



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO A TRAVÉS
DE INDICADORES CLAVES QUE DETERMINEN EL PLAN ANUAL DE INVERSIONES EN
GRANJAS AVÍCOLAS**

Rodolfo Antonio España Cordón

Asesorado por Ing. Boris Iván Ortiz López

Guatemala, octubre de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO A TRAVÉS
DE INDICADORES CLAVES QUE DETERMINEN EL PLAN ANUAL DE INVERSIONES EN
GRANJAS AVÍCOLAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RODOLFO ANTONIO ESPAÑA CORDÓN
ASESORADO POR ING. BORIS IVÁN ORTÍZ LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado De León
EXAMINADORA	Inga. Milbian Kattina Mendoza Mendez
EXAMINADORA	Inga. Laura Rosmery Briones Zelada
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO A TRAVÉS
DE INDICADORES CLAVES QUE DETERMINEN EL PLAN ANUAL DE INVERSIONES EN
GRANJAS AVÍCOLAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado con fecha 14 de enero de 2022.



Rodolfo Antonio España Cordón



EEPFI-PP-0262-2022

Guatemala, 14 de enero de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO A TRAVÉS DE INDICADORES CLAVES QUE DETERMINEN EL PLAN ANUAL DE INVERSIONES EN GRANJAS AVÍCOLAS**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Sistemas Integrados de Gestión - Sistemas de modelos de gestión**, presentado por el estudiante **Rodolfo Antonio España Cordon** carné número **201314569**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,


"Id y Enseñad a Todos"


Boris Iván Ortiz López
Ingeniero Civil
Colegiado No. 8267

Mtro. Boris Iván Ortiz López
Asesor(a)



Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIMI-0262-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO A TRAVÉS DE INDICADORES CLAVES QUE DETERMINEN EL PLAN ANUAL DE INVERSIONES EN GRANJAS AVÍCOLAS**, presentado por el estudiante universitario **Rodolfo Antonio España Cordon**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Mtro. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2022



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.101.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO A TRAVÉS DE INDICADORES CLAVES QUE DETERMINEN EL PLAN ANUAL DE INVERSIONES EN GRANJAS AVÍCOLAS**, presentado por: **Rodolfo Antonio Espana Cordon** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera
Motivo: Orden de impresión
Fecha: 25/10/2023 18:15:52
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, octubre de 2023

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2023 Correlativo: 101 CUI: 2564553250101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser mi guía en este camino.

Mis padres

Por ayudarme a llegar hasta aquí.

Mi abuela

Por ser mi inspiración (q. e. p. d.).

Mis tías

Lupita y Liz España, quienes han sido un pilar fundamental en mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme ser parte de su historia y formarme como profesional.
Mi familia	Por estar para mí siempre que lo necesité.
Mi novia	Mariana Morales, por ser parte fundamental de todos mis éxitos.
Mi amigo	Daniel Azurdia, por ser parte de mi crecimiento personal y profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3.1. Descripción del problema	5
3.2. Preguntas de investigación.....	5
3.3. Delimitación del problema	6
4. JUSTIFICACIÓN	7
5. OBJETIVOS	9
5.1. General.....	9
5.2. Específicos	9
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	11
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Mantenimiento industrial.....	15
7.1.1. Mantenimiento preventivo.....	18

7.1.2.	Mantenimiento predictivo.....	19
7.1.3.	Mantenimiento autónomo	20
7.1.4.	Mantenimiento correctivo	21
7.2.	Metodologías de mantenimiento	22
7.2.1.	Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).....	22
7.2.2.	Mantenimiento productivo total (TPM).....	23
7.3.	Indicadores de mantenimiento	24
7.3.1.	Mantenibilidad	25
7.3.2.	Disponibilidad	25
7.3.3.	Confiabilidad.....	26
7.3.4.	Tiempo promedio para fallar.....	26
7.3.5.	Tiempo promedio para reparar.....	27
7.4.	Gestión del mantenimiento.....	27
7.5.	Gestión de activos.....	30
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	33
9.	METODOLOGÍA	35
9.1.	Características del estudio	35
9.1.1.	Enfoque	35
9.1.2.	Alcance.....	35
9.1.3.	Diseño	36
9.2.	Unidad de análisis	36
9.3.	Variables	36
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	37
11.	CRONOGRAMA	39

12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	41
13.	REFERENCIAS.....	43
14.	APÉNDICES.....	45

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Esquema de solución.....	14
Figura 2.	Gestión del mantenimiento	29

TABLAS

Tabla 1.	Cronograma de investigación	39
Tabla 2.	Presupuesto.....	41

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
Q.	Quetzal

GLOSARIO

Activo	Un activo es un bien que la empresa posee y que puede convertirse en dinero u otros medios líquidos equivalentes.
CAPEX	<i>Capital expenditures</i> (inversiones de capital).
Control	Manejo de las condiciones de un proceso para complementar los criterios establecidos.
Falla	Las fallas en el mantenimiento son eventos inesperados que implican el mal funcionamiento o el cese en las funciones de los equipos, lo que impacta directamente en la productividad de una empresa.
Gestión	Marco administrativo, financiero y técnico para evaluar y planificar las operaciones de mantenimiento de forma programada.
Granja avícola	Práctica de criar aves con un objetivo comercial.
Indicador	Elemento que se utiliza para indicar o señalar algo. Un indicador puede ser tanto concreto como abstracto, una señal, un presentimiento, una sensación o un objeto u elemento de la vida real.

Ingeniería	Uso de principios científicos para diseñar y construir máquinas, estructuras y otros entes, incluyendo puentes, túneles, caminos, vehículos, edificios, sistemas y procesos.
ISO	International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización).
Mantenimiento	Todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida.
Metodología	Serie de métodos y técnicas de rigor científico que se aplican sistemáticamente durante un proceso de investigación para alcanzar un resultado teóricamente válido.
OPEX	<i>Operational expenditures</i> (costo de operación).
OT	Orden de trabajo.
Parámetro	Dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación.
Planificación	Proceso de toma de decisiones para alcanzar un futuro deseado, teniendo en cuenta la situación actual y los factores internos y externos que pueden influir en el logro de los objetivos.

Producción	Conversión o transformación de uno o más bienes en otros diferentes.
RCM	<i>Reliability-centred maintenance</i> (mantenimiento centrado en confiabilidad).
Sistemas	Es un conjunto de elementos relacionados entre sí que funciona como un todo.
TPM	<i>Total productive maintenance</i> (mantenimiento productivo total).
TPPF	Tiempo promedio para fallar.
TPPR	Tiempo promedio para reparar.

RESUMEN

El propósito de este trabajo es identificar una metodología apta para la gestión de mantenimiento, que se adapte a las necesidades y peculiaridades del negocio, integrando en la gestión los procesos de gastos de operación como lo son el mantenimiento general y los gastos de capital, que suelen ser proyectos de renovación de activos, actualmente no existen indicadores propios de mantenimiento que permitieran el análisis del funcionamiento y desempeño de los sistemas y equipos.

