



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
PROYECTO TÉCNICO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA MECÁNICA

TEMA:

**“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
EL SISTEMA DE TRANSPORTE POR CANGILONES EN LA EMPRESA
NUTRISALMINSA S.A. DE LA CIUDAD DE AMBATO”**

AUTOR: Mayra Lizeth Chimborazo Toapanta

TUTOR: Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano

AMBATO - ECUADOR

Julio - 2022

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniera Mecánica, con el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA DE TRANSPORTE POR CANGILONES EN LA EMPRESA NUTRISALMINSA S.A. DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, elaborado por la Srta. Mayra Lizeth Chimborazo Toapanta, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804955027, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Julio 2022

Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Mayra Lizeth Chimborazo Toapanta, con C.I. 1804955027 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico bajo el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA DE TRANSPORTE POR CANGILONES EN LA EMPRESA NUTRISALMINSA S.A. DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, así también las tablas, criterios, gráficas, conclusiones y recomendaciones son de mi total responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Julio 2022



Mayra Lizeth Chimborazo Toapanta
C.I. 1804955027
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su consulta, lectura y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en líneas patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Julio 2022



Mayra Lizeth Chimborazo Toapanta
C.I. 1804955027
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico realizado por la estudiante Mayra Lizeth Chimborazo Toapanta de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA DE TRANSPORTE POR CANGILONES EN LA EMPRESA NUTRISALMINSA S.A. DE LA CIUDAD DE AMBATO”**.

Ambato, Julio 2022

Para constancia firman:

Ing. Alejandra Marlene Lascano Moreta Mg.
Miembro Calificador

Ing. Mg. Luis Eduardo Escobar Luna
Miembro Calificador

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo en primer lugar a Dios, por ser mi apoyo principal e incondicional, por haberme guiado y ayudado a tomar buenas decisiones, por siempre iluminar mi camino llevándome a conseguir todos mis objetivos.

A mi querida madre, Flora, por ser ese ejemplo de perseverancia, respeto, amor, humildad, paciencia, tolerancia y comprensión, ya que eso me ha ayudado a enfrentar y superar momentos difíciles en mi vida.

A mis hermanos, por brindarme su ayuda y compartir sus conocimientos y experiencias, por enseñarme que la vida siempre tendrá obstáculos, pero con mucho esfuerzo y responsabilidad se logran superar.

Y a todas aquellas personas que saben que fueron de gran ayuda para conseguir este logro, que a pesar de todo estuvieron junto a mí en cada paso, impulsándome y creyendo en mis capacidades para cumplir con mis sueños.

Lizeth Chimborazo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por la vida, por mi salud, por todas las cosas buenas y malas que he pasado durante mi carrera estudiantil, pues a pesar de muchos inconvenientes, él me ha dado la fortaleza para seguir y salir adelante.

A mi madre, Flora, pues gracias a todo su esfuerzo, dedicación y sacrificio, hoy en día podré hacerla sentir orgullosa de mis logros como profesional y como persona, dándole la satisfacción de que su trabajo no ha sido en vano.

A mis hermanos, gracias por ayudarme en momentos realmente difíciles, pues con su soporte y guía también he conseguido cumplir con mis objetivos, por ese aliento cuando más lo necesitaba, por creer en mi capacidad y darme esa seguridad de luchar hasta conseguir mis metas.

A todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Mecánica, por compartir sus conocimientos y experiencias contribuyendo con mi formación tanto profesional como personal.

A mi tutor Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano por su ayuda y paciencia en cada etapa del desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Freddy Alminate, gerente general de la empresa Nutrisalminsa y sus trabajadores, por su colaboración y apertura, para el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
GLOSARIO.....	xv
RESUMEN	xvii
ABSTRACT.....	xviii

B. CONTENIDO

CAPITULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes	1
1.1.1. Investigaciones Previas	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Marco Teórico	3
1.3.1. Mantenimiento Industrial	3
1.3.2. Tipos de Mantenimiento.....	4
1.3.3. Operaciones de Mantenimiento Mecánico	7

1.3.4.	Estrategias de Mantenimiento Industrial	8
1.3.4.1.	Estrategias básicas	8
1.3.4.2.	Estrategias moderadamente intensivas	8
1.3.4.3.	Estrategias intensivas	8
1.3.4.4.	Estrategias integrales	8
1.3.5.	Fallo Mecánico.....	9
1.3.5.1.	Fallo según la edad de la máquina.....	9
1.3.6.	Plan de Mantenimiento.....	10
1.3.6.1.	Etapas de un plan de mantenimiento	10
1.3.6.1.1.	Clasificación e Identificación de Equipos.....	10
1.3.6.1.2.	Recopilación de Información	10
1.3.6.1.3.	Selección de la Política de Mantenimiento	11
1.3.6.1.4.	Programa de Mantenimiento Preventivo	11
1.3.6.1.5.	Guía de Mantenimiento	11
1.3.6.1.6.	Organización del Mantenimiento	12
1.3.7.	Indicadores del Mantenimiento	12
1.3.7.1.	MTBF: Tiempo medio entre fallos sucesivos.....	12
1.3.7.2.	MTTR: Tiempo medio de reparación.....	12
1.3.7.3.	TP: Tiempo de parada.....	12
1.3.7.4.	λ : Tasa de fallos (fallos por unidad de tiempo).....	12
1.3.7.5.	μ : Tasa de operación (reparaciones por unidad de tiempo)	13
1.3.7.6.	D: Disponibilidad de la máquina.....	13
1.3.8.	Análisis modal de fallos y efectos AMFE.....	13
1.3.8.1.	Índice de Prioridad de Riesgo (IPR o NPR)	13
1.3.8.1.1.	Detectabilidad.....	13
1.3.8.1.2.	Gravedad	14
1.3.8.1.3.	Frecuencia	14

1.3.9.	Matriz de Criticidad	16
1.3.10.	Elevador de Cangilones.....	18
1.3.10.1.	Partes Constitutivas de un elevador de cangilones.....	18
1.3.10.1.1.	Órgano de tracción	18
1.3.10.1.2.	Cangilones	18
1.3.10.1.3.	Sistema Propulsor	19
1.3.10.1.4.	Sistema de Atezado	19
1.3.10.1.5.	Tamboras y Catalinas.....	19
1.3.10.1.6.	Estructura Metálica	19
CAPITULO II		21
2.	Metodología	21
2.1.	Materiales	21
2.1.1.	Software libre de mantenimiento	21
2.2.	Método.....	22
2.3.	Modalidad de la investigación	22
2.3.1.	Estudio Bibliográfico	22
2.3.2.	Análisis Documental	22
2.3.3.	Investigación Aplicada.....	23
2.3.4.	Recolección de Datos	23
2.4.	Recursos	24
2.5.	Recursos humanos.....	24
2.6.	Recursos materiales.....	24
2.7.	Recursos Institucionales	25
2.8.	Recursos económicos	25
CAPÍTULO III.....		26
DESARROLLO DEL PROYECTO		26
3.	Modelo Operativo	26

3.1.	Análisis de la Situación Actual.....	26
3.1.1.	Plan de mantenimiento actual de la empresa.....	26
3.1.2.	Evaluación de la Disponibilidad de los Elevadores de Cangilones	28
3.2.	Evaluación externa.....	28
3.3.	Dossier Técnico	28
3.3.1.	Codificación de Máquinas.....	28
3.3.2.	Fichas Técnicas de los elevadores de la empresa Nutrisalminsa S.A.....	29
3.3.3.	Componentes de los elevadores de la empresa Nutrisalminsa S.A.	32
3.3.4.	Instrucciones de Montaje y Puesta en Marcha	34
3.3.4.1.	Montaje.....	34
3.3.4.2.	Puesta en Marcha	40
3.3.5.	Recomendaciones de Mantenimiento.....	41
3.3.5.1.	Medidas de Seguridad en tareas de mantenimiento	42
3.4.	Disponibilidad Elevadores de Cangilones.....	43
3.4.1.	Disponibilidad Elevadores.....	43
3.4.2.	Análisis de la Curva de la bañera.....	44
3.4.3.	Análisis Modal de Fallos y Efectos AMFE	46
3.4.4.	Análisis de la matriz AMFE	53
3.5.	Desarrollo del plan de mantenimiento	55
3.5.1.	Bitácora de Mantenimiento	55
3.5.1.1.	Elevador 1 NCG.....	57
3.5.1.2.	Elevador 2 NCP	58
3.5.2.	Programación del Plan de Mantenimiento en un Software	60
3.5.2.1.	Manual de Usuario del Programa del Plan de Mantenimiento	60
	CAPITULO IV	68
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
4.1.	Conclusiones	68

4.2. Recomendaciones.....	70
5. Referencias	71
Anexo	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Diferencias fundamentales entre los distintos tipos de mantenimiento [4]....	7
Tabla 2- Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo [10].....	14
Tabla 3- Clasificación de la gravedad del modo de fallo según la repercusión en el cliente. [10].....	14
Tabla 4- Clasificación de la frecuencia de la ocurrencia del modo de fallo. [10].....	15
Tabla 7- Hoja estructurada AMFE	15
Tabla 5- Modelo de Matriz de Criticidad.....	16
Tabla 6- Valoración para la Criticidad. [11]	17
Tabla 8- Recursos Económicos	25
Tabla 9- Cronograma de Mantenimiento Preventivo-Correctivo para Elevadores de cangilones [18]	27
Tabla 10- Codificación de Elevadores.....	29
Tabla 11- Codificación para componentes.....	29
Tabla 12- Ficha Técnica – Elevador 1 NCG.....	30
Tabla 13- Ficha Técnica – Elevador 2 NCP.....	31
Tabla 14- Componentes – Elevadores	32
Tabla 15- Disponibilidad Elevador de Cangilones Grande.....	43
Tabla 16- Disponibilidad Elevador de Cangilones Pequeño.....	43
Tabla 17- Análisis AMFE – Sistema Mecánico	47
Tabla 18- Análisis AMFE – Sistema Eléctrico	51
Tabla 19- Análisis AMFE	53
Tabla 20: Código de colores para frecuencias de las tareas de mantenimiento.	56
Tabla 21: Bitácora de Mantenimiento	57
Tabla 22: Bitácora de Mantenimiento	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación del Mantenimiento Industrial [6].....	4
Figura 2: Curva de vida útil de una máquina [4].....	10
Figura 3: Basado en el tipo de fallo y posibilidad de vigilancia [9].....	11
Figura 4: Partes Constitutivas de un Elevador por Cangilones [13].....	20
Figura 5: Pie del elevador [19].....	34
Figura 6: Tolva de descarga [19].....	35
Figura 7: Placa y ángulos de soporte [19].....	35
Figura 8: Soporte del guarda correa [19].....	36
Figura 9: Ubicación del motor en su base [19].....	36
Figura 10: Soporte del brazo de torsión [19].....	37
Figura 11: Conjunto del cabezal superior [19].....	37
Figura 12: Plataforma de trabajo [19].....	37
Figura 13: Instalación de plataforma de trabajo [19].....	38
Figura 14: Escalera y Guarda hombres [19].....	39
Figura 15: Ajuste de cangilón a banda [19].....	39
Figura 16: Cangilones en banda del elevador [19].....	40
Figura 17: Curva de la Bañera – Elevador 1 NCG.....	44
Figura 18: Curva de la Bañera – Elevador 2 NCP.....	45
Figura 19: Representación Análisis AMFE.....	54
Figura 20: Pantalla Inicial del Programa.....	61
Figura 21: Opción “MENÚ”.....	61
Figura 20: “MENÚ” del Software.....	62
Figura 23: Ficha Técnica Elevador 1 NCG.....	63
Figura 23: Ficha Técnica Elevador 2 NCP.....	63
Figura 25: Plan de Mantenimiento Elevador 1 NCG.....	64
Figura 26: Plan de Mantenimiento Elevador 2 NCP.....	64
Figura 27: Opción “REPORTES” -Elevador 1 NCG.....	65
Figura 28: Opción “HOJA DE VIDA”– Elevador 1 NCG.....	66
Figura 29: Curva de la Bañera opción “Elevador 1 NCG”.....	67
Figura 30: Opción “X”, para cerrar hojas.....	67
Figura 31: Opción “Cerrar Sesión”, para cerrar Programa.....	67

GLOSARIO

1. **Cangilones:** Recipientes dispuestos en diferentes formas y tamaños usado en diversas maquinarias para cargar, transportar o elevar de materiales.
2. **Bandas:** Elementos usados en la transmisión de potencia o movimiento, también conocidas como correas y por lo general son fabricadas en materiales flexibles como el caucho y compuestas también por alambres o fibras textiles extremadamente fuertes al trabajar a tensión.
3. **Botas:** Coraza exterior de la parte inferior del elevador de cangilones, que cubre la zona de carga de los cangilones y por lo general en equipos de gran tamaño se fabrica en material metálico galvanizado.
4. **Motor Trifásico:** Motor eléctrico el mismo que suele ser utilizado generalmente en sistemas de producción industrial o comercial que funciona usando 3 fases de energía eléctrica, y que producen grandes fuerzas en su trabajo o funcionamiento.
5. **Fiabilidad:** es la probabilidad que tiene cualquier máquina o sistema mecánico para que cumpla la función para la que fue diseñada con las condiciones de frontera a las que se somete el sistema y durante un tiempo específico.
6. **Cabeza:** Coraza exterior de la parte superior de un elevador de cangilones que cumple la función de recubrimiento de la descarga del elevador y que por lo general el material en que se los fabrica es material metálico galvanizado.
7. **AMFE:** Son las siglas de análisis modal de fallos y efectos, esta es una metodología que sirve para la estimación y predicción de fallas que se pueden presentar en un producto el mismo que se encuentra en fase de diseño. Incorpora desde el inicio los elementos y funciones del mencionado producto que ayuden a garantizar su fiabilidad, seguridad y también que se cumplan los parámetros funciones que los clientes demandan del nuevo producto.
8. **Criticidad:** Es una condición en la cual el estado de una situación es crítico. Esta palabra determina que una situación puede tener bastante gravedad, crisis u oportunidad.
9. **Ensamblaje:** Unión de varios elementos o piezas que conforman un sistema, mecanismo o máquina que consiste en un ajuste entre estas, para que funcionen todas como un solo cuerpo, para realizar un funcionamiento específico, para el que fue diseñado.

