	1,000 EA
34FN3002B01	EXTERNAL FAN, PLASTIC, .637/.639 HUB W/	1,000 EA
SIP101-000-000	EFACT PROCEDURES-FS PLANT-POLYREX EM, NO	1,000 EA
06CB3000	BALDOR CONDUIT BOX CAST	1,000 EA
06GS1000	GASKET, CONDUIT BOX	1,000 EA
51XW2520A12	.25-20 X .75, TAPTITE II, HEX WSHR SLTD	2,000 EA
11XW1032G06	10-32 X .38, TAPTITE II, HEX WSHR SLTD U	1,000 EA
HW3001B02	BRASS CUP WASHER W/ROUND SYMBOL TAB.	1,000 EA
35EP1100A02	FR ENDPLATE, TEFC W/GREASER	1,000 EA
HW4600A01	1641B(ALEMITE)400 UNIV. GREASE FITT	1,000 EA
HW5100A03SP	WAVY WASHER (W1649-017)	1,000 EA
35EP1102A02	PU ENDPLATE, MACH	1,000 EA
HW4600A01	1641B(ALEMITE)400 UNIV. GREASE FITT	1,000 EA
HA3100A37	THRUBOLT 10-32 X 8.500	4,000 EA
XY1032A02	10-32 HEX NUT DIRECTIONAL SERRATION	4,000 EA
51XB1214A16	12-14X1.00 HXWSSLD SERTY/B	1,000 EA
35FH4005A02SP	IEC FH W/GREASER - W/AUTOPHERETIC PRIMER	1,000 EA
51XW1032A06	10-32 X .38, TAPTITE II, HEX WSHR SLTD S	3,000 EA
06CB3500	BALDOR CONDUIT BOX LID	1,000 EA
06GS1001	BALDOR CONDUIT BOX GASKET	1,000 EA
51XW2520A12	.25-20 X .75, TAPTITE II, HEX WSHR SLTD	2,000 EA
HW2501D13SP	KEY, 3/16 SQ X 1.375	1,000 EA
HA7000A01	KEY RETAINER 7/8" DIA SHAFT	1,000 EA

Parts List (continued)		
Part Number	Description	Quantity
85XUD407S04	4X1/4 U DRIVE PIN STAINLESS	2,000 EA
MJ1000A75	GREASE, POLYREX EM EXXON (Use 4824-15A)	0.050 LB
MG1000G27	MED CHARCOAL METALLIC GREY	0.022 GA
LC0005E01	CONN DIA, WARNING LABEL (LC0005/LB118N)	1,000 EA
LB1125C04	STD-E (STOCK CTN LABEL STD-E WITH FLAG)	1,000 EA
NP1266L	ALUM UL CSA CC	1,000 EA
36PA1000	PKG GRP, PRINT PK1016A08	1,000 EA
MN416A01	TAG-INSTAL-MAINT no wire (1200/bx) 10/13	1,000 EA

**BALDOR • RELIANCE** Product Information Packet: M3584T - 1.5HP, 1755RPM, 3PH, 60HZ, 145T, 0521M, TEFC, F

Accessories		
Part Number	Description	Multiplier
35-1300	C FACE KIT	A8

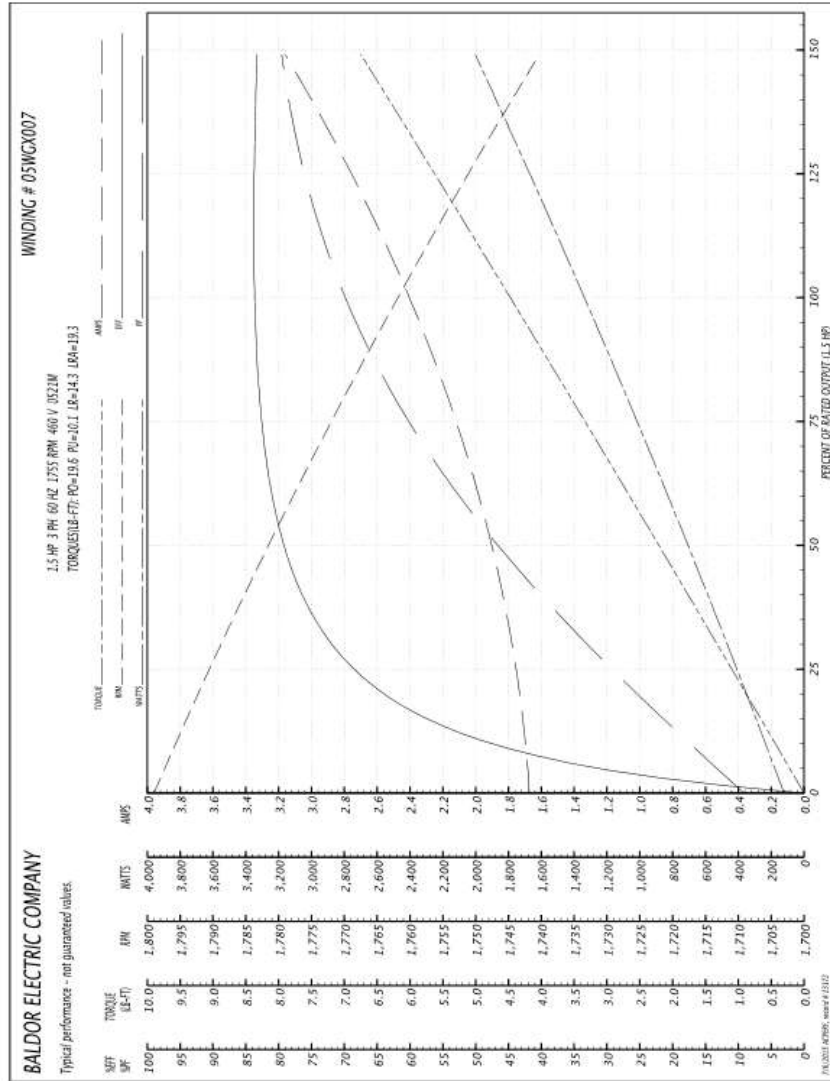
**AC Induction Motor Performance Data**  
Record # 23172 - Typical performance - not guaranteed values