A través de la obtención de datos se evaluarán los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo, identificando de manera temprana aquellos sistemas que deben ser incluidos en la programación de mantenimiento preventivo reduciendo la probabilidad de falla.

Por su parte, para el mantenimiento correctivo se evaluará el desempeño de los sistemas a través de indicadores propios de mantenimiento, sumado a la definición de los sistemas críticos, y a su vez parámetros de aceptación para cada uno, lo que permitirá identificar aquellos sistemas que no cumplan con un funcionamiento óptimo o aceptable y que deberán ser renovados e incluidos dentro del plan de inversiones anual, siendo esta la integración entre las gestiones de gastos de operación y gastos de capital.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en el análisis de la gestión de Mantenimiento en granjas avícolas ubicadas en el departamento de Escuintla, Guatemala, evaluando la ejecución del gasto de operación (OPEX) y los procesos involucrados, así como también la ejecución de las inversiones de capital (CAPEX) su integración al plan de mantenimiento preventivo, y el planteamiento de un portafolio de inversiones anuales basados en el funcionamiento de los equipos y sistemas críticos para la producción.

Los más de 40 centros de producción para el área de engorde cuentan con más de 10 galeras cada uno, dependiendo el tipo, desde galeras simples hasta galeras más tecnificadas que integran sistemas y equipos más complejos con una necesidad mayor de mantenimiento e inversión.

Actualmente se tiene un plan de mantenimiento preventivo y un portafolio de inversiones, los cuales se ejecutan durante todo el año, sin embargo, no existe una relación íntegra entre uno y otro, dando como resultado costos altos de mantenimiento por la falta de renovación de equipos e inversiones que se finalizan sin una gestión de mantenimiento.

2. ANTECEDENTES

El mantenimiento industrial desde sus inicios y hasta la fecha ha tomado una relevancia importante dentro de las plantas y procesos de producción, Según Rivera (2011), “las empresas buscan asegurar y mejorar su competitividad por medio de esfuerzos, acciones y decisiones orientadas a que garanticen sistemas y activos operando de manera eficiente y eficaz; clientes y usuarios satisfechos; riesgos reducidos; mínimos incidentes ambientales y costos óptimos” (p. 2). Para lograr esto es necesario el uso de mediciones e indicadores clave como lo son la calidad, la productividad, la rentabilidad y la confiabilidad que conjuntamente expresan el desempeño.

La Revista Chilena de Ingeniería en su artículo *Propuesta de un Modelo de Gestión y sus principales herramientas de apoyo* explica cuál es la importancia que tiene la correcta alineación de los objetivos a todo nivel organizacional para lograr la integración y adecuada gestión de la unidad de mantenimiento, donde:

El modelo de gestión presentado se compone de siete principales fases, las cuales se desarrollan según el tipo y la situación presente de la organización, enfatizando la optimización y la gestión sostenida en el tiempo de procesos asociados a la planeación, programación y ejecución del mantenimiento, hasta el análisis del ciclo de vida y la posible renovación de activos, mediante los costos de capital fijo, operacional y de ineficiencia. (Viveros, Stegmaier & Kristjanpoller, 2013, p. 127)

Hung (2009) realizó una investigación que tuvo como objetivo dar a conocer las experiencias adquiridas en cierta medida en la aplicación de los principios y conceptos fundamentales del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad, así como también a las paradas forzadas en las unidades de generación que conforman la Planta llamada Oscar Augusto Machado, más conocida como OAM de C. A. La Electricidad de Caracas, en el cual concluyó que “el mantenimiento centrado en confiabilidad es una estrategia/proceso utilizado para determinar los requerimientos de mantenimiento de cualquier activo físico que asegure el desempeño de sus funciones normales en su contexto operacional real” (p. 13).

Amendola (2003) en su investigación *Indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión del mantenimiento*, para el departamento de Proyectos de Ingeniería en la Universidad Politécnica Valencia España, identifica que “Los indicadores permiten evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos con el fin de implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar esta labor” (p. 1). Los principales indicadores son disponibilidad, utilización y confiabilidad, donde también se incluyen los tiempos promedios para fallar, para reparar y entre fallas.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción del problema

El portafolio anual de inversiones autorizadas sufre constantes modificaciones durante la ejecución de estas en alcance, tiempo y costo. Proveniente de una mala valorización y una errónea especificación de solicitudes de inversión, que se basa únicamente en el presupuesto y no en un análisis de funcionamiento y fallas de los equipos, derivado de la falta de un plan de preventivo basado en una metodología de mantenimiento específica por lo que no se analiza el comportamiento de los activos durante su ciclo de vida a través de indicadores clave.

3.2. Preguntas de investigación

- **Pregunta central**

¿Cómo se puede implementar el plan de inversiones basados en el análisis de funcionamiento de los equipos en granjas avícolas?

- **Preguntas auxiliares**

- ¿El análisis de funcionamiento de los equipos aporta valor a la gestión de mantenimiento?
- ¿El plan de inversiones anual está basado en el análisis del mantenimiento y funcionamiento de los equipos?

- ¿Las inversiones de capital ayudan a reducir las fallas en los sistemas críticos?

3.3. Delimitación del problema

El área de mantenimiento tiene su sede en Taller San Cristóbal ubicado en Villa Nueva, sin embargo, atiende más de 80 centros de producción distribuidos en varios departamentos de Guatemala, que incluyen granjas de crecimiento, postura, incubadoras, granjas de engorde y granjas de paso, donde se ejecutan las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo, así como las inversiones de capital.

4. JUSTIFICACIÓN

El área de mantenimiento cumple una labor fundamental en el proceso productivo dentro de las granjas avícolas, asegurando el funcionamiento de los sistemas que componen dichas granjas, para esto se tienen dos segmentaciones importantes, el gasto de mantenimiento (OPEX) y las inversiones de capital (CAPEX).

El primero se compone del mantenimiento preventivo y correctivo que se realiza y el segundo son los equipos y sistemas nuevos que se instalan ya sea como mejora, reemplazo o ampliación de determinado sistema. Sin embargo, no existe una relación entre estas dos segmentaciones que pueda determinar un plan de inversiones de acuerdo con las necesidades y el análisis del gasto de mantenimiento, ya sean sistemas con fallas recurrentes o bien sistemas que ya alcanzaron su ciclo de vida útil.

La integración del OPEX con el CAPEX a través de la implementación de una adecuada metodología de mantenimiento debe ser la base para el análisis de los sistemas más críticos para la producción y cómo se desarrolla el comportamiento de estos desde su inversión hasta el final de su ciclo de vida, analizando la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de cada uno, teniendo como resultado un plan de inversiones anual que satisfaga las necesidades de producción y las de mantenimiento, cuyo objetivo también es la satisfacción de producción.

El análisis de la gestión del mantenimiento con los indicadores planteados y la integración de las dos segmentaciones alinearán los objetivos de producción y de mantenimiento hacia la consecución del objetivo corporativo.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Analizar la gestión de mantenimiento a través de indicadores clave que permitan presentar el plan de inversión anual para la renovación de los activos en granjas avícolas.