- 10. Curva de la bañera:** Es un gráfico estadístico que indica cual sería la probabilidad de que una maquina tenga una avería dentro del periodo de la vida útil de ese bien, el nombre que tiene esta grafica es por la semejanza que tiene con una tina de baño.
- 11. Guardamotor:** Dispositivos eléctricos que ayudan en la protección de elementos y circuitos de un circuito electromecánico, cumplen la función de encendido y apagado de motores en circuitos eléctricos, también sirven para defender los sistemas de sobrecargas, fallas en las fases o también cortocircuitos.
- 12. Contactador:** elemento electromecánico que es útil para establecer o interrumpir el paso de corriente eléctrica a través de un sistema por medio de cables, la ventaja de este dispositivo es que puede ser accionado o apagado a distancia por medio de un sistema de bobinas que permite el paso de la corriente.
- 13. Tolva:** Dispositivo usado en el campo industrial en el cual se manejan fluidos por lo general solidos de pequeño tamaño, granulados, polvos o harinas, que se asemeja a un embudo por su forma y funcionamiento que está dispuesto en un gran tamaño y hace parte de sistema de transportes en las industrias.
- 14. Pierna:** Son los elementos de tipo coraza o recubrimiento que protegen a las bandas de los cangilones y de paso ayuda también a rigidizar la estructura del elevador, protege también de los derrames desde los cangilones del producto que está siendo transportado y lo mantiene cerrado herméticamente para no desperdiciar producto.
- 15. Chumaceras:** es un elemento mecánico que permite la libre rotación de un eje y fija su movimiento en el plano paralelo a dicho eje, por lo general están fabricados en metal de alta resistencia, y sirven en los sistemas de transporte como puntos en los cuales se puede hacer girar un extremo de una banda transportadora o cinta de cangilones.
- 16. Brida:** elemento mecánico que consta de dos componentes que se permiten unirse entre sí con un apriete necesario para evitar la salida de fluidos transportados por tuberías, este tipo de juntas permiten que las líneas de tuberías no sean desmontadas con operaciones destructivas, en cambio permiten una mayor facilidad para su desmontaje.
- 17. Dossier:** Conjunto de documentos, procedimientos, planos, fichas técnicas, registros o toda información necesaria sobre una máquina o equipo en el sector industrial.

RESUMEN

El prevenir, es la única manera de evitar graves problemas futuros, esto aplicado a cualquier área de trabajo o incluso en la vida misma, de esta manera en el sector industrial se podría mejorar y extender la vida útil de máquinas y equipos, he ahí la importancia de la utilización de un plan de mantenimiento preventivo.

Para su realización, se inició con el desarrollo de las fichas técnicas y un estudio de la situación actual de los mantenimientos realizados en cada máquina, estos datos fueron representados en un estadístico e interpretados mediante la curva de la bañera, después se realizó la identificación de sistemas, componentes y funciones de los mismos para el posterior análisis de las principales causas que provocan fallas. A continuación, se efectuó un análisis modal de fallos y efectos AMFE a través de una matriz donde se detalló para cada componente el fallo funcional, modo de fallo, efecto, causa raíz y una recomendación de dos posibles fallos, y se obtuvieron los componentes con mayor NPR, de esta manera se priorizó las medidas preventivas de los mismos, este se basó en la Nota Técnica de Prevención NTP 679. Finalmente, se obtuvo como producto final un software tecnológico con el plan de mantenimiento preventivo anual para el sistema de transporte por cangilones, el cual contiene las gamas de mantenimiento, generación de reportes mensual, hoja de vida, y curva de la bañera para el control de las etapas de fallo.

Palabras clave: Cangilones, Mantenimiento Preventivo, Software Tecnológico, AMFE, NTP 679.

ABSTRACT

Prevention is the only way to avoid serious future problems, this applied to any work area or even in life itself, in this way in the industrial sector the useful life of machines and equipment could be improved and extended, that is the importance of using a preventive maintenance plan.

For its realization, it began with the development of the technical sheets and a study of the current situation of the maintenance carried out on each machine, these data were represented in a statistic and interpreted by means of the curve of the bathtub, then the identification of systems, components and functions of the same for the subsequent analysis of the main causes that cause failures. Next, a mode analysis of failures and FMEA effects was carried out through a matrix where the functional failure, failure mode, effect, root cause and a recommendation of two possible failures were detailed for each component, and the components with greater NPR, in this way the preventive measures of the same were prioritized, this was based on the Technical Note of Prevention NTP 679. Finally, a technological software was obtained as a final product with the annual preventive maintenance plan for the transport system by buckets, which contains the ranges of maintenance, generation of monthly reports, resume, and curve of the bathtub for the control of failure stages.

Keywords: Buckets, Preventive Maintenance, Technological Software, AMFE, NTP 679.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA DE TRANSPORTE POR CANGILONES EN LA EMPRESA NUTRISALMINSA S.A. DE LA CIUDAD DE AMBATO”

1.1. Antecedentes

1.1.1. Investigaciones Previas

Fue necesario revisar algunas investigaciones previas sobre temas relacionados al mantenimiento preventivo, como guía o base para el desarrollo del presente proyecto, las mismas que se detallan a continuación:

- a) Según Amaguaña [1], quien aplicó la Nota Técnica de Prevención NTP 679, para realizar el análisis previo al diseño del plan de mantenimiento preventivo, así también se realizó un análisis modal de fallos y efecto AMFE, con el cual se identificó las principales causas de los componentes con fallos más frecuentes en el ascensor.

- b) Por otro lado, el señor Luis Tafur [2], realizó un análisis modal de efectos y fallos AMFE posterior a un análisis de criticidad pues gracias a esto se puede tener un mejor criterio para determinar cuáles son los fallos más comunes y de esta manera se pudo tomar las mejores acciones preventivas. Además, se realizó un programa con todas las gamas de mantenimiento necesarias para el correcto funcionamiento de la maquinaria.

- c) También, el señor Fernando Freire [3], realizó gamas de mantenimientos a partir de datos obtenidos mediante la matriz AMFE y un análisis de fiabilidad, las necesidades de mantenimiento fueron seleccionadas a partir de su estado más crítico. También se trabajó con la NTP 679 con la que se establecieron parámetros importantes como la gravedad, ocurrencia y fallo en cada componente de la máquinas inyectoras.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de transporte por cangilones en la empresa NUTRISALMINSA S.A. de la ciudad de Ambato, con la finalidad de evitar fallos futuros por la inexistencia de un correcto plan de control.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Elaborar un estudio general sobre las actividades actuales de mantenimiento de la máquina en la empresa.

Para este objetivo se pretende realizar una recolección de información sobre el estado actual de la máquina mediante inspección con visitas al lugar, obteniendo datos proporcionados por la empresa, con el propósito de analizar cómo se ha venido dando el mantenimiento tiempo atrás.

2. Realizar el reconocimiento y documentación necesaria de la máquina de transporte de cangilones que existe en la empresa.

En este objetivo se planea mediante observación directa el reconocimiento de cada sistema, subsistema, componente que conforman el sistema de transporte por cangilones, además de su función principal. Estos datos serán reflejados en fichas, y documentos establecidos con la empresa. Al final se presentará la disponibilidad que presenta la máquina a su actualidad.

3. Desarrollar un análisis modal de la máquina basada en la Matriz AMFE.

Para este objetivo se planea realizar un análisis modal de fallos y efectos AMFE, el cual nos ayudará a determinar factores de vital importancia como son la gravedad, causa y efecto de los fallos, de esta manera se podrá determinar cuáles son, porqué se dan y cómo solucionar las fallas más comunes del sistema, gracias a la obtención de un Número de Prioridad de Riesgo, todo esto se trabajará basándose en la Nota Técnica de Prevención NTP 679.

4. Diseño del plan de mantenimiento para la máquina, determinando periodos y actividades a realizar, mediante la utilización de herramientas tecnológicas.

En este objetivo finalmente se realizará la programación de todas las actividades de control en el software tecnológico, esto una vez desarrollado el análisis de fiabilidad y fallos de cada componente del sistema de transporte, para posterior evaluación del programa en la empresa.

1.3. Marco Teórico

1.3.1. Mantenimiento Industrial

Se considera como un pilar fundamental dentro del proceso de producción industrial que condiciona directamente la eficiencia de cualquier industria moderna, las demás disciplinas dependen de esta, de tal forma que cualquier intento de producción resultara fallido sin un previo mantenimiento de maquinarias o equipos. Su implantación es un tanto complicada pues requiere de la colaboración de otros departamentos, como dirección, administración y otros, pues si se desea elevar la calidad del producto se deberá trabajar en equipo. Finalmente, la calidad de un plan de mantenimiento preventivo tiene alta influencia en el producto final, por lo que se debe potenciar su intensidad y calidad de trabajo. [4]

La importancia del mantenimiento nace al observar que todo equipo o maquina sufría algún tipo de fallo por una diversidad de causas, las cuales pueden ser de tres tipos:

- Normal: ocasionado por causas como la presión, movimiento o velocidad de operación de la máquina, corrosión, fatiga, temperatura, vibración, etc.
- Anormal: provocada por descuidos, golpes, exceso de trabajo, operación de la máquina incorrecta.
- Accidental: debido a varias causas como naturales, meteorológicas, causas impredecibles, imprevistas o incontrolables. [5]

1.3.2. Tipos de Mantenimiento

De acuerdo a sus objetivos y recursos necesarios existen diferentes tipos de mantenimiento. Sin embargo, en la actualidad en las grandes industrias ninguno es utilizado de manera individual o exclusivamente, sino la combinación de varios pues uno complementa al otro, en el gráfico 1 se puede observar la clasificación y a continuación se describen cada uno de estos:

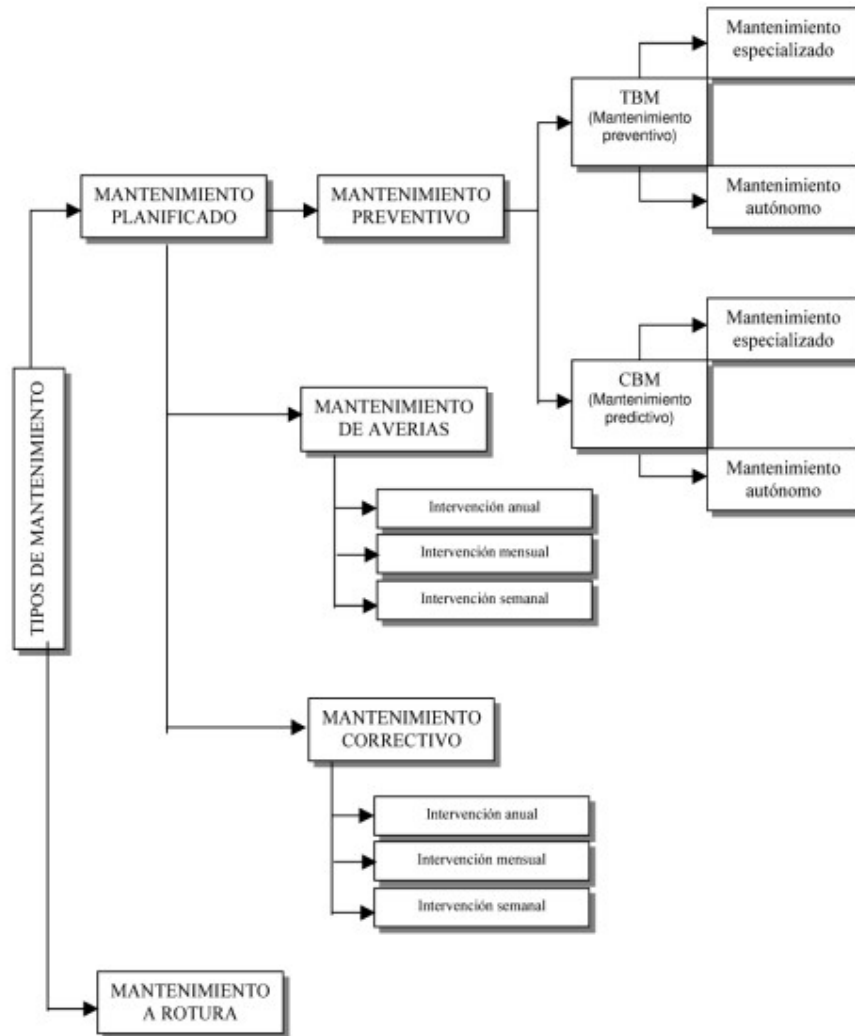


Figura 1: Clasificación del Mantenimiento Industrial [6]

1.3.2.1. Mantenimiento ante Fallo. Este método entra en acción cuando tiene lugar un fallo y se desea una rápida acción con el objetivo de devolver el buen estado de funcionamiento de la máquina, al sustituir o reparar de manera rápida la/las piezas que

han fallado. Una gran ventaja que ofrece este tipo de mantenimiento es la rapidez para poner en buen funcionamiento a la máquina o equipo, además de que se da el máximo uso a las piezas que fallan. [4]

1.3.2.2. Mantenimiento correctivo. Este es casi similar al anterior, pero en adición este tiene como objetivo buscar, diagnosticar y corregir el motivo principal que ocasiona el fallo. Este método destaca en que repara la raíz original del fallo, evitando así averías en corto tiempo. Además, suele ser aplicable cuando existe la disponibilidad de repuestos, piezas o componente suficientes, pues esto ayudará a una rápida y económica sustitución sin provocar interrupciones ni perjuicios en el proceso productivo. [4]

1.3.2.3. Mantenimiento Preventivo. Este tipo de mantenimiento tiene por objetivo prevenir el fallo. El más común es el planificado (PPM, *Planned Preventive Maintenance*). El cual se basa en la sustitución de piezas a intervalos periódicos de tiempo. En ocasiones se procede a la sustitución de la pieza una vez culminado su ciclo de trabajo en la máquina, también basado en la información histórica del tiempo medio entre fallos, pero independientemente de su estado, de esta manera se evitarán fallos inesperados que afectarán directamente al proceso productivo.