<b>Winding:</b> 05WGX007-R001		<b>Type:</b> 0521M		<b>Enclosure:</b> TEFC	
Nameplate Data					
Rated Output (HP)	1.5		460 V, 60 Hz: High Voltage Connection		
Volts	208-230/460		Full Load Torque	4.43 LB-FT direct on line	
Full Load Amps	5.1-4.8/2.4		Start Configuration	19.6 LB-FT	
R.P.M.	1755		Breakdown Torque	10.1 LB-FT	
Hz	60	Phase	Locked-rotor Torque	14.3 LB-FT	
NEMA Design Code	B	KVA Code	Starting Current	19.3 A	
Service Factor (S.F.)	1.15		No-load Current	1.69 A	
NEMA Norm. Eff.	84	Power Factor	Line-line Res. @ 25°C	10 Ω	
Rating - Duty	40C AMB-CONT		Temp. Rise @ Rated Load	44°C	
S.F. Amps			Temp. Rise @ S.F. Load	51°C	

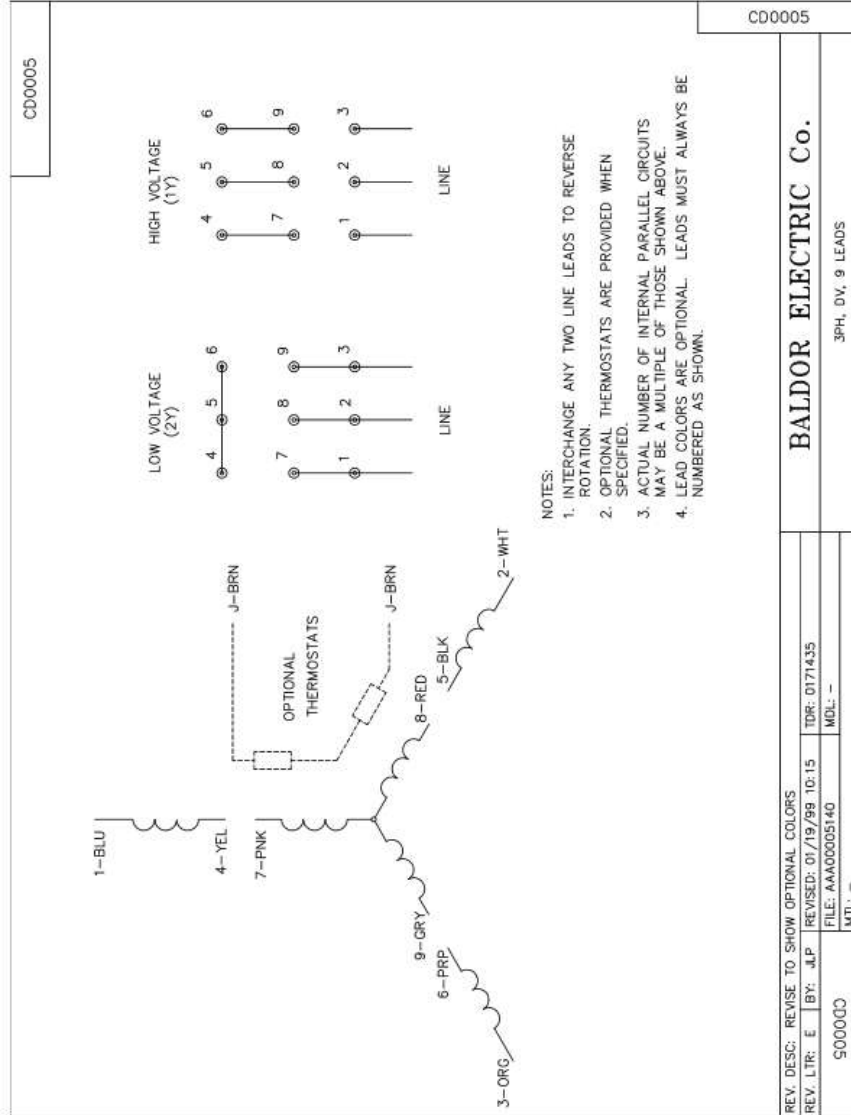
Load Characteristics 460 V, 60 Hz, 1.5 HP