5.2. Específicos

- Analizar el funcionamiento de los sistemas críticos para la operación a través de una metodología e indicadores específicos de mantenimiento.
- Determinar el plan de inversiones anual a través de parámetros aceptables del funcionamiento de los sistemas de mantenimiento.
- Analizar el funcionamiento de las inversiones finalizadas y el impacto que estas tendrán en el plan de mantenimiento y su ejecución anual.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Esta investigación busca cubrir las necesidades de tener un portafolio de inversiones anual basado en el análisis de la gestión de mantenimiento y renovación de activos, implementando una metodología de mantenimiento basada en RCM (mantenimiento basado en confiabilidad) y TPM (mantenimiento productivo total) los cuales evalúan el funcionamiento de los sistemas y equipos desde su adquisición hasta el fin de su ciclo de vida.

Actualmente no se tiene un plan de mantenimiento estándar en el cual se evalúe el rendimiento y las fallas de los sistemas más críticos para la operación, ni existen indicadores propios de mantenimiento que nos indiquen la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de estos sistemas.

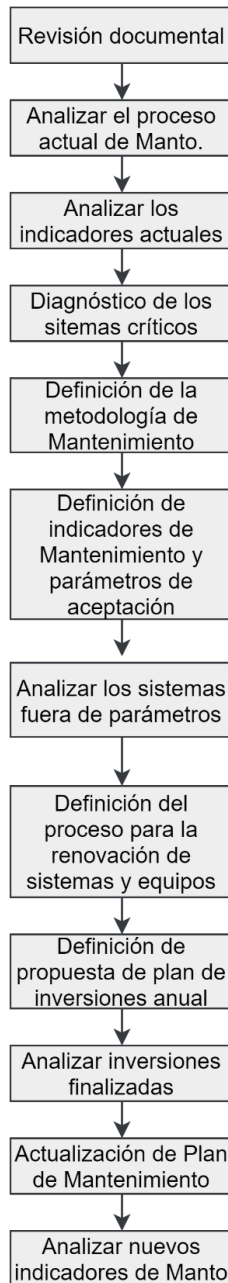
Para el desarrollo de este análisis se plantean varias fases, desde su revisión hasta su implementación:

- Fase 1: revisión documental: se revisará toda la documentación e historial referente a los planes de mantenimiento actual y sus ejecuciones, así como las inversiones de años anteriores.
- Fase 2: analizar el proceso actual de mantenimiento: se analizará la forma de ejecutar el mantenimiento, los criterios de decisión y el método de evaluación.

- Fase 3: analizar los indicadores actuales: se deben revisar y analizar los indicadores de mantenimiento y validar si son funcionales para la evaluación de funcionamiento de los equipos y análisis de fallas.
- Fase 4: diagnóstico de los sistemas críticos: identificar los sistemas críticos para la operación, los que son primordiales y que al momento de fallar se convierten en una emergencia.
- Fase 5: definición de la metodología de mantenimiento: plantear una metodología propia del área que sea una mezcla entre RCM y TPM, la cual sea el pilar fundamental para el desarrollo y ejecución de los planes de mantenimiento.
- Fase 6: definición de indicadores de mantenimiento y parámetros de aceptación: plantear indicadores propios de mantenimiento que evalúen el funcionamiento y las fallas de los sistemas críticos principalmente, definiendo también los parámetros de aceptación para el funcionamiento de estos.
- Fase 7: analizar los sistemas fuera de los parámetros de aceptación: identificar los sistemas que se encuentran fuera de los parámetros establecidos y validar su funcionamiento desde su adquisición hasta sus fallas más recurrentes.
- Fase 8: definición del proceso para la renovación de sistemas y equipos: identificar el proceso adecuado para el planteamiento de una renovación nueva de equipos y sistemas, basados principalmente en el análisis del funcionamiento de este y seguidamente de las necesidades de producción.

- Fase 9: definición de propuesta de plan de inversiones: definir el plan de mantenimiento propuesto por el área hacia dirección para las inversiones anuales basados en el análisis del funcionamiento e indicadores de mantenimiento.
- Fase 10: analizar inversiones finalizadas: evaluar las inversiones finalizadas y su impacto en el plan de mantenimiento, reducción de fallas, aumento de la confiabilidad y disponibilidad.
- Fase 11: actualización de plan de mantenimiento: incluir las inversiones finalizadas de sistemas y equipos renovados dentro del plan anual de mantenimiento (OPEX).
- Fase 12: analizar los nuevos indicadores de mantenimiento: plantear un *dashboard* de seguimiento acorde a los objetivos de gerencia con el fin de analizar los indicadores propios de mantenimiento y su desarrollo anual.

Figura 1.
Esquema de solución



Nota. Esquema de solución del trabajo de investigación. Elaboración propia, realizado con Draw.io.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Mantenimiento industrial

El mantenimiento industrial desempeña un papel fundamental en las organizaciones al garantizar el funcionamiento óptimo de los equipos y maquinarias en la planta, así como la integridad de todos los componentes relacionados, incluyendo a los colaboradores que contribuyen al proceso. La relevancia del mantenimiento industrial evoluciona con el tiempo, ya que no se refiere exclusivamente a una empresa en particular, sino que abarca el sector industrial en su conjunto, a nivel global y en todas las épocas. Por lo tanto, es esencial adaptar constantemente este enfoque a las necesidades cambiantes de todas las partes interesadas, independientemente del tipo de negocio, su tamaño, ubicación geográfica, expansiones u otros factores.

Olarte, Botero y Cañón (2010) afirman que “el mantenimiento industrial está definido como el conjunto de actividades encaminadas a garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas e instalaciones que conforman un proceso de producción permitiendo que éste alcance su máximo rendimiento” (p. 355).

Como bien se abordará en los siguientes puntos, las reparaciones en este contexto, son muy importantes para la duración y/o vida de las máquina y de los equipos, sin exclusión, que forman parte de las plantas de producción, en todas sus etapas: mantenimiento general, reparación parcial o sustitución total, así mismo la función de las reparaciones se evalúan como un tipo de mantenimiento

específico en un estado de operación de la máquina o sistema más avanzado, con el fin de contar con una mantenibilidad más reducida.

Mora (2009) menciona que en la primera fase, surgen los instrumentos, y se busca capacitaciones al personal técnico especializado en mecánica, electricidad, electrónica, albañilería, entre otras especializaciones relacionadas a la producción masiva, de tal modo que se tengan todas las herramientas necesarias para emprender los proyectos de las primeras actividades que requiere la operación del mantenimiento, teniendo como prioridad, las actividades relacionadas a situaciones correctivas, teniendo como base sucesos comunes o incidentes previos con los cuales se tenga un conocimiento amplio que permita reducir imprevistos que paralicen las operaciones y también permita corregir paradas imprevistas y corregir las fallas de la maquinaria oportunamente.

Durante esta primera fase también Mora (2009) indica que surgen factores iniciales necesarios para mantener los equipos y máquinas, como las OT (órdenes de trabajo), utensilios, repuestos, herramientas e insumos de mantenimiento. Así mismo, se conocen y archivan los primeros datos que luego se consolidan en un banco de información más establecido. Del mismo modo da inicio el desarrollo de algunas técnicas y por consecuencia tecnología propia de cada empresa o corporación.