Entre sus múltiples ventajas que ofrece se encuentran que la realización de la planificación de las acciones de mantenimiento es mucho más fácil, ocasionando menor paradas imprevistas, además evita el almacenamiento de repuestos, ajustando su adquisición a la necesidad de cada acción planificada. Este método es fácilmente aplicado para componentes que presentan una curva de deterioro predecible por el número de ciclos de trabajo. [4]

Los métodos más usuales que usa el mantenimiento preventivo para la identificación de las condiciones de las máquinas son:

- a) **Inspecciones visuales:** consiste en observar posibles defectos o anomalías superficiales en los diferentes componentes de la máquina. Esta inspección puede darse de manera externa, para la cual se puede usar solo el sentido de la vista o apoyarse de una lupa, por otro lado, también se puede realizar una inspección interna, para lo cual se puede usar boroscopios o flexiscopios, para acceder a zonas de difícil acceso. [7]

- b) **Control de lubricación:** se debe realizar un análisis de aceites de las máquinas para poder determinar el contenido de hierro o cualquier otro metal, el grado de la descomposición, detectar la presencia de algún elemento que este alterando el funcionamiento de la máquina. [7]
- c) **Medición de temperatura:** puede detectar anomalías provocadas por la generación de calor por rozamiento o por una mala lubricación. También se puede determinar el estado de las máquinas gracias a termografías superficiales. [7]
- d) **Medición de vibraciones:** la realización de estudios de vibración y su amplitud puede ofrecernos valiosa información sobre cuáles son los componentes que podrían dañarse por este problema. [7]

1.3.2.4. Mantenimiento Predictivo. Este método corrige o cubre las desventajas del mantenimiento preventivo, en donde se cambia las sustituciones periódicas por inspecciones periódicas en las que no se reemplazan componentes, y solo son analizadas bajo parámetros objetivos, su acción inicia cuando se encuentra la inminencia de un fallo, subsana la causa del fallo y repara la pieza afectada.

Este método usa estos parámetros como nivel de ruido, nivel de vibración, partículas en el lubricante, temperatura entre otros, estos indican características específicas del funcionamiento de cada máquina. De todos estos parámetros el más utilizado en este tipo de mantenimiento es el nivel de vibración, pues brinda mayor facilidad para detección de potenciales fallas. [4]

Como se ha mencionado, los diferentes tipos de mantenimiento presentan sus ventajas y desventajas frente a situaciones diferentes, entonces en la siguiente tabla 1 se puede identificar ciertos aspectos positivos y negativos de cada tipo de mantenimientos frente a los otros:

Tabla 1- Diferencias fundamentales entre los distintos tipos de mantenimiento [4]

	Mantenimiento ante fallo	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento predictivo
Evita que se produzca el fallo	NO (-)	NO (-)	SÍ (+)	SÍ (+)
Corrige la causa real del fallo	NO (-)	SÍ (+)	SÍ (+)	SÍ (+)
Las operaciones suelen costar mucho tiempo debido a la imprevisión	SÍ (-)	SÍ (-)	NO (+)	NO (+)
Las operaciones pueden ser innecesarias y pueden ser causa de nuevos fallos	NO (+)	NO (+)	SÍ (-)	NO (+)
Permite planificar el mantenimiento	NO (-)	NO (-)	SÍ (+)	SÍ (+)
Exige disponer de un surtido almacén de repuestos	SÍ (-)	SÍ (-)	NO (+)	NO (+)
Permite agotar la vida útil de las piezas	SÍ (+)	SÍ (+)	NO (-)	SÍ (+)
Requiere el conocimiento de técnicas complejas	NO (+)	NO (+)	NO (+)	SÍ (-)
Exige una importante inversión en medios para el mantenimiento	NO (+)	NO (+)	NO (+)	SÍ (-)
Contribuye a mejorar la seguridad global de la planta	NO (-)	NO (-)	SÍ (+)	SÍ (+)

1.3.3. Operaciones de Mantenimiento Mecánico

Existen operaciones de mantenimiento antes del fallo con el objetivo de prevenir dicho problema y también operaciones después del fallo con el propósito de reparar este fallo y devolver a la máquina o equipo su estado de funcionamiento. Entonces se puede encontrar la siguiente clasificación para las operaciones de mantenimiento:

- Operaciones de mantenimiento de reparación tras el fallo
- Operaciones de mantenimiento correctivo tras el fallo
- Operaciones de mantenimiento preventivo
- Operaciones de mantenimiento predictivo o de análisis del estado de la máquina
- Operaciones de mantenimiento correctivo basado en el estado de la máquina [4]

1.3.4. Estrategias de Mantenimiento Industrial

1.3.4.1. Estrategias básicas

Estas estrategias son poco eficientes y suelen ser adoptadas por industrias en desarrollo o industrias pequeñas, en donde no se busca reducir los costes de mantenimiento ni maximizar la productividad sino más bien tratar de sobrevivir en un mercado en crisis. [4]

1.3.4.2. Estrategias moderadamente intensivas

Estas estrategias están basadas en las operaciones de mantenimiento correctivo y preventivo. Estas presentan programas de mantenimiento, pero poco vanguardistas, gamas de mantenimiento poco elaboradas con periodicidad de sustitución de piezas nada optimizadas. Sin embargo, podrían mejorar su sistema y aumentar la eficiencia brindando mayor beneficio y reduciendo el número de fallos. [4]

1.3.4.3. Estrategias intensivas

Estas son estrategias que trabajan con todas las operaciones del mantenimiento. Se caracterizan por contar con suficientes recursos y personal altamente calificado para la ejecución de las tareas de mantenimiento de manera ordenada y eficiente. Trabajan en evolución constante estudiando las rutas de trabajo, recolectando información sistemáticamente, utiliza programas informáticos para sus registros. Estas estrategias debido a sus características son adoptadas por las grandes industrias, en empresas multinacionales. [4]

1.3.4.4. Estrategias integrales

Esta estrategia se basa en la denominada TPM o mantenimiento total productivo, el cual tuvo sus orígenes en 1970 en la industria japonesa de automoción. Así entonces, se puede decir que una TPM es una estrategia en donde se busca evitar las paradas largas y cortas de las máquinas, ya que según Nakajima la principal pérdida de productividad en la industria japonesa por los años 1980 no eran las paradas largas sino la suma de las paradas cortas. Esta puede generar grandes ahorros en costes con el aumento de la productividad, sin embargo, su implementación depende del grado de automatización de la empresa, además esta tiene la involucración de los empleados en el proceso

productivo, pues con esta estrategia cada operador de máquina o instalación es responsable de su funcionamiento, así como de su mantenimiento diario. [4]

1.3.5. Fallo Mecánico

1.3.5.1. Fallo según la edad de la máquina

- **Fallos Infantiles:** estos son defectos por la inadecuada fabricación de algún componente o un incorrecto ensamble de piezas. Su aparición suele ocurrir al inicio de la vida útil de la maquina o durante periodos iniciales de funcionamiento, por lo que estos desaparecen con el pasar del tiempo. [4]
- **Fallos producidos por el desgaste y envejecimiento:** sus causas son varias, como el fallo inicial en la fabricación lo que desencadena un crecimiento progresivo de algún defecto (grietas, fallos en la soldadura, inclusiones en fundiciones). Otras causas pueden ser por cambios en las propiedades del material, por motivos químicos como la corrosión o térmicos. Finalmente, estos también pueden aparecer por un inadecuado mantenimiento, por lo general estos fallos tienen un crecimiento exponencial con el tiempo. [4]
- **Fallos aleatorios:** son fallos que aparecen al azar o de imprevisto, por lo que su probabilidad de aparición es constante durante la vida de la máquina. [4]

En la gráfica 2 se muestra de manera cualitativa la curva de probabilidad de aparición de cada uno de los fallos con respecto a la vida útil de la máquina, también se observa la probabilidad total de fallo, siendo esta la suma de las otras tres, llamada curva de la bañera. [4]

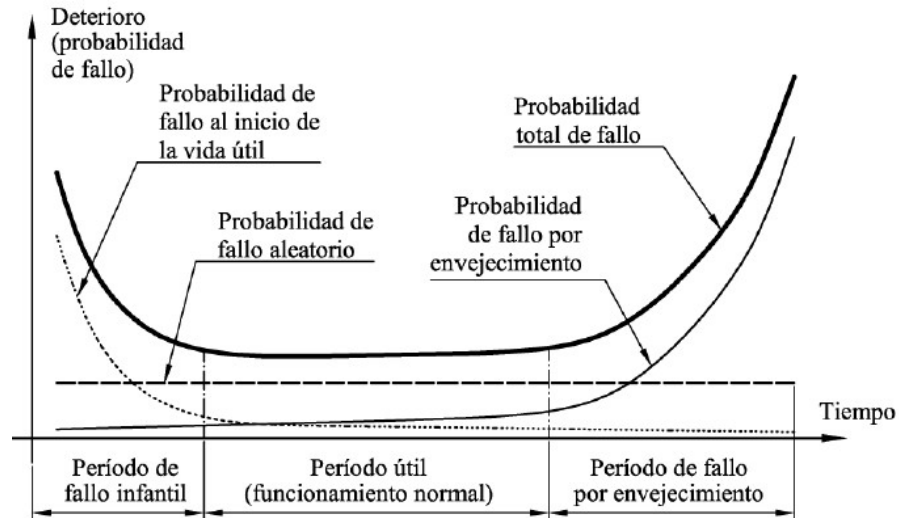


Figura 2: Curva de vida útil de una máquina [4]

1.3.6. Plan de Mantenimiento

Según la Norma UNE-EN 13306 un plan de mantenimiento es un conjunto de tareas que comprende las actividades, los procedimientos, recursos y la duración necesaria para ejecutar una acción de mantenimiento. [8]

1.3.6.1. Etapas de un plan de mantenimiento

1.3.6.1.1. Clasificación e Identificación de Equipos

Es necesario tener o disponer de un inventario donde estén todos los equipos claramente identificados y clasificados. Es recomendable el establecimiento de una codificación con datos específicos del equipo. [9]

1.3.6.1.2. Recopilación de Información

Se trata de toda la información y datos que sean relevantes para el mantenimiento:

- Condiciones de Trabajo
- Condiciones de Diseño
- Recomendaciones del fabricante, etc. [9]

1.3.6.1.3. Selección de la Política de Mantenimiento

Esto trata la decisión de qué tipo de mantenimiento se aplicará a cada equipo, para esto se utilizan métodos cuantitativos y cualitativos. En el gráfico 3 se representa un diagrama para la toma de decisión basado en el tipo de fallo y posibilidad de vigilancia. [9]

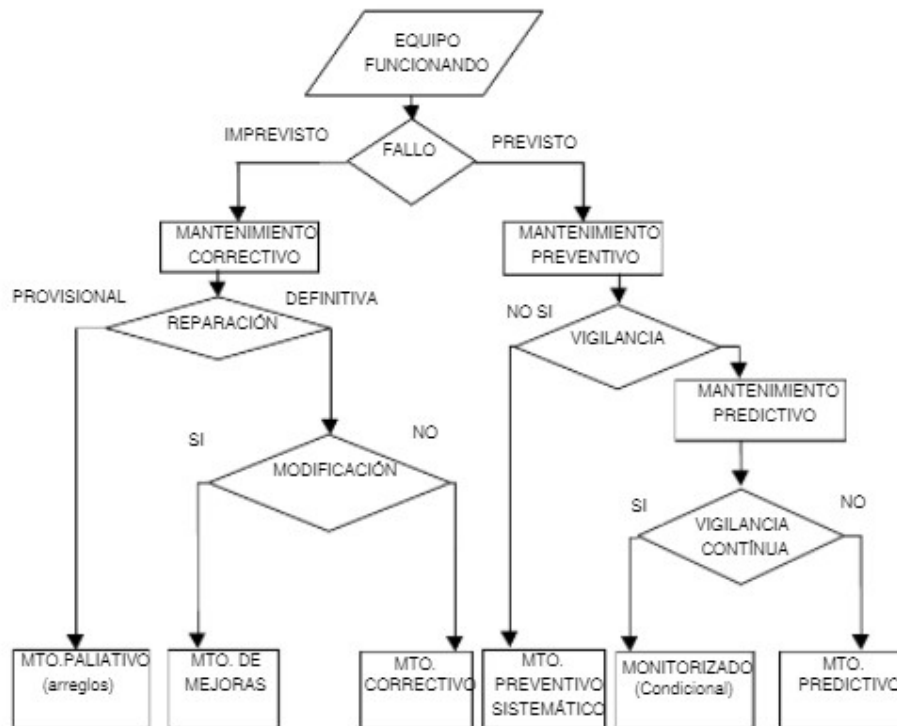


Figura 3: Basado en el tipo de fallo y posibilidad de vigilancia [9]

1.3.6.1.4. Programa de Mantenimiento Preventivo

Al finalizar el análisis individual de los equipos, se deberá coordinar a nivel conjunto para realizar agrupaciones según el tipo de equipo, periodos iguales, etc., con el propósito de optimizar recursos como la mano de obra. El programa de mantenimiento proporcionará rutinas de inspección, limpieza y lubricación para los equipos. [9]

1.3.6.1.5. Guía de Mantenimiento

Se deberá prever la carga de trabajo correctivo esperada para su presupuestación, tipificar los trabajos más repetitivos hasta crear procedimientos de reparación para cada caso presentado. [9]

1.3.6.1.6. Organización del Mantenimiento

El plan de mantenimiento esta completado una vez definido la organización necesaria:

- La estructura de recursos humanos, propia y privada.
- Estructura administrativa.
- Sistema de planificación y programación de trabajos. [9]

1.3.7. Indicadores del Mantenimiento

Estos indicadores con valores técnicos de control, estas relacionados con la calidad de la gestión y con la productividad, son útiles para observar el comportamiento y rendimiento operacional de las maquinas, equipos. [9]

1.3.7.1. MTBF: Tiempo medio entre fallos sucesivos.

$$MTBF = \frac{To_1 + To_2 + To_3}{\sum n} \quad \text{Ecu. (1) [9]}$$

Donde:

To : Tiempo de operación en horas, según el uso de la máquina.

n : Número de datos.

1.3.7.2. MTTR: Tiempo medio de reparación.

$$MTTR = \frac{TR_1 + TR_2 + TR_3}{\sum n} \quad \text{Ecu. (2) [9]}$$

Donde:

TR : Tiempo de reparación en horas, depende del personal de mantenimiento.

n : Número de datos.

1.3.7.3. TP: Tiempo de parada

$$TP = TR + TM \quad \text{Ecu. (3) [9]}$$

Donde:

TR : Tiempo de reparación en horas, depende del personal de mantenimiento.

TM : Tiempo muerto en horas.

1.3.7.4. λ : Tasa de fallos (fallos por unidad de tiempo)

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad \text{Ecu. (4) [9]}$$

Donde:

$MTBF$: Tiempo medio entre fallos sucesivos

1.3.7.5. μ : Tasa de operación (reparaciones por unidad de tiempo)

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad \text{Ecu. (5) [9]}$$

Donde:

MTTR: Tiempo medio de reparación

1.3.7.6. *D*: Disponibilidad de la máquina

$$D = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100 \right) \% \quad \text{Ecu. (6) [9]}$$

Donde:

MTTR: Tiempo medio de reparación.