% of Rated Load	25	50	75	100	125	150	S.F.
Power Factor	29	47	60	70	76	80	73
Efficiency	68.7	80.1	83.3	84.4	84.4	83.6	84.4
Speed	1791	1782	1772	1762	1752	1740	1756
Line amperes	1.73	1.88	2.11	2.42	2.75	3.15	2.62

Performance Graph at 460V, 60Hz, 1.5HP Typical performance - Not guaranteed values







<b>BALDOR ELECTRIC Co.</b>	3PH, DV, 9 LEADS
REV. DESC: REVISE TO SHOW OPTIONAL COLORS REV. LTR: E BY: JLP REVISED: 01/19/99 10:15 FILE: AAAG0005140 MTL: -	TDR: 0171435 MDL: -
500000	

ANEXO B. Consecuencia fallas Motor Electrico Baldor

Modos de Falla	Efecto de Falla	
	Evidente	Descripción del evento
Ausencia de tensión en los bornes del motor	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar el retorno de la energía
Baja tensión de alimentación	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar a que se reestablezca el servicio
Bobinado roto o quemado	SI	Corto entre fases, Corto en la conexión, Corto en la salida de la ranura, Corto dentro de la ranura, Pico de tensión, Desequilibrio de tensión, Rotor bloqueado, Sobrecalentamiento, Fallo de fase conexión en estrella, Fallo de fase conexión en triangulo, principalmente por contaminación interna del motor y/o degradación del material aislante por resecado, ocasionada por exceso de temperatura.
Conexión equivocada	SI	Error o confusión humana al conectar los terminales del motor, falta demarcación y registro fotográfico de la conexión original
Numeración de los cables cambiados	SI	Error o confusión humana al conectar los terminales del motor, falta demarcación y registro fotográfico de la conexión original
Par de arranque insuficiente para la carga	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora
Platinera abierta	NO	Platinera fundida por exceso de temperatura en el interior del motor, daño mecánico en la platina
Eje bloqueado por rodamientos dañados	SI	Rodamiento presenta Impresiones de cuerpos rodantes, grietas en las pistas o en los elementos rodantes, corrosión y/o roturas principalmente por fatiga de material
Frecuencia de alimentación, superior a la nominal.	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA
Caída de la tensión de alimentación.	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar a que se reestablezca el servicio
Frecuencia de alimentación por debajo de la	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de

nominal.		ENERCA
Rotor descentralizado	SI	Daño en los rodamientos del motor,
Rotor bloqueado	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora, Rotor arrastrando en el estator principalmente por desgaste de materiales, Temperatura interna del motor genera daños internos en el motor
Falla en los rodamientos	SI	Rodamiento presenta Impresiones de cuerpos rodantes, grietas en las pistas o en los elementos rodantes, corrosión y/o roturas principalmente por fatiga de material
Tapas con mucha presión o mal encajada	SI	Tapa montada o mal encajada que genera presión al eje del motor, principalmente asociado a la experiencia de los técnicos ejecutantes
Sobrecarga	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora
Conexión interna equivocada	SI	Error o confusión humana al conectar los terminales del motor, falta demarcación y registro fotográfico de la conexión original
Rotor fallado	NO	Una barra rota genera un calor intenso en la zona de ruptura y puede destruir el aislamiento cercano a las laminaciones y el devanado estático colapsara
Rotor descentralizado	NO	Falla de los rodamientos
Tensión abajo de la nominal	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar a que se reestablezca el servicio
Frecuencia abajo de la nominal	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA
Frecuencia arriba de la nominal	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA
Capacitancia abajo de la especificada	NO	Diferencia de potencial entre en los devanados del motor
Tensión fuera de la nominal	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar a que se reestablezca el servicio
Sobrecarga	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora
Frecuencia fuera de la nominal	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA

Carga bloqueada o con sobrecarga	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora
Rotor arrastrando en el estator	NO	Rotor arrastrando en el estator principalmente por desgaste de materiales
Ventilación obstruida	SI	Ventilación del motor obstruida o parcialmente obstruida, daños en el las aspas del ventilador del motor
Tensión o frecuencia fuera del especificado	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA
Rotor bloqueado	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora, Rotor arrastrando en el estator principalmente por desgaste de materiales, Temperatura interna del motor genera daños internos en el motor
Aislamiento de bobinado, inadecuado.	SI	Contaminación interna del motor; Fallo del esmalte de aislamiento del hilo; Fallo del barniz de impregnación; Rápidas oscilaciones en la tensión de alimentación, Degradación del material aislante por resecado, ocasionada por exceso de temperatura.
Sobrecarga Mecánica	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora
Fallas en los rodamientos	SI	Rodamiento presenta Impresiones de cuerpos rodantes, grietas en las pistas o en los elementos rodantes, corrosión y/o roturas principalmente por fatiga de material
Arranques consecutivos	NO	Los arranques consecutivos están limitados por el calor que adquieren las resistencias en las fases de arranque, asociado principalmente a calentamiento de lo devanados del motor
Excentricidad	SI	Desgaste natural de baleros, soportes, al tipo de carga o al acoplamiento mecánico de la máquina se incrementa el desajuste entre el rotor y el estator
Lubricación < o > en rodamientos	SI	Las fallas de rodamientos son causados por mala lubricación principalmente por grasa inadecuada, exceso de grasa o falta de grasa
Rotor fuera de centro	NO	Falla de los rodamientos