A partir de la segunda fase se inicia en cierta medida la utilización de ciertas técnicas y metodologías de las actividades planificadas de mantenimiento, donde las empresas empiezan a adquirir la habilidad y el conocimiento para diferenciar estas actividades antes y después de que surjan las fallas en los equipos.

Al igual que las anteriores, dan inicio el uso de estas prácticas y tecnologías para prevenir y predecir, como lo son las rutinas de inspección, la planificación y las acciones de previsión, ciertas mediciones técnicas, también la valorización de las circunstancias en las que se encuentre la maquinaria de la plantade estado de los equipos y máquinas, la reposición de ciertas partes y elementos antes de que presenten alguna falla, además del registro y por añadidura la trazabilidad de datos.

Hay que tomar en cuenta también la medición del buen funcionamiento de los todos los elementos de la planta, controlando y realizando revisiones periódicas, garantizando la vida útil de los mismos a través de una variedad de análisis como la vibración, el control y la constante revisión de la vida útil de los equipos que incluye la medición de la funcionalidad de las máquinas y equipos, también el análisis de vibraciones, por añadidura la fricción, el desgaste y la lubricación de sus componentes, algunos ajustes de las funciones antes de que pueda surgir alguna falla, entre otros. Asimismo, en esta fase surge el control de los sistemas y equipos, ya que permite distinguir entre las actividades que son de carácter correctivas o modificativas, siendo estas después de que sufra cierta falla y preventivas o predictivas, siendo estas antes del estado de no funcionalidad del equipo, más conocido como falla.

En esta primera fase solo se ejecuta el mantenimiento correctivo o de reparación ya que los equipos son llevados al límite de su vida útil, hasta que se produzca alguna falla, y allí inicia la recuperación de su función inicial, reemplazando los elementos que no funcionan sin necesidad de aplicar algún análisis sobre la causa principal del fallo.

Por otra parte, en la fase dos se inicia con una familiarización de los elementos de la planta con la identificación de los equipos y sistemas, por

consiguiente, se determinan las actividades para los mantenimiento programados o planificados, así mismo se definen ciertas recomendaciones de seguridad, de esa manera se inicia con la creación del programa maestro de mantenimiento que incluye varios planes, en donde se delimitan y generan las OT que son programadas incluyendo también las OT que no son organizadas con antelación.

Por consiguiente, se implementan los sistemas de manejo y recopilación de los datos específicos de cada sistema y equipo de una forma sencilla, eficiente y completa, que posteriormente se convertirán en la base de datos y en los sistemas de información. Se relacionan los repuestos específicos con cada sistema o equipo, así como los genéricos también, se establecen parámetros de tercerización de actividades y administración de proveedores.

7.1.1. Mantenimiento preventivo

Este enfoque preventivo se considera fundamental en la gestión de este mantenimiento abordado, industrial. Dentro de las operaciones diarias de la planta, se reconoce la importancia de la operación continua, ya que incluso unos pocos minutos de inactividad podrían traducirse en la no producción de miles de productos y, por ende, en pérdidas económicas.

Por este motivo, es esencial poseer un conocimiento profundo de las debilidades de cada máquina en la planta, así como contar con un plan de contingencia en caso de fallos. De esta manera, se busca minimizar el tiempo de inactividad en la producción o, en su defecto, reducir la disminución en el ritmo productivo.

Para lograrlo, es necesario apoyarse en el mantenimiento planificado, familiarizarse con sus ciclos de revisión, identificar fuentes de repuestos y

proveedores para reparaciones o alquileres. Estos procedimientos permiten incluso asegurar estándares de calidad consistentes en la operación a partir del registro de datos y acciones en tiempos regulares.

Se enfatiza la importancia de proporcionar capacitación periódica a los operadores de la planta. El óptimo funcionamiento de la maquinaria depende en gran medida de su correcto uso, conocimiento adecuado y acceso a manuales actualizados.

7.1.2. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo, también conocido como el mantenimiento basado en las condiciones, se fundamenta en otros tipos de mantenimiento como el preventivo y el planificado. Esto es debido a que resulta indispensable llevar a cabo controles periódicos capaces de detectar posibles contratiempos de manera oportuna. Sin embargo, a diferencia del mantenimiento preventivo, el enfoque predictivo profundiza en la anticipación de fallas mediante la observación de factores específicos, como la cantidad de unidades producidas, los tiempos de funcionamiento, bloqueos identificados por los operadores y otros instrumentos de medición.

En el CBM, la periodicidad de las revisiones es establecida de manera fija y conocida, y es aplicada por los operarios. Estos deben seguir un protocolo riguroso y ser capaces de reconocer cuándo la máquina no está operando en su nivel de capacidad normal o deseada. Esto puede manifestarse en la producción de productos con ciertos defectos o en un rendimiento no óptimo. Se toman en cuenta indicadores como temperaturas anormales, ruidos o vibraciones inusuales, entre otras revisiones diarias, semanales o mensuales, las cuales son establecidas a nivel de la planta o en áreas específicas.

7.1.3. Mantenimiento autónomo

Cuando se adquiere un vehículo nuevo, es común realizar una prueba de manejo y aprender, a través de sus manuales, cómo conducirlo adecuadamente para lograr un óptimo rendimiento de combustible. A pesar de que todos los autos parecen tener un manejo similar, cada línea, modelo y marca presenta particularidades específicas que deben considerarse para su cuidado y mantenimiento. Con el tiempo, el conductor habitual del vehículo desarrolla la capacidad de reconocer automáticamente cuando algo no funciona correctamente: un ruido extraño, un arranque forzado, indicadores en el tablero o respuestas tardías. Estos indicios llevan al conductor a realizar un chequeo más exhaustivo con un profesional.

Comienzo con este ejemplo universal para resaltar que nadie está mejor capacitado para anticipar una falla en las maquinarias de una planta que su propio operario. Este es el concepto detrás del mantenimiento autónomo. El operario asume responsabilidades adicionales a sus tareas habituales para mantener en óptimas condiciones la máquina que supervisa, realizando tareas como limpieza, aplicación de lubricantes, manejo adecuado y capacitación constante para mejoras, entre otras actividades.

De este modo, será el propio operario quien alerte cuando algo no funcione correctamente, lo que conducirá a una revisión exhaustiva por parte de un profesional especializado. Así, las operaciones de la planta pueden continuar sin mayores inconvenientes o interrupciones significativas.

Tal como la planta asegura el correcto funcionamiento mediante la intervención activa de los operarios y su capacidad de informar cualquier anomalía, también es crucial establecer un plan de contingencia y control para

hacer frente a situaciones en las que los operarios sean descuidados o muestren falta de interés en su capacitación. En estos casos, podrían no ser capaces de identificar fallos o errores en su operación debido a un manejo deficiente.