MTBF: Tiempo medio entre fallos sucesivos.

1.3.8. Análisis modal de fallos y efectos AMFE

Este es un método de evaluación cualitativo, que permite realizar el análisis de todo un conjunto de componentes de un sistema o una instalación. Su objetivo es resaltar los puntos críticos para eliminarlos o establecer un sistema preventivo para minimizar su aparición, convirtiéndose en un método potencial para la detección de fallos, sus consiguientes efectos y la gravedad de estos. [10]

1.3.8.1. Índice de Prioridad de Riesgo (IPR o NPR)

Este índice es el resultado del producto entre la frecuencia por la gravedad y por la detectabilidad, este valor permite priorizar la urgencia de la intervención del fallo, así como el orden de las acciones correctivas, por tanto, debe ser calculado para todas las causas de fallo. [10]

$$IPR = D * G * F \quad \text{Ecu. (6) [10]}$$

Donde:

D: Detectabilidad

G: Gravedad

F: Frecuencia

1.3.8.1.1. Detectabilidad

Este índice indica la probabilidad de que la causa o modo de fallo sea detectado con antelación suficiente para evitar daños mayores. Cuanto menor sea la capacidad de

detección mayor será el índice de detectabilidad y por consiguiente mayor el IPR. En la tabla 2 se observa la clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo. [10]

Tabla 2- Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo [10]

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

1.3.8.1.2. Gravedad

Este indicador determina la importancia o severidad del efecto del modo de fallo para el cliente, valora el nivel de consecuencias y aumenta según la insatisfacción del cliente. Este índice es posible mejorarlo en la etapa de diseño, y debería ser realizado por cada empresa para sus productos, servicio, o procesos específicos. En la NTP 679 se expone un cuadro de clasificación de la gravedad del modo de fallo según la repercusión en el cliente/usuario, representado en la tabla 3. [10]

Tabla 3- Clasificación de la gravedad del modo de fallo según la repercusión en el cliente. [10]

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observará un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

1.3.8.1.3. Frecuencia

Es la probabilidad de que una causa se produzca y provoque el modo de fallo. Se recomienda utilizar datos históricos o estadísticos para su evaluación subjetiva.

Existen dos maneras para reducir su este índice de frecuencia, cambiar el diseño, incrementar o mejorar los sistemas de prevención que impiden que se produzcan la causa de fallo. En la tabla 4 se muestra la clasificación de la frecuencia de la ocurrencia del modo de fallo según la NTP 679. [10]

Tabla 4- Clasificación de la frecuencia de la ocurrencia del modo de fallo. [10]

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos , ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos . Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

En la tabla 7 se muestra una hoja estructura guía para la elaboración de la matriz AMFE, con todos sus apartados.

Tabla 5- Hoja estructurada AMFE

NUTRISALMINSA S.A. 										
MATRIZ AMFE										
SISTEMA:				REALIZADO POR:				HOJA No.		
MÁQUINA/EQUIPO:					FECHA:			CÓDIGO:		
Código	Componente	Función	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoración				Recomendación
						F	G	D	NPR	

1.3.9. Matriz de Criticidad

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis. [11]

Para poder calcular la criticidad de las máquinas y equipos se aplicará la ecuación 7, mientras que para el cálculo de la consecuencia se utilizará la ecuación 8:

$$\text{Criticidad total} = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia.} \quad \text{Ecu. (7) [11]}$$

$$\text{Consecuencia} = (\text{IP} \times \text{FO}) + \text{CM} + \text{SHA.} \quad \text{Ecu. (8) [11]}$$

Dónde:

IP = Impacto operacional.

FO = Flexibilidad Operacional.

CM = Costo de mantenimiento.

SHA = Impacto en la seguridad ambiental y humana.

En la tabla 5 se muestra un modelo de la matriz criticidad, esta matriz no es reglamentaria por lo que puede diferente según se adapten a las necesidades de la empresa y sus propios criterios.

Tabla 6- Modelo de Matriz de Criticidad. [11]

Frecuencia	5	A	MA	MA	MA	MA
	4	A	A	A	A	MA
	3	M	M	M	A	MA
	2	B	B	B	M	M
	1	B	B	B	M	M
		1	2	3	4	5
Consecuencias						

Tabla 7- Valoración para la Criticidad. [11]

Valoraciones	
Frecuencia de fallas:	Valor
Mayor a 4 fallas/año	8
2 – 4 fallas/año	4
1 – 2 fallas/año	2
Menores de 1 falla/año	1
Impacto Operacional:	Valor
Parada inmediata total de la producción	8
Impacta en niveles de producción o calidad	4
Repercute en costos operacionales adicionales	2
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	Valor
No existe opción de producción y no existe función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	Valor
Mayor o igual a 150USD	2
Inferior a 150 USD	1
Impacto en Seguridad Ambiente e Higiene:	Valor
Afecta el ambiente produciendo daños reversibles	8
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores (Accidentes e incidentes) personal propio	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1

Como se muestra en la tabla 4, existen diferentes ponderaciones para determinar la criticidad de una máquina o equipo tomando en cuenta varios factores como el impacto en la Seguridad Ambiental e Higiene, la flexibilidad operacional que brinda el equipo, el costo de mantenimiento que necesitaría, su impacto operacional y la frecuencia de fallos que estas tienen.

1.3.10. Elevador de Cangilones

Es un mecanismo de transporte en dirección vertical, es utilizado para manejar material de todo tipo, granel, secos, húmedos incluso hasta líquidos. Su diseño y construcción dependerá del material que transportará, pues esto cambiará su altura, materiales de construcción y velocidad. Existen dos clasificaciones, pues estos elevadores podrán ser de carga; elevadores directamente desde tolva, usados para transportar materiales grandes y abrasivos con velocidades relativamente bajas, y elevadores por dragado, empleados para transportar materiales sin resistencia alguna, y también se tienen a los elevadores de descarga; centrífuga, maneja altas velocidades para transporte de materiales dragados, de gravedad, con velocidades bajas pues el desplazamiento se lleva a cabo por el propio peso del material transportado, y el de descarga positiva, con velocidad baja para transporte de materiales relativamente pesados o livianos.

1.3.10.1. Partes Constitutivas de un elevador de cangilones

1.3.10.1.1. Órgano de tracción

Este elemento puede ser una banda o una cadena, en el caso de la banda pueden ser las mismas utilizadas para los transportadores por bandas, los anchos más empleados están desde los 200 a 500 mm con un número de capa no mayor a 4, para el caso de las cadenas, las más empleadas son las de tipo BK con pasos desde los 100 a 630mm [12].

1.3.10.1.2. Cangilones

Según normas internacionales, existen una gran variedad de tipos de cangilones, los más empleados se describen a continuación:

- **Redondeado profundo.** - tiene un ángulo frontal de 65°, presenta gran capacidad de llenado, y son usados con materiales a granel, fluidos y secos.
- **Redondeado llano.** - tiene un ángulo frontal de 45° por lo que presentan poca profundidad, y son utilizados para transportar material a granel húmedo, en forma de cascajos y poco fluido.
- **Angulo en forma de V y redondeado con bordes.** - son empleados en elevadores de cangilones con descarga por gravedad de materiales a granel, pesados con trozos grandes y medianos, además que sean abrasivos. [12]

1.3.10.1.3. Sistema Propulsor

Este sistema se encuentra en la parte superior del elevador. Para evitar accidentes, siempre se instala un freno que no permita la reversión del movimiento de las partes móviles y el descenso del material hacia el fondo. Si este es de trinquete, se lo instala en el eje de la catalina, pero si es de tipo centrífugo se lo sitúa entre el motor y el reductor. [12]

1.3.10.1.4. Sistema de Atezado

El sistema de atezado es el de tornillo o tornillo-muelle, se encuentra ubicado sobre las chumaceras de la catalina, fijado a la sección inferior de la armazón metálica. La regulación de este sistema está entre 200 a 500mm. [12]

1.3.10.1.5. Tamboras y Catalinas

El tambor motriz presentara un diámetro que este en función del número de capas, por lo general está entre 400 a 1250mm.

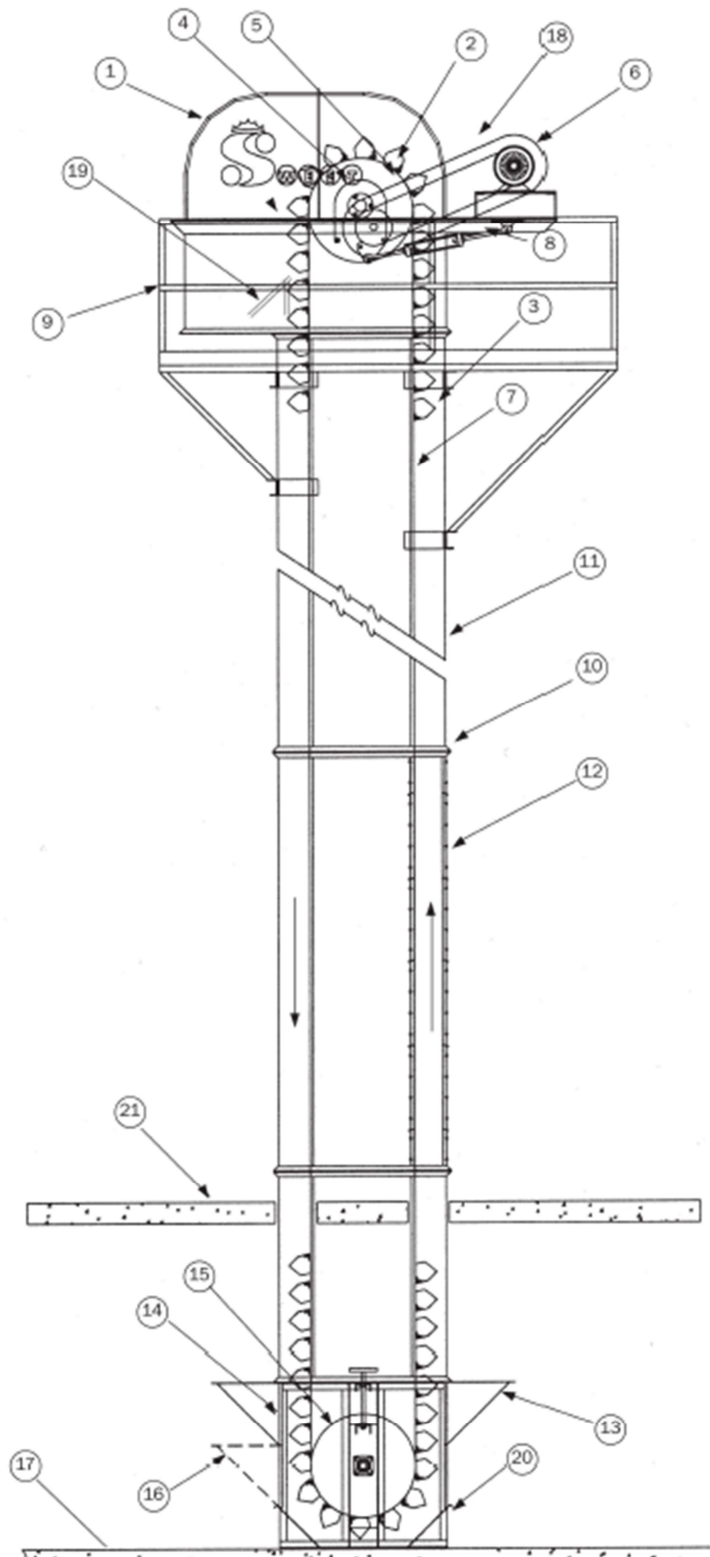
El diámetro de la catalina depende del paso de la cadena y del número de dientes, que por lo general es de 6 a 20 para rangos de velocidades angulares entre 4,75 a 75,5 rad/min. Se tendrá el mismo diámetro para la catalina motriz y la del sistema de atezado. [12]

1.3.10.1.6. Estructura Metálica

Por lo general la estructura se la hace de planchas de acero de 2 a 4mm de espesor, con bordes angulares para el fácil acoplamiento de otras partes, sus secciones están entre 2 a 2,5m. Las medidas de las partes del armazón dependerán del ancho y largo de su sección transversal, y en general de qué tipo de elevador se va a diseñar. [12]

En el gráfico 4 se exponen más detalladamente las partes que componen un elevador de cangilones.

Figura 4: Partes Constitutivas de un Elevador por Cangilones [13]



1. CABEZA
2. POLEA DE CABEZA
3. CANGILON
4. REDUCTOR DE VELOCIDAD
5. BANDAS-V
6. MOTOR
7. BANDA DEL ELEVADOR
8. BRAZO DE TORQUE
9. PLATAFORMA DE SERVICIO
10. BRIDA DE PIERNAS
11. PIERNAS
12. PUERTA DE SERVICIO
13. TOLVA (ARRIBA)
14. BOTA
15. POLEA DE BOTA
16. TOLVA (ABAJO)
17. NIVEL DE FOSA
18. CUBIERTA DEL REDUCTOR
19. LENGUETA DE AJUSTE
20. PUERTA DE LIMPIEZA
21. NIVEL DE PISO

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2. Metodología

2.1. Materiales

Los materiales utilizados para la elaboración del proyecto técnico fueron un software tecnológico, en el cual se registrarán las actividades con sus periodos respectivos para su correcta ejecución y control de estos, e información en físico proporcionada por la empresa.

2.1.1. Software libre de mantenimiento

El programa seleccionado que cumple con todas las características requeridas para el desarrollo de este proyecto ha sido el Software Microsoft Excel, pues este es un software de uso libre y gratuito con funciones ideales que permite la planificación de todo tipo de proyecto o actividades.

Existen grandes beneficios por la utilización de un software tecnológico para el manejo de un plan de mantenimiento, entre las cuales se puede mencionar las siguientes:

- Ofrece un formato de software de fácil uso para los usuarios.
- Tiene una gran variedad de opciones para diseñar y crear formularios con interfaz para usuario, mediante la programación de Macros y Visual Basic Aplicación.
- El registro digital de las tareas de mantenimiento permitirá tener con claridad y en orden cada una y todas las actividades que se realizaron y se planeas realizar. Además, se podrá tener un acceso seguro para el debido control y manejo del programa.

Además, también se requerirá todos los archivos en físico que la empresa ha manejado hasta la actualidad para llevar el control de actividades de mantenimiento del sistema de transporte por cangilones, los mismos que servirán como base y antecedente para la mejora y actualización del nuevo plan de mantenimiento preventivo a desarrollar.