Desbalanceo en la tensión de la red	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar a que se reestablezca el servicio
Rotor fallado	NO	Una barra rota genera un calor intenso en la zona de ruptura y puede destruir el aislamiento cercano a las laminaciones y el devanado estático colapsara
Conexiones equivocadas	SI	Error o confusión humana al conectar los terminales del motor, falta demarcación y registro fotográfico de la conexión original
Rotor desbalanceado	NO	Trampas de aire e irregularidades en la fundición, excentricidad, adición de cuñas y cuñeros, distorsión, corrosión y desgaste, incrustaciones o depósitos
Perdida torque en anclajes	SI	Vibración excesiva del motor, falta de torque o tornillos para asegurar el motor
Rotor arrastrando	NO	Rotor arrastrando en el estator principalmente por desgaste de materiales
Eje tuerto	NO	Calentamiento interno del motor cuando no actual la protección del Switch de temperatura
Huelga en las chapas del estator	NO	Calentamiento excesivo genera daños en el núcleo del motor ocasionando corto en las Chapas del Estator
Falla de rodamientos	SI	Rodamiento presenta Impresiones de cuerpos rodantes, grietas en las pistas o en los elementos rodantes, corrosión y/o roturas principalmente por fatiga de material
Barras Rotas	NO	Fallas relacionadas con las altas temperaturas alcanzadas durante la operación y con las elevadas fuerzas centrífugas que soportan tanto barras como anillos de corto circuito, especialmente durante regímenes de funcionamiento transitorio.
Des alineamiento Mecánico	NO	Mal alineamiento angular: La pérdida de alineamiento angular ocurre cuando el motor se posiciona en un ángulo respecto a la transmisión, Mal alineamiento paralelo: Ocurre cuando los dos ejes son paralelos pero no están en la misma línea. Combinación de pérdidas de alineamiento: Ocurre cuando el eje del motor sufre pérdida de alineamiento angular y paralelo.

Fuente: Taller. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), Carlos Parra

## ANEXO C. Hoja de decisión Motor Electrico Baldor

Modos de Falla	Efecto de Falla		Plan de Mantenimiento			
	Evidente	Descripción del evento	Actividad de Mantenimiento	Tarea propuesta	Intervalo	A realizarse por
Ausencia de tensión en los bornes del motor	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar el retorno de la energía	Problema Externo	N/A	N/A	N/A
Baja tensión de alimentación	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar a que se reestablezca el servicio	Problema Externo	N/A	N/A	N/A
Bobinado roto o quemado	SI	Corto entre fases, Corto en la conexión, Corto en la salida de la ranura, Corto dentro de la ranura, Pico de tensión, Desequilibrio de tensión, Rotor bloqueado, Sobre calentamiento, Fallo de fase conexión en estrella, Fallo de fase conexión en triangulo, principalmente por contaminación interna del motor y/o degradación del material aislante por resecado, ocasionada por exceso de temperatura.	Predictivo	Termografía al motor Meggeo del motor	3 meses 6 Meses	Tecnico Electricista
Conexión equivocada	SI	Error o confusión humana al conectar los terminales del motor, falta demarcación y registro fotográfico de la conexión original	Problema Interno	Entrenamiento personal del	1 año	Tecnico Electricista
Numeración de los cables cambiados	SI	Error o confusión humana al conectar los terminales del motor, falta demarcación y registro fotográfico de la conexión original	Problema Interno	Entrenamiento personal del	1 año	Tecnico Electricista
Par de arranque insuficiente para la carga	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora	Preventivo	Engrase engranajes reductor de velocidad	6 meses	Tecnico Mecanico
Platinera abierta	NO	Platinera fundida por exceso de temperatura en el interior del motor, daño mecánico en la platina	Predictivo	Termografía al motor Meggeo del motor	3 meses 6 Meses	Tecnico Electricista
Eje bloqueado por rodamientos dañados	SI	Rodamiento presenta Impresiones de cuerpos rodantes, grietas en las pistas o en los elementos rodantes, corrosión y/o roturas principalmente por fatiga de material	Predictivo	Monitoreo vibraciones de	3 meses	Tecnico Electricista

Frecuencia de alimentación, superior a la nominal.	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA	Problema Externo	N/A	N/A	N/A
Caída de la tensión de alimentación.	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar a que se reestablezca el servicio	Problema Externo	N/A	N/A	N/A
Frecuencia de alimentación por debajo de la nominal.	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA	Problema Externo	N/A	N/A	N/A
Rotor descentralizado	NO	Daño en los rodamientos del motor	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista
Rotor bloqueado	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover la banda transportadora, Rotor arrastrando en el estator principalmente por desgaste de materiales, Temperatura interna del motor genera daños internos en el motor	Preventivo	Engrase engranajes reductor de velocidad Monitoreo de vibraciones	6 meses 3 meses	Tecnico Mecanico
Falla en los rodamientos	SI	Rodamiento presenta Impresiones de cuerpos rodantes, grietas en las pistas o en los elementos rodantes, corrosión y/o roturas principalmente por fatiga de material	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista
Tapas con mucha presión o mal encajada	SI	Tapa montada o mal encajada que genera presión al eje del motor, principalmente asociado a la experiencia de los técnicos ejecutantes	Problema Interno	Entrenamiento personal	1 año	Tecnico Electricista
Sobrecarga	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora	Preventivo	Engrase engranajes reductor de velocidad	6 meses	Tecnico Mecanico
Conexión interna equivocada	SI	Error o confusión humana al conectar los terminales del motor, falta demarcación y registro fotográfico de la conexión original	Problema Interno	Entrenamiento personal	1 año	Tecnico Electricista
Rotor fallado	NO	Una barra rota genera un calor intenso en la zona de ruptura y puede destruir el aislamiento cercano a las laminaciones y el devanado estático colapsara	Predictivo	Termografía al motor Meggeo del motor	3 meses 6 Meses	Tecnico Electricista
Rotor descentralizado	NO	Falla de los rodamientos	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista

Tensión abajo de la nominal	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar a que se reestablezca el servicio	Problema Externo	N/A	N/A	N/A
Frecuencia abajo de la nominal	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA	Problema Externo	N/A	N/A	N/A
Frecuencia arriba de la nominal	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA	Problema Externo	N/A	N/A	N/A
Capacitancia abajo de la especificada	NO	Diferencia de potencial entre en los devanados del motor	Detectivo	Meggeo de devanados del motor	6 meses	Tecnico Electricista
Tensión fuera de la nominal	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar a que se reestablezca el servicio	Problema Externo	N/A	N/A	N/A
Sobrecarga	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora	Preventivo	Engrase engranajes reductor de velocidad	6 meses	Tecnico Mecanico
Frecuencia fuera de la nominal	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA	Problema Externo	N/A	N/A	N/A
Carga bloqueada o con sobrecarga	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora	Preventivo	Engrase engranajes reductor de velocidad	6 meses	Tecnico Mecanico
Rotor arrastrando en el estator	NO	Rotor arrastrando en el estator principalmente por desgaste de materiales	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista
Ventilación obstruida	SI	Ventilación del motor obstruida o parcialmente obstruida, daños en el las aspas del ventilador del motor	Predictivo	Inspección visual y limpieza general a las aspas del ventilador	1 meses	Tecnico Electricista
Tensión o frecuencia fuera del especificado	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA	Problema Externo	N/A	N/A	N/A
Rotor bloqueado	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora, Rotor arrastrando en el estator principalmente por desgaste de materiales, Temperatura interna del motor genera daños internos en el motor	Preventivo	Engrase engranajes reductor de velocidad Monitoreo de vibraciones	6 meses 3 meses	Tecnico Mecanico
Aislamiento de bobinado, inadecuado.	SI	Contaminación interna del motor; Fallo del esmalte de aislamiento del hilo; Fallo del barniz de impregnación; Rápidas oscilaciones en la tensión de alimentación, Degradación del material aislante por resaca, ocasionada por exceso de temperatura.	Predictivo	Termografía al motor Meggeo del motor	3 meses 6 Meses	Tecnico Electricista

Sobrecarga Mecánica	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora	Preventivo	Engrase engranajes reductor de velocidad	6 meses	Tecnico Mecanico
Fallas en los rodamientos	SI	Rodamiento presenta Impresiones de cuerpos rodantes, grietas en las pistas o en los elementos rodantes, corrosión y/o roturas principalmente por fatiga de material	Predictivo	Monitoreo vibraciones de	3 meses	Tecnico Electricista
Arranques consecutivos	NO	Los arranques consecutivos están limitados por el calor que adquieren las resistencias en las fases de arranque, asociado principalmente a calentamiento de lo devanados del motor	Predictivo	Monitoreo vibraciones de	3 meses	Tecnico Electricista
Excentricidad	SI	Desgaste natural de baleros, soportes, al tipo de carga o al acoplamiento mecánico de la máquina se incrementa el desajuste entre el rotor y el estator	Predictivo	Termografía al motor Megge del motor	3 meses 6 Meses	Tecnico Electricista
Lubricación < o > en rodamientos	SI	Las fallas de rodamientos son causados por mala lubricación principalmente por grasa inadecuada, exceso de grasa o falta de grasa	Predictivo	Monitoreo vibraciones de	3 meses	Tecnico Electricista
Rotor fuera de centro	NO	Falla de los rodamientos	Predictivo	Monitoreo vibraciones de	3 meses	Tecnico Electricista
Desbalanceo en la tensión de la red	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar a que se reestablezca el servicio	Problema Externo	N/A	N/A	N/A
Rotor fallado	NO	Una barra rota genera un calor intenso en la zona de ruptura y puede destruir el aislamiento cercano a las laminaciones y el devanado estático colapsara	Preventivo Predictivo	Engrase engranajes reductor de velocidad Monitoreo vibraciones de Megge del motor	6 meses 3 meses 3 meses	Tecnico Mecanico / Tecnico Electricista
Conexiones equivocadas	SI	Error o confusión humana al conectar los terminales del motor, falta demarcación y registro fotográfico de la conexión original	Problema Interno	Entrenamiento personal del	1 año	Tecnico Electricista