7.1.4. Mantenimiento correctivo

Dentro de los distintos conceptos relativos a los tipos de mantenimiento, hemos abordado una variedad de enfoques especializados destinados a prevenir eventos caóticos en la planta. Sin embargo, surge una pregunta: ¿Cómo enfrentar la situación cuando un problema ha causado daños significativos en las máquinas de la planta? Esta interrogante es válida y pertinente, ya que, a pesar de todos los controles preventivos, nadie está exento de experimentar una falla de gran magnitud.

El mantenimiento correctivo surge como respuesta a los errores o fallos acontecidos, con el propósito de identificarlos y fortalecer las prácticas de mantenimiento preventivo, predictivo y planificado. Esto conlleva a una mejora en la eficacia y eficiencia de los procesos. La división de ingeniería especializada en la empresa debe llevar un registro de los eventos que afectan a las máquinas, documentando las reparaciones efectuadas, las modificaciones realizadas, las vulnerabilidades identificadas y la capacidad productiva resultante. A través de esta gestión, se pueden tomar acciones significativas en la planta, abarcando desde modificaciones en la estructura original de las máquinas hasta su reemplazo total.

Como se ha mencionado previamente, la opinión y el conocimiento del operario desempeñan un papel crucial. En este contexto, también entra en juego el mantenimiento autónomo, ya que en este también recaen las decisiones tomadas por la ingeniería desentendiendo de la capacidad del operario para

realizar su labor de manera integral. Esto incluye una demostración de sus habilidades en operación, mantenimiento y limpieza.

Cualquier modificación que la ingeniería pretenda implementar debe ser cuidadosamente planificada, analizada, consultada y aprobada. Esto es importante debido a su impacto en las operaciones diarias. A menudo, estas decisiones deben ser implementadas con urgencia, dado el carácter apremiante de todo este proceso.

7.2. Metodologías de mantenimiento

Tan importante es para el área de finanzas un presupuesto como una metodología robusta lo es para el mantenimiento industrial. Ambas herramientas nos permiten ver en donde se está situado y hacia dónde se quiere llegar, trazando un camino que permita administrar y controlar todos los componentes que integran las plantas, como lo son los insumos, la materia prima y los repuestos; elementos que permiten ahorros significativos en la gestión, sostenimiento y operación del ya mencionado, mantenimiento industrial.

7.2.1. Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)

Moubray (2004) indica que el RCM se conoce como mantenimiento centrado en la confiabilidad, ya que indica que el mantenimiento no hace más que afirmar que los elementos físicos continuarán alcanzar su rendimiento máximo de confiabilidad inherente. Recalca que no se puede lograr más confiabilidad de la confiabilidad diseñada en activos y sistemas que la proporcionada por los diseñadores.

Cada componente tiene un conjunto único de modos de falla, con su propia magnitud de error. Cada combinación de componentes es única y la falla de uno podría causar el defecto de otros. Cada sistema opera en un entorno único que incluye ubicación, altitud, profundidad, atmósfera, presión, temperatura, humedad, salinidad, contacto con líquidos o productos de proceso, grados de velocidad y aceleración, entre otros. La función específica de cualquier dispositivo se puede definir de varias formas dependiendo de dónde y exactamente cómo se utiliza (contexto operativo).

En consecuencia, cualquier intento de desarrollar o modificar los manuales de este concepto, se debe iniciar con la funcionalidad y esquemas de desempeño relevantes para cada componente en su contexto operativo actual. Esto conduce a la siguiente definición formal de RCM: “mantenimiento basado en confiabilidad: es un proceso que se utiliza para determinar los requisitos de mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operativo” (Hung, 2009, p. 13).

7.2.2. Mantenimiento productivo total (TPM)

Después de 1945, las empresas japonesas se dieron cuenta de que, para innovar en sus productos, aumentar sus estándares de calidad y competir fervorosamente en el mercado global, debían adoptar un enfoque de aprendizaje y adaptación. Como resultado, comenzaron a incorporar algunas de las técnicas y conceptos estadounidenses relacionados con la gestión y la gobernabilidad. Esto les permitió adaptar rápidamente sus sistemas industriales a los estándares y las prácticas que prevalecían en los Estados Unidos y otros lugares. Este proceso de adaptación y adopción de prácticas empresariales extranjeras desempeñó un papel crucial en la transformación de la industria japonesa y su eventual ascenso como una potencia económica global.

Por lo anterior, los japoneses tomaron como referencia el concepto de mantenimiento preventivo (concepto americano). A lo largo del tiempo, han ido adaptando este enfoque para satisfacer sus necesidades específicas. Esto incluyó la incorporación de prácticas como el mantenimiento predictivo, la ingeniería de confiabilidad, entre otros. La fusión de estos distintos conceptos dio origen al TPM, lo que resultó en una transformación significativa del entorno industrial japonés.

El TPM no se limita simplemente a la gestión de la maquinaria y los equipos, sino que abarca una verdadera integración de los colaboradores en el proceso. Esto conduce a una mejora constante del equipo de trabajo y compromete a todos los órganos de la organización, desde los operadores hasta la gerencia general, sin exclusiones.

Estos cambios trascendentales se llevan a cabo mediante la delegación de la gerencia general y su equipo estratégico, quienes implementan modificaciones en los manuales organizacionales. Uno de los cambios clave consiste en la definición de metas concretas, que incluyen la imposición de un límite máximo del 20 % de tiempo de inactividad de las maquinarias de planta. El objetivo principal es reducir los errores y minimizar al menos la mitad de los eventos de falla. Estas medidas representan solo uno de los aspectos a considerar en la implementación exitosa del MPT.

7.3. Indicadores de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento permiten evaluar el comportamiento operativo de los establecimientos, sistemas, equipos y componentes de tal manera, que serán posibles en un plan o programa de mantenimiento para desarrollar trabajos y actividades propias de mantenimiento.

7.3.1. Mantenibilidad

La mantenibilidad, es el escenario ideal en la planta industrial ante un evento de falla, avería o interrupción operativa, ya que al detectar su mal funcionamiento oportunamente y acudir con un experto, se pueda determinar el problema y repararlo de raíz, por lo tanto la máquina o componente dentro de la planta podrá volver a funcionar como si dicha falla no hubiese ocurrido y la interrupción productiva sea mínima; por lo anterior la mantenibilidad es responsabilidad de varias áreas, desde el operario quien reporta la falla oportunamente, hasta el equipo de finanzas o proyectos que aprueban los pagos correspondientes a los proveedores de mantenimiento a planta.

Es una de las medidas esenciales para evaluar y controlar las tareas o actividades correctivas de mantenimiento, permitiendo mejorar la frecuencia con que se dan estas actividades de reparación y el tiempo que se toma dicha reparación. Se puede evaluar desde que se avería el sistema o este ya no produce lo que tiene capacidad para producir, hasta que este vuelva a producir lo mínimo según su capacidad, y se compara con la cantidad de veces que falla este sistema.

7.3.2. Disponibilidad

La disponibilidad es un indicador que analiza la proporción de tiempo en operación de un sistema o equipo frente al tiempo total disponible, evaluando la posibilidad de generar productos según la capacidad instalada (Mora, 2009).