2.2. Método

Para el desarrollo del presente proyecto técnico, se inició con el reconocimiento de actividades actuales que maneja la empresa respecto al mantenimiento preventivo del sistema de transporte por cangilones. Se analizó los datos para tener una perspectiva más clara de cómo desarrollar el mejoramiento y actualización de su sistema de control de fallos para la máquina.

Mediante observación directa y con la ayuda de métodos estadísticos se identificó las diferentes actividades de mantenimiento que se han venido realizando, para después poder elaborar la matriz de criterios ponderados AMFE, la misma que ayudó a evaluar parámetros importantes como causa, efectos y tasas de fallos que provocan la avería de la máquina.

La elaboración del plan de mantenimiento mediante un programa tecnológico permite mantener un mejor registro de actividades para cada componente de la máquina.

2.3. Modalidad de la investigación

2.3.1. Estudio Bibliográfico

La información necesaria para el proyecto se basará en una búsqueda detallada y verificada en fuentes confiables como son: libros, artículos científicos, proyectos de investigación, Nota Técnica de Prevención NTP 679 [10], todas obtenidas de sitios de internet o repositorios digitales de instituciones superiores, pero con gran relevancia para la contribución del proyecto.

2.3.2. Análisis Documental

La aplicación del análisis modal de fallos y efectos AMFE se remontan a la década de los 60 en donde fue usada por primera vez en la industria aeroespacial, hasta incluso recibió una especificación en la norma militar americana MIL-STD-16291 bajo el título “Procedimiento para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad”. [10]

Posterior a esto también el sistema preventivo fue implementado por primera vez en a inicios del siglo XX en el año 1910 en la empresa americana fabricante de vehículos Ford, posterior a eso se introdujo en Europa en 1930 y en Japón en 1952, sin embargo,

se desarrolló con mayor fuerza después de la Segunda Guerra Mundial [14]. Actualmente, este método se ha extrapolado satisfactoriamente a otros sectores, además este método también es conocido como AMFEC (Análisis Modal de Fallos, Efectos y su Criticidad), pues ha introducido la analizar la gravedad de las consecuencias de los fallos. [10]

También se puede mencionar que la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica cuenta con tesis relacionadas directamente con el presente proyecto, entre las cuales se encuentra la elaborada por el Ingeniero Oscar Analuiza con el título “Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria de la empresa Tenería Díaz basada en los lineamientos del Decreto 2393 del reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo” en cual está enfocado en el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo basado en el análisis AMFE. [15]

Además, se cuenta con esta otra tesis elaborada por el Ingeniero Jorge López bajo el título de “Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para el área de inyección de la empresa sistema de Asientos American de la ciudad de Ambato”, el mismo que también hace uso del análisis AMFE para realizar su plan de mantenimiento preventivo. [16]

2.3.3. Investigación Aplicada

Se aplicará toda la información y conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera universitaria, con el propósito de poner en práctica toda la información que se ha logrado ver de manera didáctica y a su vez tener la capacidad de crear un eficiente plan de mantenimiento preventivo para el sistema de transporte por cangilones de la empresa “Nutrisalminsa S.A.” y mejorar su productividad evitando fallos inesperados.

2.3.4. Recolección de Datos

La técnica para la recolección de la información o datos para el estudio de mantenimiento usó como método la observación directa sobre la maquinaria o equipo a la cual se planeó analizar, pues fue necesario inspeccionar y observar directamente el funcionamiento de la máquina, enfocándose en cada sistema, subsistema, componentes y sus respectivas funciones para un mejor análisis e interpretación de las principales

causas y efectos de las fallas que presenta la máquina. Toda esta información fue registrada mediante fichas técnicas en donde se estableció características principales de las mismas.

Observación directa: consiste en utilizar todos los sentidos del cuerpo humano para poder obtener información valiosa sobre las variables que interesan estudiar para analizar el problema. El investigador mantiene experiencias directas con los participantes y el ambiente en donde se desea recolectar la información. [17]

2.4. Recursos

Para el desarrollo del proyecto técnico se utilizó los siguientes recursos.

2.5. Recursos humanos

El proyecto técnico estará a cargo del autor y del docente tutor quien guiará al estudiante durante el desarrollo de la temática de investigación.

Estudiante:	Lizeth Chimborazo
Docente Tutor:	Ing. Mg. Cristian Castro
Personal encargado en la empresa:	Tnlgo. Guillermo Chimborazo

2.6. Recursos materiales

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizarán materiales, detallados a continuación:

- Computador portátil
- Fichas técnicas de los equipos o máquinas proporcionadas por la empresa.
- Recursos de Oficina (Copias, esferos, hojas, carpetas, impresiones, entre otros.)
- Software libre de control para la implementación tecnológica del programa de mantenimiento preventivo a desarrollar.
- Matrices de Criticidad
- Matriz AMFE

2.7. Recursos Institucionales

- Libros sobre Mantenimiento preventivo en la biblioteca virtual y física de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
- Acceso a las instalaciones de la empresa Nutrisalminsa S.A. para inspecciones e identificación del funcionamiento de la máquina.

2.8. Recursos económicos

Para la elaboración del presente proyecto se necesitarán algunos recursos económicos, estos están detallados en la tabla 1. Sin embargo, estos datos presentados podrán variar durante la ejecución del proyecto.

Tabla 8- Recursos Económicos

Descripción	Valor
Materiales de Oficina	\$100
Internet	\$120
Adquisición de Normas	\$100
Computador portátil	\$700
Trasporte	\$100
Alimentación	\$100
Imprevistos	\$100
Investigación Bibliográfica	\$50
Equipos PP (casco certificado, guantes, zapatos, mandil, gafas)	\$150
Equipo de Bioseguridad (mascarillas, guantes, mallas para cabello)	\$ 50
Total	\$1570

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3. Modelo Operativo

3.1. Análisis de la Situación Actual

Se procedió a desarrollar un análisis sobre la situación actual del sistema de transporte por cangilones, para lo cual se recopiló datos técnicos de los dos elevadores de cangilones en funcionamiento de la empresa. El mantenimiento que se ha venido dando desde el año de funcionamiento se lo ha realizado con registros y bases de datos poco tecnológicos y ordenados y bajo la experiencia del técnico encargado. La investigación y el análisis se basaron en encontrar las principales actividades de mantenimiento y el tiempo que se han tomado para corregir las fallas suscitadas. En general los dos elevadores de cangilones trabajan con normalidad, pero no presentan un plan de mantenimiento en específico para estos sistemas, pues el mantenimiento que se realiza en la empresa se lo hace de manera general con todas las máquinas, sin tener planes específicos para cada máquina o equipo, dejando a un lado actividades fundamentales de mantenimiento para los elevadores.

3.1.1. Plan de mantenimiento actual de la empresa

A continuación, en la tabla 9 se muestra un plan de mantenimiento de los elevadores de cangilones del último año 2021 realizado en la empresa NUTRISALMINSA S.A.

3.1.2. Evaluación de la Disponibilidad de los Elevadores de Cangilones

Elevador de Cangilones Grande

Número de horas diarias de trabajo: 4h/lunes = 16h/mes

Elevador de Cangilones Pequeño

Número de horas diarias de trabajo: 8h/día = 160h/mes

3.2. Evaluación externa

Los dos elevadores por cangilones que tiene la empresa son de origen argentino, específicamente fueron fabricados por H.B. Maquinarias, quienes de acuerdo a las necesidades de la planta en NUTRISALMINZA diseñaron, fabricaron y construyeron los dos sistemas, pues esta empresa se encuentra dedicada específicamente a la elaboración, producción y venta de sales minerales a nivel nacional, para el desarrollo y crecimiento de animales bovinos y ovinos. Estos elevadores por cangilones cuentan con recomendaciones técnicas muy básicas de los fabricantes para realizar su mantenimiento.

Para la realización del plan se debe tener en cuenta varios factores de los elevadores, como la suciedad, oxidación, lubricación entre otros más, pues estos afectarán el correcto funcionamiento de los transportadores. También se debe considerar los sistemas externos, como el eléctrico, neumático o mecánico de los elevadores, evitando problemas o accidentes como cortocircuitos por cables en mal estado.

3.3. Dossier Técnico

3.3.1. Codificación de Máquinas

Realizar la codificación de las máquinas permitirá determinar su ubicación e identificación de una manera más rápida en cualquier momento.

La estructura de la codificación se dará bajo la siguiente denominación, en donde:

N: simbolizara el nombre de la empresa NUTRISALMINZA

C: el nombre del sistema de transporte por Cangilones

P: simboliza el elevador de cangilones pequeño

G: simboliza el elevador de cangilones grande

M: componente del sistema mecánico

E: componente del sistema eléctrico

01: simbolizará el orden que se manejará para determinar el número de componentes que presente cada elevador en los correspondientes sistemas.

De acuerdo con lo antes expuesto la codificación para los dos elevadores de cangilones quedara de la siguiente forma:

Tabla 10- Codificación de Elevadores

Máquina	Código
Elevador 1	NCG
Elevador 2	NCP




Tabla 11- Codificación para componentes

Componente	Código
Polea de cabeza	NCGM01
Contactador térmico	NCGS01

3.3.2. Fichas Técnicas de los elevadores de la empresa Nutrisalminsa S.A.


Una vez determinado la codificación para cada máquina, a continuación, se procederá a realizar las fichas técnicas de cada elevador para conocer más de sus características principales.

Tabla 12- Ficha Técnica – Elevador 1 NCG

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA NUTRISLAMINSA S.A.			
FICHA TÉCNICA			No. 1		
NOMBRE:		Elevador 1		CÓDIGO:	
				NCG	
Características Principales					
Marca:		HB Maquinarias			
Modelo:		HB-20/30			
Capacidad de recepción:		8-10 Tn			
Potencia Eléctrica:		5,5 HP			
Transmisión:		Motoreductor			
Bandeja corte y descarga:		Chapa galvanizada de 600mm x 400mm			
Altura:		14,5 m			
Velocidad:		250 kg/ min			
# Cangilones:		158			
Poleas:		Fundidas			
Ejes:		SAE 1020		Características Adicionales:	

Frecuencia:	60 Hz	Posee 10m adicionales de correa con cangilones estampados de chapa SAE adaptados, con cubre hombres galvanizados, con plataforma superior de mantenimiento de chapa galvanizada, con escalera para acceso desde piso a plataforma superior con jaula de seguridad, con riendas para sujetar elevador en interior de galpón.
--------------------	-------	---

Tabla 13- Ficha Técnica – Elevador 2 NCP

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA NUTRISLAMINSA S.A.			
FICHA TÉCNICA			No. 2		
NOMBRE:	Elevador 2	CÓDIGO:	NCP		
Características Principales					
Marca:	HB Maquinarias				
Modelo:	HB-20/30				
Potencia Eléctrica:	3 HP				
Transmisión:	Motoreductor				
Bandeja corte y descarga:	Chapa de acero inoxidable AISI-304 de 2mm				
Altura:	14 m				
Velocidad:	85 kg/ min				

# Cangilones:	148	
Poleas:	Fundidas	Función: Cargar sistema de mezclado
Ejes:	SAE 1020	Características Adicionales:
Frecuencia:	60Hz	Posee 10m adicionales de correa con cangilones estampados de acero inoxidable adaptados, con cubre hombres galvanizados, con plataforma superior de mantenimiento de chapa galvanizada, con escalera para acceso desde piso a plataforma superior con jaula de seguridad, con riendas para sujetar elevador en interior de galpón, con conexión de acero inoxidable entre elevador y depósito sobre mezcladora.

3.3.3. Componentes de los elevadores de la empresa Nutrisalminsa S.A.

Los componentes que conforman los dos elevadores de cangilones son similares con la única diferencia que el elevador 1 NCG cuenta con tres tubos de descarga y el elevador 2 NCP solo con uno, es por tal razón que solo se enumeraran en una tabla las partes de los elevadores.

Tabla 14- Componentes – Elevadores

COMPONETES - ELEVADORES			
No.	Componente	Código	Función Principal
SISTEMA MECÁNICO			
1	Bandeja de limpieza en la bota	NCGM1	Permitir la limpieza en la bota con solo deslizarla hacia afuera.
2	Puerta de inspección	NCGM2	Proporcionar fácil visibilidad sobre el funcionamiento del elevador para un mejor control de fallos en la banda con los cangilones.
3	Tolva inferior	NCGM3	Almacenar el material a ser transportado y permitir un buen llenado de los cangilones.
4	Plataforma de mantenimiento	NCGM4	Proveer un área de trabajo para la realización de inspecciones o acciones de mantenimiento al elevador.

5	Pernos y tornillos industriales	NCGM5	Ajustar y mantener las partes del elevador unidas y fijas.
6	Pierna	NCGM6	Soportar la cabeza, y toda la estructura en general. Proteger la banda con los cangilones y el material a elevar.
7	Cabeza	NCGM7	Caja de acero que soporta la transmisión, rueda motriz, motor y el reductor.
8	Bota	NCGM8	Recibir el material a ser transportado, en el está la banda inferior o rueda motriz.
9	Tubos de descarga (3)	NCGM9	Conducir el material hacia cada tolva para ser almacenado posteriormente.
10	Cangilón	NCGM10	Contener el material a transportar, sin derrames.
11	Escalera	NCGM11	Proveer acceso a las plataformas de servicio
12	Jaula de Seguridad	NCGM12	Proporcionar una estructura que circunde el área de la escalera como protección al personal.
13	Polea de cabeza	NCGM13	Transmitir el movimiento a la rueda motriz superior.
14	Polea de Bota	NCGM14	Transmitir el movimiento a la rueda motriz inferior.
15	Banda de elevador	NCGM15	Elevar a los cangilones llenos desde la bota a la cabeza
16	Cadena	NCGM16	Proporcionar la velocidad de funcionamiento correcta al elevador
17	Tornillos ajustables de la bota	NCGM17	Ajustar y sujetar parte de las piernas con la bota
18	Bridas de pierna	NCGM18	Unir las partes de las piernas del elevador
19	Chumaceras	NCGM19	Brindar apoyo al eje de rotación en la polea inferior y superior.
20	Cables de anclaje	NCGM20	Brindar estabilidad a toda la estructura del elevador.
21	Reductor	NCGM21	Controlar y variar la velocidad del motor trifásico.
SISTEMA ELÉCTRICO			
21	Motor trifásico	NCGE1	Proporcionar potencia a la transmisión del elevador de cangilones para su funcionamiento.
22	Cables eléctricos	NCGE2	Permitir el paso de la corriente eléctrica para el funcionamiento de dispositivos.
23	Botón encendido/apagado	NCGE3	Permitir iniciar y apagar el funcionamiento del elevador de cangilones.