Rotor desbalanceado	NO	Trampas de aire e irregularidades en la fundición, excentricidad, adición de cuñas y cuñeros, distorsión, corrosión y desgaste, incrustaciones o depósitos	Reactivo	Mantenimiento a falla o ruptura	N/A	Tecnico Electricista
Perdida torque en anclajes	SI	Vibración excesiva del motor, falta de torque o tornillos para asegurar el motor	Predictivo	Monitoreo de vibraciones a los anclajes del motor Rutina de torqueo de puntos de anclaje	3 meses	Tecnico Electricista
Rotor arrastrando	NO	Rotor arrastrando en el estator principalmente por desgaste de materiales	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista
Eje tuerto	NO	Calentamiento interno del motor cuando no actúa la protección del Switch de temperatura	Reactivo	Mantenimiento a falla o ruptura	N/A	Tecnico Electricista
Huelga en las chapas del estator	NO	Calentamiento excesivo genera daños en el núcleo del motor ocasionando corto en las Chapas del Estator	Predictivo	Termografía al motor Meggeo del motor	3 meses 6 Meses	Tecnico Electricista
Falla de rodamientos	SI	Rodamiento presenta Impresiones de cuerpos rodantes, grietas en las pistas o en los elementos rodantes, corrosión y/o roturas principalmente por fatiga de material	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista
Barras Rotas	NO	Fallas relacionadas con las altas temperaturas alcanzadas durante la operación y con las elevadas fuerzas centrífugas que soportan tanto barras como anillos de corto circuito, especialmente durante regímenes de funcionamiento transitorio.	Predictivo	Termografía al motor Meggeo del motor	3 meses 6 Meses	Tecnico Electricista
Des alineamiento Mecánico	NO	Mal alineamiento angular: La pérdida de alineamiento angular ocurre cuando el motor se posiciona en un ángulo respecto a la transmisión, Mal alineamiento paralelo: Ocurre cuando los dos ejes son paralelos pero no están en la misma línea. Combinación de pérdidas de alineamiento: Ocurre cuando el eje del motor sufre pérdida de alineamiento angular y paralelo.	Predictivo	Termografía al motor Meggeo del motor	3 meses 6 Meses	Tecnico Electricista

Fuente: Taller. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), Carlos Parra

ANEXO D. Hoja de información RCM motor eléctrico

HOJA DE INFORMACION RCM MOTOR ELECTRICO MH-MON-ALI-MOT-020													
Estándar de ejecución (Función)	Falla Funcional	Modos de Falla	Efecto de Falla		Plan de Mantenimiento				JERARQUIZACIÓN DEL MODO DE FALLA				
			Evidente	Descripción del evento	Actividad de Mantenimiento	Tarea propuesta	Intervalo	A realizarse por	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO EN SHA	IMPACTO EN NEGOCIO	POSICIÓN MATRIZ	NIVEL DE CRITICIDAD
Convertir energía eléctrica en energía mecánica con un motor eléctrico trifásico marca Baldor alimentado a 220 VAC ± 15 VAC, 60	Motor no arranca	Ausencia de tensión en los bornes del motor	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar el retorno de la energía	Problema Externo	N/A	N/A	N/A	1	1	4	(1 - 4)	M
		Baja tensión de alimentación	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar a que se reestablezca el servicio	Problema Externo	N/A	N/A	N/A	4	1	3	(4 - 3)	A
		Bobinado roto o quemado	SI	Corto entre fases, Corto en la conexión, Corto en la salida de la ranura, Corto dentro de la ranura, Pico de tensión, Desequilibrio de tensión, Rotor bloqueado, Sobrecalentamiento, Fallo de fase conexión en estrella, Fallo de fase conexión en triangulo, principalmente por contaminación interna del motor y/o degradación del material aislante por reseca, ocasionada por exceso de temperatura.	Predictivo	Termografía al motor Megge del motor	3 meses 6 Meses	Tecnico Electricista	1	3	4	(1 - 4)	M
		Conexión equivocada	SI	Error o confusión humana al conectar los terminales del motor, falta demarcación y registro fotográfico de la conexión original	Problema Interno	Entrenamiento del personal	1 año	Tecnico Electricista	1	1	1	(1 - 1)	B
		Numeración de los cables cambiados	SI	Error o confusión humana al conectar los terminales del motor, falta demarcación y registro fotográfico de la conexión original	Problema Interno	Entrenamiento del personal	1 año	Tecnico Electricista	1	1	1	(1 - 1)	B
		Par de arranque insuficiente para la carga	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora	Preventivo	Engrase engranajes reductor de velocidad	6 meses	Tecnico Mecanico	1	1	2	(1 - 2)	B
		Platinera abierta	NO	Platinera fundida por exceso de temperatura en el interior del motor, daño mecánico en la platina	Predictivo	Termografía al motor Megge del motor	3 meses 6 Meses	Tecnico Electricista	1	2	1	(1 - 1)	B