A la probabilidad de que los sistemas o equipos funcionen correctamente o en un estado óptimo en el momento en que se necesite se le conoce como disponibilidad, funcionando bajo condiciones estables desde el inicio de su

operación. Dentro del tiempo total se incluye los tiempos de operación, operación sin producción, logístico, mantenimiento preventivo, reparación y el tiempo sin operación. Este indicador tiene una relación directa con la mantenibilidad (Mora, 2009).

7.3.3. Confiabilidad

Mora (2009) define que confiabilidad es la probabilidad de que un equipo funcione correctamente durante un período específico y en condiciones normales. Esta definición incluye cuatro características clave: probabilidad, desempeño satisfactorio, período y condiciones específicas.

La confiabilidad de un sistema se mide según la recurrencia en las fallas en el tiempo. Si no existen fallas, el sistema es 100 % confiable; si las fallas son raras o se dan en periodos largos de tiempo, sigue siendo aceptable, pero si son frecuentes, el equipo es poco confiable. A pesar de un diseño excelente, montaje adecuado y mantenimiento apropiado, incluso los equipos de alta calidad a veces fallan. La confiabilidad está relacionada con la calidad del producto, que se define como la satisfacción de los usuarios con sus requerimientos. La baja calidad implica baja confiabilidad y viceversa.

7.3.4. Tiempo promedio para fallar

Es una medida que evalúa cuánto tiempo en promedio un equipo o máquina puede operar a plena capacidad sin interrupción durante el período en estudio; este es un indicador indirecto de la confiabilidad del dispositivo o sistema.

7.3.5. Tiempo promedio para reparar

Es una medida que evalúa cuánto tiempo en promedio se tarda en reparar un equipo, máquina o sistema. Esta medida evalúa la efectividad de la gestión de mantenimiento para devolver o restaurar el equipo o sistema a su condición inicial antes de la falla. Normalmente se evalúa desde que la máquina falla hasta que se repara y vuelve a operar con normalidad, sin embargo, puede medirse también desde que la máquina no produce lo mínimo según su capacidad.

7.4. Gestión del mantenimiento

La administración moderna de mantenimiento incluye algunas actividades diseñadas para identificar los objetivos, estrategias y responsabilidades prioritarias. Estos aspectos hacen que sea más sencillo el control, la programación y la planificación de la implementación de mantenimiento, basados en una mejora continua y considerando la situación financiera de la organización.

La gestión de mantenimiento total, desde su inicio hasta el fin del ciclo de vida de cada activo físico, debe tener dentro de sus objetivos la reducción de los costos generales de las actividades productivas de la organización, garantizando el funcionamiento adecuado de sus equipos y sus atribuciones. Los procesos y actividades de mantenimiento deben apoyar y enfocarse en minimizar los riesgos para las personas y los impactos negativos al medio ambiente que puedan ocasionar (Viveros, Stegmaier & Kristjanpoller, 2013).

Para todo esto, la gestión de mantenimiento se convierte en un fuerte elemento competitivo de importancia en el sector empresarial que aumenta durante el día. Por lo mismo, toma relevancia la comprensión de los procesos mínimos que son indispensables para desarrollar una gestión integral y correcta

de mantenimiento en una organización. Así también, se debe tener claridad en que el objetivo de un modelo de gestión debe estar en línea con las necesidades de la organización, con el fin de minimizar los costos indirectos de mantenimiento, que se asocian con los paros de producción y pérdidas, permitiendo a su vez minimizar costos directos de mantenimiento relacionados con actividades propias de mantenimiento, mejorando y optimizando los indicadores clave de la gestión de mantenimiento como lo son confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

La mejora continua es el concepto fundamental que impulsa las técnicas de gestión de mantenimiento. Esto se logra al combinar conocimiento, información y análisis de decisiones en el ámbito del mantenimiento para fomentar prácticas económicas y eficientes a nivel global. Estas técnicas de mantenimiento, basadas en el análisis y modelado de resultados obtenidos durante la ejecución del mantenimiento, permiten la innovación constante y la justificación de estrategias. Esto, a su vez, facilita la programación y planificación de operaciones para asegurar una producción rentable y resultados con costos generales mínimos.

Además, estas técnicas brindan la capacidad de seleccionar nuevos equipos con un enfoque en el costo total durante su ciclo de vida, así como en la seguridad operativa, evitando costos ineficientes o pérdidas de oportunidades de producción.

La gestión de mantenimiento debe estar integrada dentro de la gestión total de la organización, por lo que no debe ser un proceso aislado, ya que no es un sistema que depende únicamente de factores propiamente de mantenimiento sino también de elementos internos y externos a la organización. (Viveros, Stegmaier & Kristjanpoller, 2013, p. 126)

7.5. Gestión de activos

La gestión de los activos comerciales se ha registrado como una disciplina desde mediados de la década de 1990, reúne conceptos y técnicas de diferentes regiones, como finanzas, ingeniería, tecnología, operación, entre otros y se especializa en la gestión y toma de decisiones a través del ciclo de vida del activo.

La norma ISO 55000 es un estándar internacional que se centra en la gestión de activos. Su objetivo principal es proporcionar un marco globalmente reconocido para ayudar a las organizaciones a administrar sus activos de manera efectiva y eficiente. Esta norma amplía la definición de activos más allá de los bienes físicos para incluir activos financieros, intangibles y otros, y se enfoca en todo el ciclo de vida de los activos, desde su adquisición hasta su disposición.

La ISO 55000 se basa en varios principios clave. Uno de los principales principios es contribuir a los objetivos y estrategias de las organizaciones a través de la creación de valor en la gestión eficiente de activos. Además, promueve un enfoque basado en riesgos, lo que significa que se deben identificar y gestionar los riesgos asociados con los activos para garantizar su funcionamiento y rendimiento óptimos. La mejora continua es parte fundamental de la norma, donde se hace referencia a su importancia, con el fin de que las organizaciones se sientan alentadas a mejorar y optimizar de manera continua los procesos establecidos para la gestión de activos.

La norma ISO 55000 se puede integrar con otros sistemas de gestión, como ISO 9001 (gestión de calidad) e ISO 14001 (gestión ambiental), para lograr una gestión más holística y eficaz en una organización. Al adoptar esta norma, las organizaciones pueden optimizar su inversión en activos y alcanzar sus

objetivos estratégicos de manera más eficiente. Otro de los principios que integra la norma es brindar a las organizaciones un enfoque que estructure la administración de sus activos desde el inicio de su ciclo de vida hasta su retiro, con el fin de obtener una gestión de recursos con una mayor eficiencia operativa.