24	Contactador térmico	NCGE4	Proteger al sistema de sobrecargas eléctricas y de calentamientos.
25	Guardamotor	NCGE5	Proteger al motor de fallas como sobrecargas de alto voltajes o cortocircuitos.
26	Variador de Potencia INVT	NCGE6	Reducir o regular la potencia de salida del motor.
27	Ventilador	NCGE7	Evitar el aumento de temperatura en todas las conexiones dentro del panel de control.
28	Borneras	NCGE8	Interconectar cables entre sí y evitar empalmes.

3.3.4. Instrucciones de Montaje y Puesta en Marcha

A continuación, se expondrá el procedimiento y técnicas utilizadas para la correcta instalación de un elevador de cangilones y las respectivas comprobaciones a realizar antes de poner en funcionamiento estos sistemas de transporte.

3.3.4.1. Montaje

1. Pie de Elevador

Ubicar el pie en la posición determinada, es importante que el pie este anclado de manera que las bridas superiores estén niveladas. Fije el pie en el concreto con piezas para fijación de maquinaria y pernos de anclaje. [19]

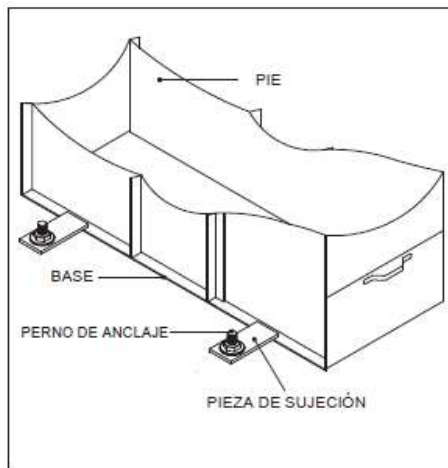


Figura 5: Pie del elevador [19]

2. Tolva de Alimentación

Estas tolvas de preferencia deben ser instaladas en el tramo descendente en el caso de materiales livianos a transportar pues se llenarán con mayor facilidad. [19]

3. Tolva de Descarga

Remueva la cubierta de protección frontal del cabezal superior, instale la tolva de descarga en la parte frontal de la unidad, utilice elementos de sujeción para la conexión. [19]

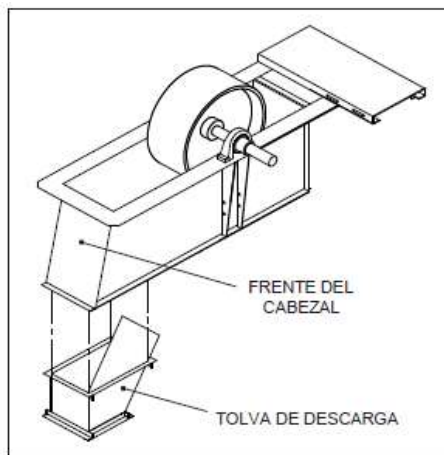


Figura 6: Tolva de descarga [19]

4. Instalación de motor, reductor, poleas, correas y protectores [19]

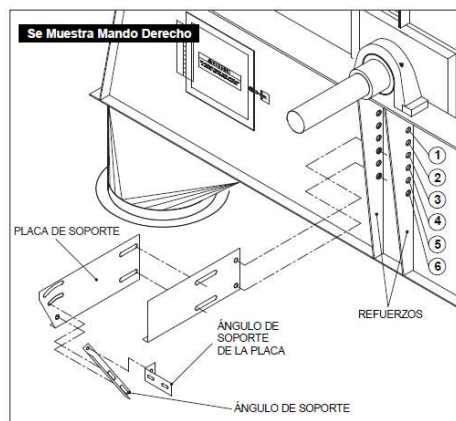


Figura 7: Placa y ángulos de soporte [19]

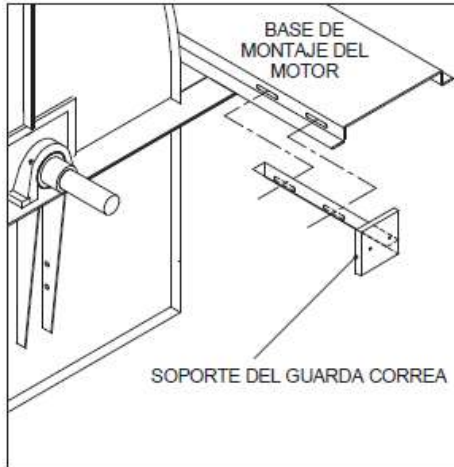


Figura 8: Soporte del guarda correa [19]

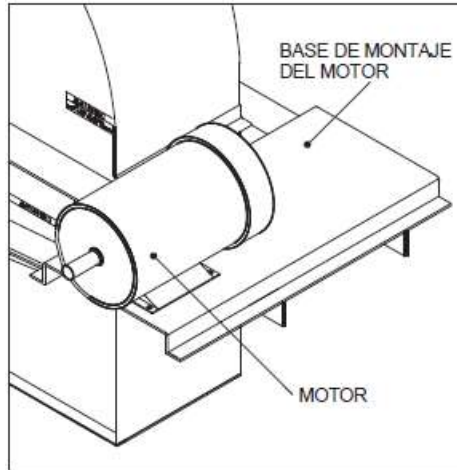


Figura 9: Ubicación del motor en su base [19]

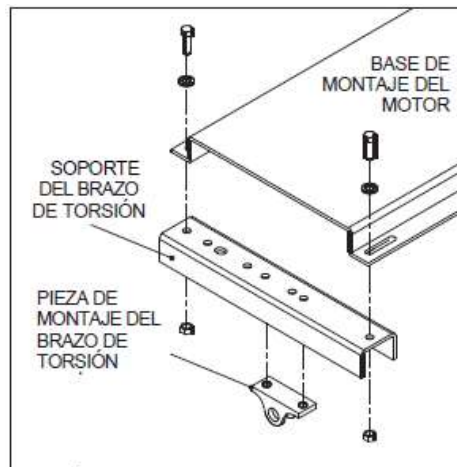


Figura 10: Soporte del brazo de torsión [19]

5. Dos primeras secciones del elevador

Incline el conjunto del cabezal superior de manera que el extremo del motor quede hacia arriba, utilice un espaciador temporal para mantener los paralelos los dos pies el elevador. [19]

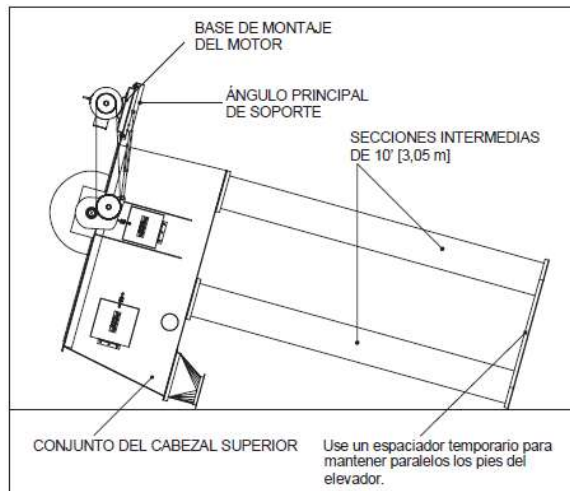


Figura 11: Conjunto del cabezal superior [19]

6. Ensamble de la plataforma de trabajo

Arme la plataforma de trabajo sobre una superficie plana, verifique que se encuentre escuadrada y asegure tornillos. [19]

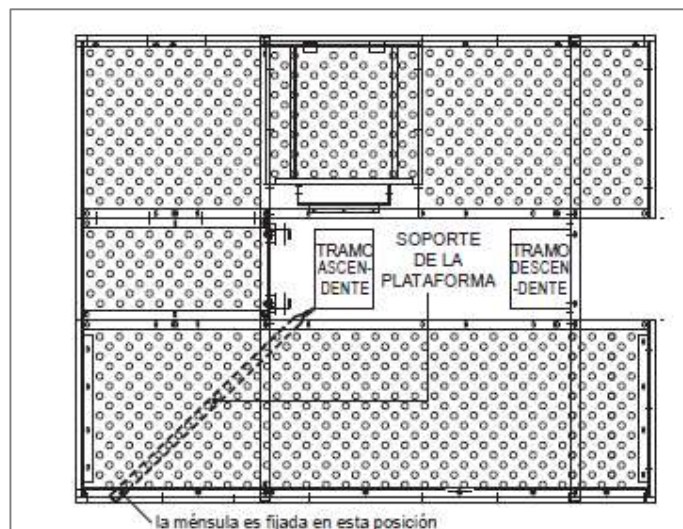


Figura 12: Plataforma de trabajo [19]

7. Instalación de la plataforma de trabajo

Eleve la plataforma, deslícela hasta encajar con los pies del elevador y asegúrelas a las vigas de apoyo. Instale la ménsula de la plataforma a la esquina opuesta a la puerta. A continuación, instale las barandas de seguridad a la plataforma de trabajo. [19]

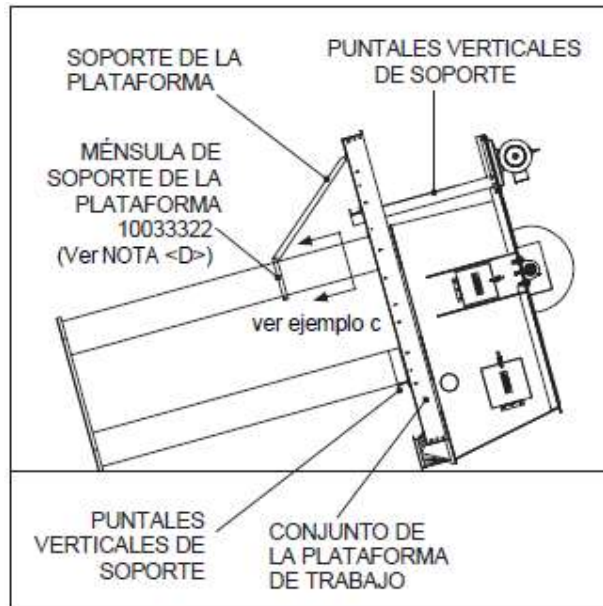


Figura 13: Instalación de plataforma de trabajo [19]

8. Instalación de la escalera y el guarda hombres

Se usan piezas de empalme para unir las secciones entre sí de la escalera, y piezas de unión para sujetar el guarda hombres a las escaleras. No olvidar ajustar bien todos los tornillos. [19]

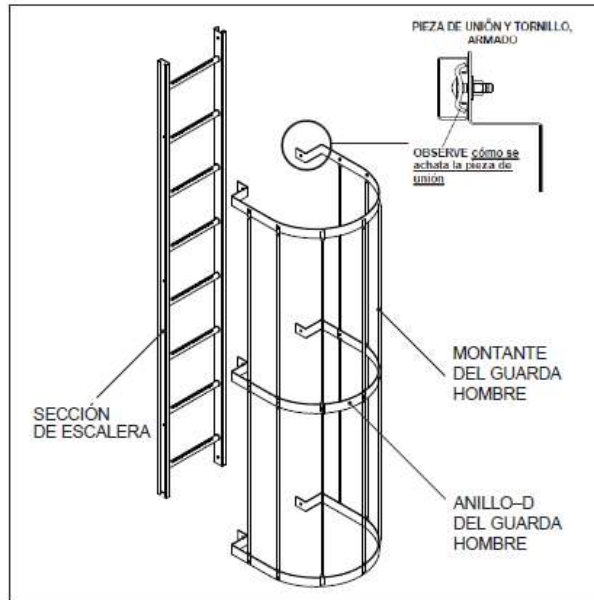


Figura 14: Escalera y Guarda hombres [19]

9. Instalación de los cangilones en la banda

Sujetar los cangilones en la banda, use los agujeros pre-perforados en la banda y apriete las tuercas hasta que su cabeza quede a ras con la superficie de la banda. [19]

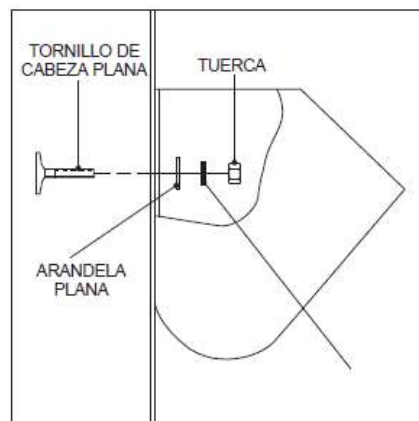


Figura 15: Ajuste de cangilón a banda [19]

10. Introducir las bandas con los cangilones al elevador

Desde la parte superior del elevador, pase una cuerda por el elevador hasta la puerta de inspección, sujete la soga a la banda armada, usando un malacate tire de la banda a través de la puerta de inspección hasta la parte superior del elevador, rodee el tambor motriz y llévela por el otro lado del elevador. [19]

Asegure el tambor tensor a su posición más alta, tire de la banda e introdúzcala otra vez en la abertura de inspección y realice el empalme, puede usar el método del empalme solapado. Es importante que el empale final quede alineado para asegurar un buen deslizamiento. [19]

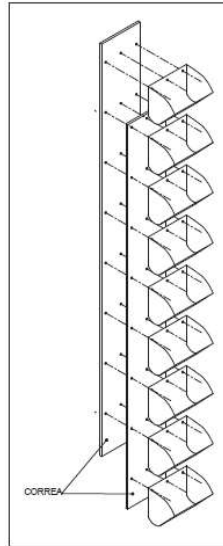


Figura 16: Cangilones en banda del elevador [19]

11. Ajuste de la tensión de la banda e instalación de tuberías de descarga

Tense la banda para eliminar la flojedad. La banda deberá estar suficientemente tensada así evitará que el tambor motriz se deslice cuando se den condiciones de carga máxima. No debe existir ruido si el elevador trabaja en condiciones de vacío. [19]

3.3.4.2. Puesta en Marcha

- a) Verifique niveles de aceite del reductor y grasa de las chumaceras en los tambores motriz y tensor.
- b) Comprobar voltaje y la conexión de la placa del motor con la tensión de línea.
- c) Compruebe que la rotación del motor sea la correcta.
- d) Verificar tensión y alineación de la banda del elevador.
- e) Asegurar tornillos de los cangilones en la banda.
- f) Retire los pasadores guías del tambor tensor para tensionar la banda.
- g) Poner a trabajar el elevador por lo menos 4 horas sin carga, en vacío.
- h) Verificación de temperaturas adecuadas, en chumaceras y reductor.