Hz $\pm$ 3 Hz, con una potencia de 1.5 HP a una temperatura nominal de 44°C $\pm$ 5 °C, suministrand o 1600 RMP $\pm$ 50 RPM, para proporcionar la distribución de alimento por la banda transportador a MH-MON-ALI-BAN-020 que se desplaza a 3.6 Km/h en el galpón de producción avícola en la empresa Macro Huevos SAS		Eje bloqueado por rodamientos dañados	SI	Rodamiento presenta Impresiones de cuerpos rodantes, grietas en las pistas o en los elementos rodantes, corrosión y/o roturas principalmente por fatiga de material	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista	1	2	2	(1 - 2)	B
	Motor funciona a mas de 1650 RPM	Frecuencia de alimentación, superior a la nominal.	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA	Problema Externo	N/A	N/A	N/A	1	1	1	(1 - 1)	B
	Motor funciona a menos de 1650 RPM	Caida de la tensión de alimentación.	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar a que se reestablezca el servicio	Problema Externo	N/A	N/A	N/A	4	1	2	(4 - 2)	M
		Frecuencia de alimentación por debajo de la nominal.	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA	Problema Externo	N/A	N/A	N/A	1	1	3	(1 - 3)	B
		Rotor descentralizado		Daño en los rodamientos del motor	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista	1	1	3	(1 - 3)	B
		Rotor bloqueado	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover la banda transportadora, Rotor arrastrando en el estator principalmente por desgaste de materiales, Temperatura interna del motor genera daños internos en el motor	Preventivo	Engrase engranajes reductor de velocidad Monitoreo de vibraciones	6 meses 3 meses	Tecnico Mecanico	1	1	2	(1 - 2)	B
		Falla en los rodamientos	SI	Rodamiento presenta Impresiones de cuerpos rodantes, grietas en las pistas o en los elementos rodantes, corrosión y/o roturas principalmente por fatiga de material	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista	2	2	3	(2 - 3)	M
		Tapas con mucha presión o mal encajada	SI	Tapa montada o mal encajada que genera presión al eje del motor, principalmente asociado a la experiencia de los técnicos ejecutantes	Problema Interno	Entrenamient o del personal	1 año	Tecnico Electricista	1	1	1	(1 - 1)	B
		Sobrecarga	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora	Preventivo	Engrase engranajes reductor de velocidad	6 meses	Tecnico Mecanico	2	2	2	(2 - 2)	B
	Bajo par de arranque (< a 1,5 Hp)	Conexión interna equivocada	SI	Error o confusión humana al conectar los terminales del motor, falta demarcación y registro fotográfico de la conexión original	Problema Interno	Entrenamient o del personal	1 año	Tecnico Electricista	1	1	1	(1 - 1)	B
		Rotor fallado	NO	Una barra rota genera un calor intenso en la zona de ruptura y puede destruir el aislamiento cercano a las laminaciones y el devanado estático colapsara	Predictivo	Termografía al motor Meggeo del motor	3 meses 6 Meses	Tecnico Electricista	1	3	4	(1 - 4)	M
		Rotor descentralizado	NO	Falla de los rodamientos	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista	1	1	2	(1 - 2)	B

		Tensión abajo de la nominal	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar a que se reestablezca el servicio	Problema Externo	N/A	N/A	N/A	4	1	3	(4 - 3)	A
		Frecuencia abajo de la nominal	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA	Problema Externo	N/A	N/A	N/A	1	1	1	(1 - 1)	B
		Frecuencia arriba de la nominal	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA	Problema Externo	N/A	N/A	N/A	1	1	1	(1 - 1)	B
		Capacitancia abajo de la especificada	NO	Diferencia de potencial entre en los devanados del motor	Detectivo	Meggeeo de devanados del motor	6 meses	Tecnico Electricista	1	1	1	(1 - 1)	B
	Corriente alta con carga	Tensión fuera de la nominal	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar a que se reestablezca el servicio	Problema Externo	N/A	N/A	N/A	4	1	3	(4 - 3)	A
		Sobrecarga	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora	Preventivo	Engrase engranajes reductor de velocidad	6 meses	Tecnico Mecanico	2	2	2	(2 - 2)	B
		Frecuencia fuera de la nominal	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA	Problema Externo	N/A	N/A	N/A	1	1	1	(1 - 1)	B
		Carga bloqueada o con sobrecarga	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora	Preventivo	Engrase engranajes reductor de velocidad	6 meses	Tecnico Mecanico	2	3	2	(2 - 2)	B
		Rotor arrastrando en el estator	NO	Rotor arrastrando en el estator principalmente por desgaste de materiales	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista	1	2	3	(1 - 3)	B
	Sobrecalentamiento del motor (> a 49 °C)	Ventilación obstruida	SI	Ventilación del motor obstruida o parcialmente obstruida, daños en el las aspas del ventilador del motor	Predictivo	Inspección visual y limpieza general a las aspas del ventilador	1 meses	Tecnico Electricista	1	2	1	(1 - 1)	B
		Tensión o frecuencia fuera del especificado	NO	Oscilación de picos de frecuencia suministrada por la red de distribución de ENERCA	Problema Externo	N/A	N/A	N/A	4	1	3	(4 - 3)	A
		Rotor bloqueado	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora, Rotor arrastrando en el estator principalmente por desgaste de materiales, Temperatura interna del motor genera daños internos en el motor	Preventivo	Engrase engranajes reductor de velocidad Monitoreo de vibraciones	6 meses 3 meses	Tecnico Mecanico	1	2	2	(1 - 2)	B
		Aislamiento de bobinado, inadecuado.	SI	Contaminación interna del motor; Fallo del esmalte de aislamiento del hilo; Fallo del barniz de impregnación; Rápidas oscilaciones en la tensión de alimentación, Degradación del material aislante por resecado, ocasionada por exceso de temperatura.	Predictivo	Termografía al motor Meggeeo del motor	3 meses 6 Meses	Tecnico Electricista	2	2	2	(2 - 2)	B