Adicional la gestión de activos permite que las organizaciones reconozcan demanda y el funcionamiento de los sistemas y activos, por lo que, desde el inicio de la vida útil de un activo, es posible que este pueda generar valor potencial para más de una organización y estos valores pueden sufrir cambios a lo largo del ciclo de vida. De manera similar, permite que la aplicación de métodos de análisis relacionados con la administración de una propiedad de diferentes etapas de su ciclo de vida pueda comenzar con las necesidades de diseño son los activos para eliminarlo. Incluyendo la posible gestión posterior al diseño.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

2. MARCO TEÓRICO

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Análisis de la gestión actual

3.2. Análisis de la gestión OPEX

3.2.1. Descripción del proceso

3.2.1.1. Plan preventivo

3.2.1.2. Plan correctivo

3.2.1.3. Plan predictivo

3.2.1.4. Flujo del proceso

3.2.2. Descripción de indicadores

3.3. Análisis de la gestión CAPEX

3.3.1. Descripción del proceso

3.3.1.1. Solicitudes de inversión

- 3.3.1.2. Autorización de portafolio
- 3.3.1.3. Ejecución de portafolio
- 3.3.2. Descripción de indicadores

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- 4.1. Integración de OPEX y CAPEX
 - 4.1.1. Desarrollo de procesos
 - 4.1.1.1. Finalización de inversiones
 - 4.1.1.2. Actualización de plan preventivo
 - 4.1.1.3. Solicitud de inversiones
 - 4.1.2. Proceso de actualización de portafolio
 - 4.1.2.1. Desarrollo de indicadores
 - 4.1.2.2. Parámetros establecidos
 - 4.1.2.3. Análisis de indicadores

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

Se presenta a continuación la ruta que tomará este proyecto de graduación, desde su fase de investigación hasta su fase de desarrollo.

9.1. Características del estudio

El estudio tendrá las siguientes características:

9.1.1. Enfoque

Este trabajo de graduación presenta un enfoque mixto, ya que está basado en la identificación de la metodología correcta para la ejecución del mantenimiento en granjas avícolas siendo la parte cualitativa, y el análisis de las características cuantitativas del funcionamiento y las de fallas los equipos, identificando lo que no cumplen con los parámetros establecidos y que deben ingresar al plan de renovación anual.

9.1.2. Alcance

El alcance de esta investigación es de tipo descriptivo, ya que su objetivo principal es evaluar el proceso actual de mantenimiento y como este se relaciona con el plan de inversiones anuales, estableciendo el proceso de análisis de funcionamiento y fallas de los equipos a través de indicadores claves que permitan la creación del plan anual de inversiones con el fin de reducir estas fallas o aumentar la vida útil de los equipos.

9.1.3. Diseño

El diseño establecido será no experimental ya que se obtendrá la información a través de la observación y revisión de los procesos actuales de mantenimiento y los indicadores existentes, los cuales serán utilizados como base para la implementación de una nueva metodología de mantenimiento y análisis de nuevos indicadores. Dentro de las principales técnicas a utilizar serán la revisión de documentos, visitas en campo y encuestas de satisfacción.

9.2. Unidad de análisis

La unidad de análisis será la gestión de mantenimiento, del cual se obtendrán las fases del mantenimiento, desde la implementación de un nuevo sistema, así como su funcionamiento y fallas hasta el final de su ciclo de vida e inclusión en el plan de inversiones anual.

9.3. Variables

Las variables del estudio se serán cuatro, iniciando por el establecimiento del proceso de gestión de mantenimiento, seguido de la identificación de los sistemas críticos para la producción, se procede a elaborar la propuesta del proceso para el plan de inversiones anual basado en el análisis del funcionamiento de los sistemas críticos, y por último se identifican las fallas en los sistemas recientemente renovados.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Se realizarán visitas en el centro administrativo de mantenimiento para la revisión de la documentación existente del proceso actual de la gestión mantenimiento, seguimientos, indicadores, y áreas involucradas. Se realizarán visitas a los centros productivos para evaluar los sistemas críticos y su impacto en la producción utilizando listas de verificación y diagramas de los procesos.

Una vez identificados los sistemas críticos, se utilizará una matriz de decisión de indicadores propios de mantenimiento que permitan evaluar el funcionamiento de los sistemas actuales y futuros, las fallas y su tiempo de vida promedio.

Se identificarán los límites de aceptación mínimos y máximos de los parámetros establecidos a través de gráficos de control que permitirán evaluar los sistemas que su funcionamiento ya no es aceptado.

11. CRONOGRAMA

Se presenta el cronograma que se plantea para el desarrollo de la investigación desde su inicio hasta su finalización.

Tabla 1.

Cronograma de investigación

Descripción del hito	Inicio	Días
PLAN DE ACCIÓN		
Aprobación de Protocolo	11/11/2021	50
EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN		
Presentación de proyecto	31/12/2021	1
Fase 1: Revisión documental	1/01/2022	10
Fase 2: Análisis del proceso actual de Mantenimiento	11/01/2022	15
Fase 3: Análisis de indicadores actuales	26/01/2022	10
Fase 4: Diagnóstico de los sistemas críticos	5/02/2022	20
Fase 5: Definición de Metodología de Mantenimiento	25/02/2022	20
Fase 6: Definición de indicadores de Mantenimiento	17/03/2022	20
Fase 7: Análisis de los sistemas fuera de parámetros	6/04/2022	20
Fase 8: Definición de proceso de renovación de sistemas	26/04/2022	20
Fase 9: Definición de propuesta de plan de inversiones	16/05/2022	20
Fase 10: Analizar inversiones finalizadas	5/06/2022	20
Fase 11: Actualización de Plan de Mantenimiento	25/06/2022	20
Fase 12: Analizar los nuevos indicadores de Mantenimiento	15/07/2022	20
ELABORACIÓN DE INFORME FINAL		
Presentación de resultados	18/08/2023	20
Discusión de resultados	7/09/2023	20
Conclusiones	27/09/2023	20
APROBACIÓN INFORME FINAL		
Aprobación de asesor	17/10/2023	15
Aprobación de coordinador	17/10/2023	15
Aprobación del revisor	17/10/2023	15
Aprobación de la Escuela de Estudios de Postgrado	17/10/2023	15

Nota. Cronograma de actividades. Elaboración propia, realizado con Excel.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

A continuación, se presenta el presupuesto estimado para la elaboración del análisis de la gestión de mantenimiento.

Tabla 2.
Presupuesto

	Ítem	Cantidad	Costo (Q)	Fuente de financiamiento
Recurso humano	Asesor	1	Q. 0.00	No aplica
	Investigador	1	Q. 0.00	No aplica
	Personal de la empresa	1	Q. 0.00	No aplica
Recursos materiales	Útiles y papelería	1	Q. 200.00	Propio
Recursos físicos	Gasolina (8 meses)	-	Q. 3,200.00	Propio
	Alimentación (8 meses)	-	Q. 3,500.00	Propio
Recursos tecnológicos	Computadora	1	Q. 4,500.00	Propio
	Celular	1	Q. 5,000.00	Propio
	Internet	-	Q. 400.00	Propio

Nota. Presupuesto para el desarrollo de la investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