- i) Asegurar y verificar que el amperaje consumido no pase el 50% del consumo máximo del motorreductor.
- j) Poner en funcionamiento el elevador con una carga baja.
- k) Aumentar gradualmente la carga del elevador hasta conseguir la carga establecida para trabajar.
- l) Finalmente, antes de poner en funcionamiento continuo y con la carga establecida, revise nuevamente el apriete de los tornillos en los cangilones, amperaje, y temperaturas recomendadas en motorreductor y chumaceras. [20]

3.3.5. Recomendaciones de Mantenimiento

Un mantenimiento preventivo planificado ayuda de manera exitosa a incrementar la vida útil del equipo y por ende a reducir los tiempos de reparación por algún fallo inesperado. Un buen plan de mantenimiento inicia con una limpieza, inspección y lubricación periódicamente, y se debe tener presente que si se escucha algún tipo de ruido o vibración extraña se debe detener el funcionamiento del equipo inmediatamente y revisar. A continuación, se exponen algunas recomendaciones para un mantenimiento periódico del equipo:

- Verifique la alineación de la banda cada hora durante las 10 primeras horas, y una vez al día posteriormente, pues una banda que roza con el lateral del elevador podría ocasionar un agujero o causar chispas.
- Compruebe el apriete de tornillos de los cangilones después de 10, 30 y 100 horas de operación, y luego cada 200 horas. [19]
- Lubrique los cojinetes después de 1000 horas de operación, pues al inicio los cojinetes ya vienen lubricados desde la fábrica. Si no es posible lubricar mientras está en funcionamiento, hágalo inmediatamente cuando el equipo se apaga pues los cojinetes aun estarán calientes. [19]
- Realice el mantenimiento al reductor según las indicaciones del fabricante, en relación con el cambio y nivel de aceite. [19]
- Controle el tambor motriz y su correa después de 10,30,100, y 300 horas de operación o dos veces al año posteriormente.
- Realice la lubricación del motor cada 1000 horas o una vez al año si cuenta con orificios de lubricación. [19]

- Verifique los tornillos y elementos de fijación, cuidando piezas flojas.
- Comprobar el correcto funcionamiento de los cangilones y su constitución.

3.3.5.1. Medidas de Seguridad en tareas de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento conllevan acciones de alto riesgo, donde los trabajadores presentan grandes probabilidades de enfrentarse a varios peligros que afectan su integridad. Entonces es importante tomar medidas de prevención ante cualquier problema que pueda suscitarse al momento de realizar cualquier tarea de mantenimiento. A continuación, se detallan algunas medidas de seguridad:

- Las tareas de mantenimiento deberán ser planificadas, pues es ahí donde se podrá considerar los riesgos a los que se expondrán los trabajadores, pudiendo ser estos factores de riesgos físicos (vibración, ruido, etc.), químicos (polvos, gases, etc.), biológicos (virus, bacterias, etc.), ergonómicos (posturas, esfuerzos, etc.), y psicosociales (relaciones humanas, carga de trabajo mental, etc.).
- El personal que realizará el mantenimiento deberá estar previamente instruido sobre los riesgos y las medidas de prevención que tendrá cada tarea de mantenimiento.
- Cuidar que el área de trabajo esté segura, limpia y ordenada para evitar accionamientos por error, utilizando barreras o carteles informativos.
- Basándose en la planificación de la tarea, seleccionar los quipos y herramientas de trabajo adecuados y evitar imprevistos, y el número de personal que se necesitará.
- Específicamente para el trabajo de mantenimiento con elevadores por cangilones, se deberá usar equipo de protección personal (zapatos industriales punta de acero, guantes, mascarilla, casco de seguridad, ropa industrial y gafas), así también guía de seguridad para trabajo en alturas.
- Antes de cada tarea de mantenimiento del elevador, siempre se deberá desconectar el suministro de electricidad, comprobar que el paso de la corriente este bloqueado en su totalidad.

- Los trabajadores no podrán sacar o caminar por tapas, rejillas, o cubre transmisión del elevador sin antes revisar que la máquina este totalmente apagada y sin ningún movimiento.

Recuerde, las medidas de seguridad son responsabilidad de todos, sin importar jerarquías.

3.4. Disponibilidad Elevadores de Cangilones

3.4.1. Disponibilidad Elevadores

A continuación, en las tablas 17 y 18 se realiza el estadístico de los dos elevadores, respectivamente con el propósito de determinar la fiabilidad y disponibilidad actual, se ha procedido realizar individualmente pues el tiempo de operación que presenta cada elevador es diferente, ya que el elevador 1 NCG trabaja solo 4 horas todos los días lunes, en cambio el elevador 2 NCP labora las 8 horas días y 40 semanales respectivamente.

Tabla 15- Disponibilidad Elevador de Cangilones Grande

NUTRISALMINSA S.A.



ESTADÍSTICO ELEVADOR DE CANGILONES GRANDE

Elaborado por:

Mayra Lizeth Chimborazo Toapanta

Revisado por:

Ing. Mg. Christian Castro

Horas de trabajo al día del elevador						4	Horas/Lunes										
MES	ACTIVIDAD	FECHAS	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	$\frac{TMBF}{\sum \frac{TO}{n}}$	$\frac{MTTR}{n}$	$\lambda = \frac{1}{TMBF}$	$u = \frac{1}{MTTR}$	$D \% = \frac{\sum TMBF}{\sum TMBF + \sum MTTR}$	Índice de Fiabilidad $R(t) = e^{-\lambda}$					
ENERO	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.	01/01/2021															
	Limpieza de los cangilones(safado/armado)	04/01/2021	4	1,17	1,10	0,07	3,438	0,568	0,2909	1,762	85,830	0,0089					
	Revisión del sistema eléctrico C.	11/01/2021	2,83	0,75	0,65	0,10											
	Revisión de los rodamientos, alineacion de acoplamientos.																
	Limpieza de polvos con sopleteado de aire.																
Revisión de fusibles, pulsadores, breakers e interruptores.																	
Revisión de conexiones eléctricas y amperajes.	25/01/2021	3,67	0,25	0,2	0,05												
FEBRERO	Engrase de rodamientos.	01/02/2021	3,75	1,83	1,60	0,23	2,958	0,900	0,3380	1,111	76,674	0,1314					
	Revisión del estado de bomeras, control de carga.																
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.																
	Revisión de lubricación y motor reductor																
Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.	08/02/2021	2,17	0,25	0,2	0,05												
Limpieza de polvos con sopleteado de aire.																	
MARZO	Engrase de rodamientos.	01/03/2021	11,75	1,75	1,59	0,15	5,778	0,820	0,1731	1,220	87,572	0,0026					
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.																
	Revisión del sistema eléctrico M.																
	Limpieza interna.																
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.																
	Limpieza de pasajes de ventilacion externos o internos.																
Limpieza de polvos con sopleteado de aire.	08/03/2021	2,25	0,67	0,55	0,12												
Revisión del sistema eléctrico C.	15/03/2021	3,33	0,33	0,32	0,01												
Revisión de fusibles, pulsadores, breakers e interruptores.																	
ABRIL	Engrase de rodamientos.	05/04/2021	11,67	1,67	1,45	0,21	7,250	0,833	0,1379	1,200	89,691	0,0006					
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.																
	Revisión de lubricación y motor reductor																
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.																
	Limpieza de polvos con sopleteado de aire.												12/04/2021	2,33	0,25	0,2	0,05
Revisión de conexiones eléctricas y amperajes.	26/04/2021	7,75	0,92	0,85	0,07												
Limpieza de los cangilones(safado/armado)																	
MAYO	Engrase de rodamientos.	03/05/2021	3,08	1,92	1,74	0,17	2,917	0,803	0,3429	1,245	78,405	0,0497					
	Revisión del estado de bomeras, control de carga.																
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.																
	Revisión del sistema eléctrico M.																
	Limpieza interna.																
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.																
Limpieza de polvos con sopleteado de aire.	10/05/2021	2,08	0,42	0,35	0,07												
Revisión del sistema eléctrico C.	17/05/2021	3,58	0,33	0,32	0,01												
Revisión de fusibles, pulsadores, breakers e interruptores.																	
JUNIO	Engrase de rodamientos.	07/06/2021	11,67	1,67	1,45	0,21	5,375	0,538	0,1860	1,860	90,909	0,0006					
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.																
	Revisión de lubricación y motor reductor																
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.																
	Limpieza de pasajes de ventilacion externos o internos.												14/06/2021	2,33	0,25	0,2	0,05
Limpieza de polvos con sopleteado de aire.	21/06/2021	3,75	0,25	0,2	0,05												
Revisión de los rodamientos, alineacion de acoplamientos.	28/06/2021	3,75	0,33	0,3	0,03												
JULIO	Engrase de rodamientos.	05/07/2021	3,67	2,00	1,79	0,20	3,313	0,615	0,3019	1,626	84,341	0,0106					
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.																
	Revisión del sistema eléctrico M.																
	Revisión de conexiones eléctricas y amperajes.																
	Limpieza interna.																
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.																
Revisión del sistema eléctrico C.	12/07/2021	2,00	0,17	0,15	0,02												
Limpieza de polvos con sopleteado de aire.	19/07/2021	3,83	0,25	0,2	0,05												
Revisión de fusibles, pulsadores, breakers e interruptores.	26/07/2021	3,75	0,33	0,32	0,01												
AGOSTO	Engrase de rodamientos.	02/08/2021	3,67	1,33	1,20	0,13	4,611	0,890	0,2169	1,124	83,821	0,0087					
	Revisión del estado de bomeras, control de carga.																
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.																
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.																
	Revisión de lubricación y motor reductor												09/08/2021	2,67	0,50	0,4	0,1
Limpieza de polvos con sopleteado de aire.	23/08/2021	7,50	1,17	1,07	0,10												
Limpieza interna.																	
Limpieza de los cangilones(safado/armado)																	
SEPTIEMBRE	Engrase de rodamientos.	06/09/2021	6,83	1,50	1,37	0,12	4,167	0,530	0,2400	1,887	88,715	0,0033					
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.																
	Revisión del sistema eléctrico M.																
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.																
	Revisión de conexiones eléctricas y amperajes.												13/09/2021	2,50	0,42	0,35	0,07
Revisión del sistema eléctrico C.	20/09/2021	3,58	0,25	0,2	0,05												
Limpieza de pasajes de ventilacion externos o internos.																	
Limpieza de polvos con sopleteado de aire.	27/09/2021	3,75	0,25	0,2	0,05												
OCTUBRE	Engrase de rodamientos.	04/10/2021	3,75	1,50	1,37	0,12	5,125	1,095	0,1951	0,913	82,395	0,0297					
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.																
	Revisión de fusibles, pulsadores, breakers e interruptores.																
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.																
	Revisión de lubricación y motor reductor												18/10/2021	6,50	1,00	0,82	0,18
Revisión de conexiones eléctricas y amperajes.																	
Limpieza interna.																	
NOVIEMBRE	Engrase de rodamientos.	01/11/2021	7,00	1,92	1,72	0,19	5,528	1,063	0,1809	0,940	83,867	0,0034					
	Revisión del estado de bomeras, control de carga.																
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.																
	Revisión del sistema eléctrico M.																
	Limpieza de polvos con sopleteado de aire.																
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.																
Revisión de fusibles, pulsadores, breakers e interruptores.	08/11/2021	2,08	0,50	0,47	0,03												
Revisión del sistema eléctrico C.	22/11/2021	7,50	1,17	1,00	0,16												
Engrase de rodamientos.																	
Revisión de separadores vertical, trampa magnética.																	
Revisión de lubricación y motor reductor																	
DICIEMBRE	Limpieza de pasajes de ventilacion externos o internos.	06/12/2021	6,83	1,00	0,85	0,15	4,556	1,023	0,2195	0,977	81,657	0,0092					
	Limpieza de polvos con sopleteado de aire.																
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.																
	Revisión del estado de bomeras, control de carga.												13/12/2021	3,00	0,17	0,15	0,02
	Engrase de rodamientos.												20/12/2021	3,83	2,25	2,07	0,17
	Revisión de los rodamientos, alineacion de acoplamientos.																
Revisión de separadores vertical, trampa magnética.																	
Revisión del sistema eléctrico M.																	
Revisión de conexiones eléctricas y amperajes.																	
Limpieza de los cangilones(safado/armado)																	
TOTALES			173,25				55,014	9,678	0,343		1013,878	0,259					
PROMEDIOS			4,56				4,58	0,81			84,49	0,02					

Tabla 16- Disponibilidad Elevador de Cangilones Pequeño

NUTRISALMINSA S.A.