		Sobrecarga Mecánica	SI	Reductor de velocidad bloqueado o carga excesiva para mover en la banda transportadora	Preventivo	Engrase engranajes reductor de velocidad	6 meses	Tecnico Mecanico	2	3	2	(2 - 2)	B
		Fallas en los rodamientos	SI	Rodamiento presenta Impresiones de cuerpos rodantes, grietas en las pistas o en los elementos rodantes, corrosión y/o roturas principalmente por fatiga de material	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista	2	2	2	(2 - 2)	B
		Arranques consecutivos	NO	Los arranques consecutivos están limitados por el calor que adquieren las resistencias en las fases de arranque, asociado principalmente a calentamiento de lo devanados del motor	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista	5	1	2	(5 - 2)	A
		Excentricidad	SI	Desgaste natural de baleros, soportes, al tipo de carga o al acoplamiento mecánico de la máquina se incrementa el desajuste entre el rotor y el estator	Predictivo	Termografía al motor Meggejo del motor	3 meses 6 Meses	Tecnico Electricista	1	1	1	(1 - 1)	B
		Lubricación < o > en rodamientos	SI	Las fallas de rodamientos son causados por mala lubricación principalmente por grasa inadecuada, exceso de grasa o falta de grasa	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista	2	2	2	(2 - 2)	B
	Vibración excesiva	Rotor fuera de centro	NO	Falla de los rodamientos	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista	1	1	2	(1 - 2)	B
		Desbalanceo en la tensión de la red	SI	Falla de energía eléctrica suministrada por proveedor Enerca, se debe esperar a que se reestablezca el servicio	Problema Externo	N/A	N/A	N/A	5	1	4	(5 - 4)	MA
		Rotor fallado	NO	Una barra rota genera un calor intenso en la zona de ruptura y puede destruir el aislamiento cercano a las laminaciones y el devanado estátorico colapsara	Preventivo Predictivo	Engrase engranajes reductor de velocidad Monitoreo de vibraciones Meggejo del motor	6 meses 3 meses 3 meses	Tecnico Mecanico / Tecnico Electricista	1	3	4	(1 - 4)	M
		Conexiones equivocadas	SI	Error o confusión humana al conectar los terminales del motor, falta demarcación y registro fotográfico de la conexión original	Problema Interno	Entrenamiento del personal	1 año	Tecnico Electricista	1	1	1	(1 - 1)	B
		Rotor desbalanceado	NO	Trampas de aire e irregularidades en la fundición, excentricidad, adición de cuñas y cuñeros, distorsión, corrosión y desgaste, incrustaciones o depósitos	Reactivo	Mantenimiento a falla o ruptura	N/A	Tecnico Electricista	1	1	2	(1 - 2)	B

		Perdida torque en anclajes	SI	Vibración excesiva del motor, falta de torque o tornillos para asegurar el motor	Predictivo	Monitoreo de vibraciones a los claje del motor Rutina de torqueo de puntos de a	3 meses	Tecnico Electricista	2	1	2	(2 - 2)	B
		Rotor arrastrando	NO	Rotor arrastrando en el estator principalmente por desgaste de materiales	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista	1	1	3	(1 - 3)	B
		Eje tuerto	NO	Calentamiento interno del motor cuando no actúa la protección del Switch de temperatura	Reactivo	Mantenimiento o a falla o ruptura	N/A	Tecnico Electricista	1	1	2	(1 - 2)	B
		Huelga en las chapas del estator	NO	Calentamiento excesivo genera daños en el núcleo del motor ocasionando corto en las Chapas del Estator	Predictivo	Termografía al motor Meggeo del motor	3 meses 6 Meses	Tecnico Electricista	1	1	2	(1 - 2)	B
		Falla de rodamientos	SI	Rodamiento presenta Impresiones de cuerpos rodantes, grietas en las pistas o en los elementos rodantes, corrosión y/o roturas principalmente por fatiga de material	Predictivo	Monitoreo de vibraciones	3 meses	Tecnico Electricista	2	3	2	(2 - 2)	B
		Barras Rotas	NO	Fallas relacionadas con las altas temperaturas alcanzadas durante la operación y con las elevadas fuerzas centrífugas que soportan tanto barras como anillos de corto circuito, especialmente durante regímenes de funcionamiento transitorio.	Predictivo	Termografía al motor Meggeo del motor	3 meses 6 Meses	Tecnico Electricista	1	2	2	(1 - 2)	B
		Des alineamiento Mecánico	NO	Mal alineamiento angular: La pérdida de alineamiento angular ocurre cuando el motor se posiciona en un ángulo respecto a la trasmisión, Mal alineamiento paralelo: Ocurre cuando los dos ejes son paralelos pero no están en la misma línea. Combinación de pérdidas de alineamiento: Ocurre cuando el eje del motor sufre pérdida de alineamiento angular y paralelo.	Predictivo	Termografía al motor Meggeo del motor	3 meses 6 Meses	Tecnico Electricista	4	2	2	(4 - 2)	M