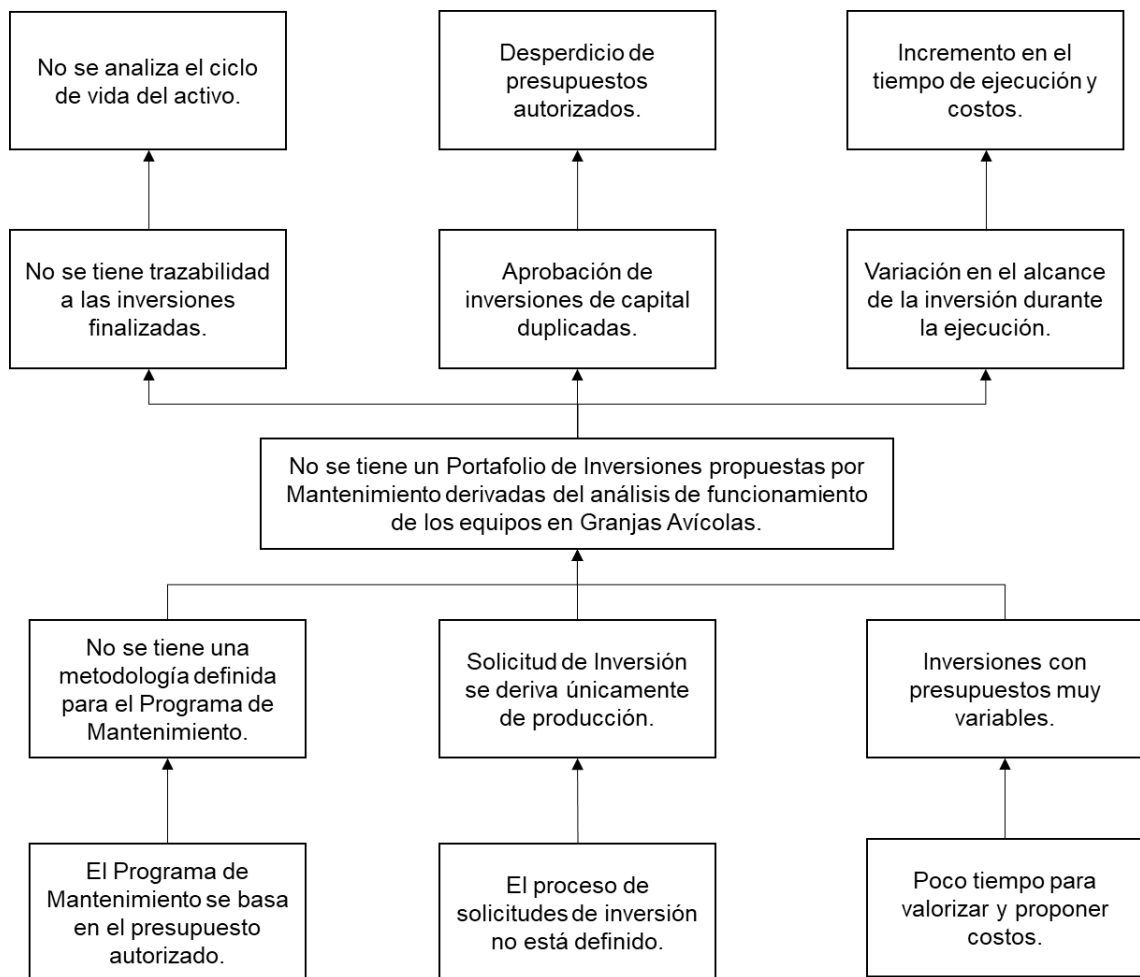
13. REFERENCIAS

- Amendola, L. (2003). *Indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión del mantenimiento*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Hung, A. (2009). Mantenimiento centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC; Ingeniería energética. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 30(2), 13-18. <https://www.redalyc.org/pdf/3291/329127741002.pdf>
- Mora, L. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. Alfaomega.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)*. Aladon LLC.
- Olarte, W., Botero, M., y Cañon, B. (2010). *Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción*. Scientia et technica.
- Rivera, E. M. (2011). *Sistema de gestión del mantenimiento industrial*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Archivo digital. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/1661>
- Viveros, P., Stegmaier, R., & Kristjanpoller, F., (2013). Propuesta de un Modelo de Gestión y sus principales herramientas de apoyo. *Revista Chilena de Ingeniería*, 21(1), 125-138. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052013000100011>

14. APÉNDICES

Apéndice 1.

Árbol de problemas



Nota. Árbol de problemas de la investigación. Elaboración propia, realizado con Draw.io.

Apéndice 2.

Matriz de coherencia

Análisis de la gestión de mantenimiento a través de la metodología RCM y TPM con indicadores claves que determinen el plan de inversión ideal y renovación de activos en Granjas Avícolas				
Problema	Objetivos	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
General				
¿Cómo se puede implementar el plan de inversiones basados en el análisis de funcionamiento de los equipos en granjas avícolas?	Analizar la gestión de mantenimiento a través de los indicadores clave que permitan presentar el Plan de Inversión anual para la renovación de los activos en granjas avícolas	la Plan de inversiones a propuesto de la gestión e indicadores de mantenimiento.	de Se propone el análisis de los indicadores de mantenimiento, para el planteamiento de un plan de inversiones de capital que renueven los activos con mayor fallas y recurrencias.	Evaluar y analizar en conjunto la gestión y plan de mantenimiento con el plan de inversiones.
Específicos				
¿El análisis de funcionamiento de los equipos aporta valor a la gestión de mantenimiento?	Analizar el funcionamiento de los sistemas críticos para la operación a través de una metodología e indicadores específicos de mantenimiento.	Los sistemas más críticos para la operación presentan también indicadores negativos de mantenimiento, con fallas recurrentes y alto costo de reparación.	Se analizó el funcionamiento de los sistemas críticos con el fin de determinar la inclusión de renovación en el plan anual de inversiones de capital.	Es imperativo que la renovación de los sistemas críticos sea incluida dentro del plan de inversiones anuales para reducir el impacto que estos causan en el mantenimiento.

Continuación del apéndice 2.

Problema	Objetivos	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
¿El plan de inversiones anual está basado en el análisis del mantenimiento y funcionamiento de los equipos?	Determinar el plan de inversiones anual a través de parámetros aceptables del funcionamiento de los sistemas de mantenimiento.	Plan de inversiones anual planteado con el 60 % de inversiones basadas en indicadores aceptables de mantenimiento.	Se determinó que el funcionamiento de los sistemas y equipos críticos no se encuentran dentro de los parámetros aceptables por lo que su renovación fue incluida dentro del plan de inversiones propuesto.	Se recomienda la adecuación de los parámetros de aceptación conforme se lleve a cabo la renovación de sistemas y equipos.
¿Las inversiones de capital ayudan a reducir las fallas en los sistemas críticos?	Analizar el funcionamiento de las inversiones finalizadas y el impacto que estas tendrán en el plan de mantenimiento y su ejecución anual.	La ejecución y finalización de inversiones reduce las fallas y su recurrencia en las granjas donde se renovaron los equipos o sistemas.	Se analizaron los indicadores de mantenimiento en los sistemas y equipos que fueron renovados a través de las inversiones de capital.	Actualizar el plan de mantenimiento en los sistemas y equipos que se renovaron.

Nota. Matriz de coherencia utilizada en la investigación. Elaboración propia realizado con Word.