ESTADÍSTICO ELEVADOR DE CANGILONES PEQUEÑO

Elaborado por:

Mayra Lizeth Chimborazo Toapanta

Revisado por:

Ing. Mg. Christian Castro

Horas de trabajo al día del elevador						8	Horas/Lunes					
MES	ACTIVIDAD	FECHAS	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	TMBF $\frac{\sum TO}{n}$	MTTR $\frac{\sum TR}{n}$	λ $\lambda = \frac{1}{TMBF}$	u $u = \frac{1}{MTTR}$	D % $D = \frac{\sum TMBF}{\sum TMBF + \sum MTTR}$	Índice de Fiabilidad $R(t) = e^{-\lambda t}$
		01/01/2021										
ENERO	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.	04/01/2021	8	1,17	1,10	0,07	31,438	0,568	0,0318	1,762	98,227	0,0179
	Limpieza de los cangilones(safado/armado)											
	Revisión del sistema eléctrico C.											
	Revisión de los rodamientos, alineacion de acoplamientos.	11/01/2021	38,83	0,75	0,65	0,10						
	Limpieza de polvos con sopleteado de aire.											
	Revisión de fusibles, pulsadores, breakers e interruptores.	18/01/2021	39,25	0,33	0,32	0,01						
	Revisión de conexiones eléctricas y amperajes.	25/01/2021	39,67	0,25	0,2	0,05						
FEBRERO	Engrase de rodamientos.	01/02/2021	39,75	1,83	1,60	0,23	38,958	0,900	0,0257	1,111	97,742	0,0826
	Revisión del estado de bomeras, control de carga.											
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.											
	Revisión de lubricación y motor reductor											
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.											
	Limpieza de polvos con sopleteado de aire.	08/02/2021	38,17	0,25	0,2	0,05						
MARZO	Engrase de rodamientos.	01/03/2021	119,75	1,75	1,59	0,15	65,778	0,820	0,0152	1,220	98,769	0,0018
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.											
	Revisión del sistema eléctrico M.											
	Limpieza interna.											
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.											
	Limpieza de pasajes de ventilacion externos o internos.											
	Limpieza de polvos con sopleteado de aire.											
	Revisión del sistema eléctrico C.	08/03/2021	38,25	0,67	0,55	0,12						
	Revisión de fusibles, pulsadores, breakers e interruptores.	15/03/2021	39,33	0,33	0,32	0,01						
ABRIL	Engrase de rodamientos.	05/04/2021	119,67	1,67	1,45	0,21	79,250	0,833	0,0126	1,200	98,959	0,0005
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.											
	Revisión de lubricación y motor reductor											
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.											
	Limpieza de polvos con sopleteado de aire.											
	Revisión de conexiones eléctricas y amperajes.											
	Limpieza de los cangilones(safado/armado)	12/04/2021	38,33	0,25	0,2	0,05						
		26/04/2021	79,75	0,92	0,85	0,07						
MAYO	Engrase de rodamientos.	03/05/2021	39,08	1,92	1,74	0,17	38,917	0,803	0,0257	1,245	97,978	0,0238
	Revisión del estado de bomeras, control de carga.											
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.											
	Revisión del sistema eléctrico M.											
	Limpieza interna.											
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.											
	Limpieza de polvos con sopleteado de aire.	10/05/2021	38,08	0,42	0,35	0,07						
	Revisión del sistema eléctrico C.	17/05/2021	39,58	0,33	0,32	0,01						
JUNIO	Engrase de rodamientos.	07/06/2021	119,67	1,67	1,45	0,21	59,375	0,538	0,0168	1,860	99,103	0,0005
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.											
	Revisión de lubricación y motor reductor											
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.											
	Limpieza de pasajes de ventilacion externos o internos.											
	Limpieza de polvos con sopleteado de aire.											
	Revisión de los rodamientos, alineacion de acoplamientos.	14/06/2021	38,33	0,25	0,2	0,05						
		21/06/2021	39,75	0,25	0,2	0,05						
		28/06/2021	39,75	0,33	0,3	0,03						
JULIO	Engrase de rodamientos.	05/07/2021	39,67	2,00	1,79	0,20	39,313	0,615	0,0254	1,626	98,460	0,0065
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.											
	Revisión del sistema eléctrico M.											
	Revisión de conexiones eléctricas y amperajes.											
	Limpieza interna.											
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.											
	Revisión del sistema eléctrico C.											
	Limpieza de polvos con sopleteado de aire.	12/07/2021	38,00	0,17	0,15	0,02						
		19/07/2021	39,83	0,25	0,2	0,05						
	Revisión de fusibles, pulsadores, breakers e interruptores.	26/07/2021	39,75	0,33	0,32	0,01						
AGOSTO	Engrase de rodamientos.	02/08/2021	39,67	1,33	1,20	0,13	52,611	0,890	0,0190	1,124	98,336	0,0064
	Revisión del estado de bomeras, control de carga.											
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.											
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.											
	Revisión de lubricación y motor reductor											
	Limpieza de polvos con sopleteado de aire.											
	Limpieza interna.	09/08/2021	38,67	0,50	0,4	0,1						
	Limpieza de los cangilones(safado/armado)	23/08/2021	79,50	1,17	1,07	0,10						
SEPTIEMBRE	Engrase de rodamientos.	06/09/2021	78,83	1,50	1,37	0,12	49,167	0,530	0,0203	1,887	98,934	0,0018
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.											
	Revisión del sistema eléctrico M.											
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.											
	Revisión de conexiones eléctricas y amperajes.											
	Revisión del sistema eléctrico C.											
	Limpieza de pasajes de ventilacion externos o internos.	13/09/2021	38,50	0,42	0,35	0,07						
	Limpieza de polvos con sopleteado de aire.	20/09/2021	39,58	0,25	0,2	0,05						
		27/09/2021	39,75	0,25	0,2	0,05						
OCTUBRE	Engrase de rodamientos.	04/10/2021	39,75	1,50	1,37	0,12	59,125	1,095	0,0169	0,913	98,182	0,0227
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.											
	Revisión de fusibles, pulsadores, breakers e interruptores.											
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.											
	Revisión de lubricación y motor reductor											
	Revisión de conexiones eléctricas y amperajes.	18/10/2021	78,50	1,00	0,82	0,18						
	Limpieza interna.											
NOVIEMBRE	Engrase de rodamientos.	01/11/2021	79,00	1,92	1,72	0,19	65,528	1,063	0,0153	0,940	98,403	0,0019
	Revisión del estado de bomeras, control de carga.											
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.											
	Revisión del sistema eléctrico M.											
	Limpieza de polvos con sopleteado de aire.											
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.											
	Revisión de fusibles, pulsadores, breakers e interruptores.											
Revisión del sistema eléctrico C.												
	Engrase de rodamientos.	08/11/2021	38,08	0,50	0,47	0,03						
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.	22/11/2021	79,50	1,17	1,00	0,16						
	Revisión de lubricación y motor reductor											
DICIEMBRE	Limpieza de pasajes de ventilacion externos o internos.	06/12/2021	78,83	1,00	0,85	0,15	52,556	1,023	0,0190	0,977	98,090	0,0064
	Limpieza de polvos con sopleteado de aire.											
	Sopleteado y lubricado de rodamientos y bolilleros.											
	Revisión del estado de bomeras, control de carga.											
	Engrase de rodamientos.											
	Revisión de los rodamientos, alineacion de acoplamientos.											
	Revisión de separadores vertical, trampa magnética.											
Revisión del sistema eléctrico M.												
	Revisión de conexiones eléctricas y amperajes.	13/12/2021	39,00	0,17	0,15	0,02						
	Revisión de conexiones eléctricas y amperajes.	20/12/2021	39,83	2,25	2,07	0,17						
	Limpieza de los cangilones(safado/armado)											
TOTALES			1977,25				632,014	9,678	0,032		1181,182	0,173
PROMEDIOS			52,03				52,67	0,81	0,02		98,43	0,01

3.4.2. Análisis de la Curva de la bañera

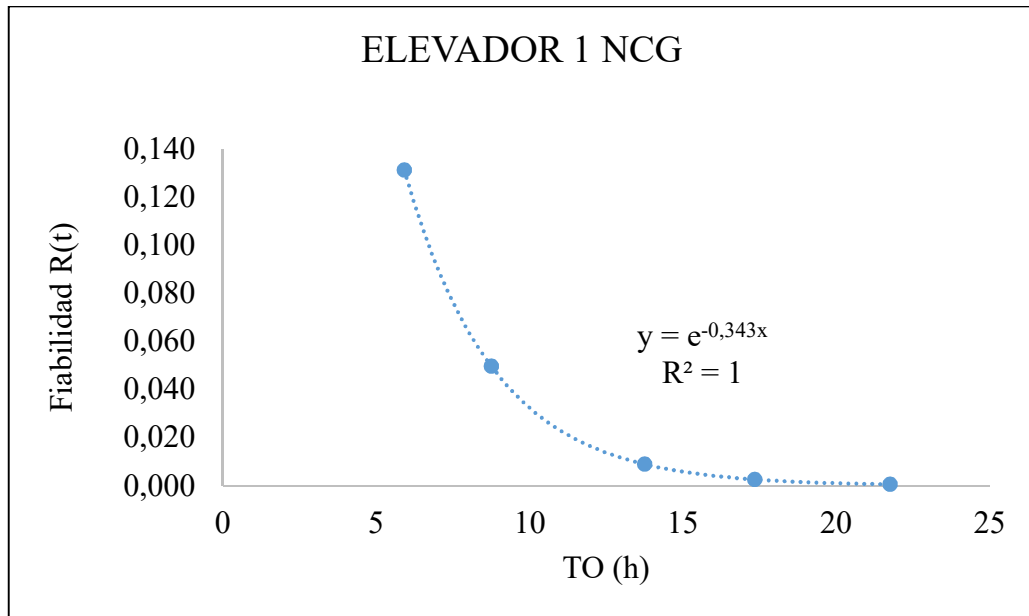


Figura 17: Curva de la Bañera – Elevador 1 NCG

En la figura 5 se observa la relación entre la fiabilidad frente al tiempo de operación representada mediante función de tendencia exponencial que tiene el elevador grande, entonces como se aprecia recién la presencia de la primera etapa de la curva de la bañera en donde aún se presentan fallos infantiles con tiempos de operación bajos, entonces la fiabilidad decrece mientras aumenta el tiempo de operación, hasta encontrar un valor constante cuando el tiempo de funcionamiento se normalice. Respecto al coeficiente de relación de datos R, se tiene un valor de muy bueno de 1 el cual nos indica que el manejo de datos ha sido excelente.

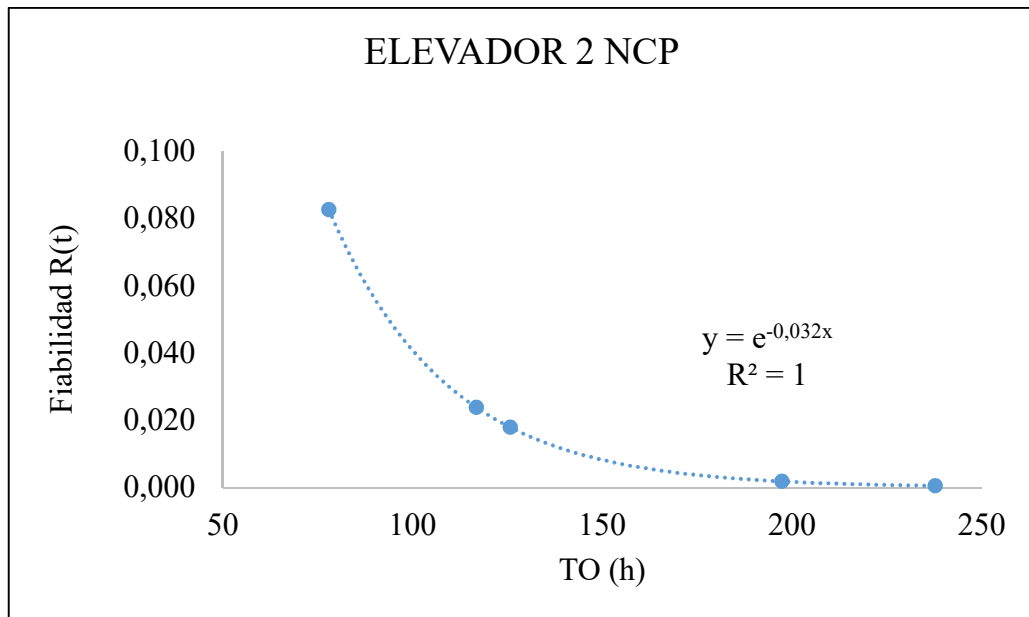


Figura 18: Curva de la Bañera – Elevador 2 NCP


En la figura 6 se observa la relación entre la fiabilidad frente al tiempo de operación representada mediante función de tendencia exponencial que tiene el elevador pequeño, manejando un coeficiente de relación de datos muy bueno de 1. Se puede apreciar que la fiabilidad en los primeros meses es elevada, siendo el mayor en el mes febrero con 0,0826 y con un tiempo de operación igual a 77,92 horas. Entonces mientras se incrementa el tiempo de operación y se pasa de la primera etapa de la curva de la bañera y se llega a la segunda en donde se tiene un funcionamiento normal, se tendrá una fiabilidad menor, como se observa para el mes de junio se tuvo un tiempo de operación grande de 237,5 horas y un valor de fiabilidad de 0,0005.

Entonces al observar el comportamiento de los dos elevadores mediante el cálculo de los estadísticos con su disponibilidad y fiabilidad, se puede deducir que los dos elevadores ya pasaron su etapa de fallos prematuros por el inicio de funcionamiento y su fiabilidad disminuye al igual que su disponibilidad por el incremento del tiempo de operación, y se aprecia como ya está entrando a la etapa de fallo por funcionamiento normal, en donde se requerirá necesariamente un buen plan de mantenimiento para su cuidado pues así se evitará que la etapa de fallos por envejecimiento se presente pronto.

3.4.3. Análisis Modal de Fallos y Efectos AMFE

A continuación, como se observa en las tablas 17 y 18, se encuentra expuesto un Análisis Modal de Fallos y Efectos que se presentan en los elevadores de cangilones, se decidió realizar un solo análisis debido a que los dos comparten componentes totalmente idénticos, aquí se analizará lo siguiente: la función, fallo funcional, modo de fallo, causa raíz, efecto, y una recomendación para dicho fallo, al final se determinara el Número de Prioridad de Riesgo (NPR), por consiguiente se obtuvo una media total del NPR, donde los valores superiores a este valor medio son los resaltados con color rojo claro, así mismo estos son los que tendrán prioridad para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 17- Análisis AMFE – Sistema Mecánico


<div style="text-align: center;">  <p>NUTRISALMINSA S.A</p> </div>											
MATRIZ AMFE											
SISTEMA:		Mecánico	REALIZADO POR:		Mayra Lizeth Chimborazo Toapanta			HOJA No.		1 de 2	
MÁQUINA:		Elevador 1	FECHA:		15/4/2022			CÓDIGO:		NCG	
Código	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoración				Recomendación
							F	G	D	NPR	
SISTEMA MECÁNICO											
NCGM1	Bandeja de limpieza en la bota	Permitir la limpieza en la bota con solo deslizarla hacia afuera.	Desprendimiento de material.	Desgaste	Rozamiento excesivo	Derrame del material a transportar por holguras.	2	1	3	6	Moderar la fuerza con la que se introduce y extrae la bandeja.
			Desprendimiento de material.	Pandeo	Carga excesiva	Fugas del material por espacios de holguras	2	1	3	6	Controlar la carga que soporta la bandeja
NCGM2	Puerta de inspección	Proporcionar fácil visibilidad sobre el funcionamiento del elevador para un mejor control de fallos en la banda con los cangilones.	Puerta no abre	Desajuste	Apertura periódicamente	Problemas para realizar las inspecciones pertinentes	2	4	2	16	Abrir la puerta solo cuando sea necesario
			Puerta trabada	Cedencia o aislamiento de pernos	Acumulación de polvos	Problemas para realizar las inspecciones pertinentes	2	3	2	12	Realizar una limpieza de polvos más frecuente.
NCGM3	Tolva inferior	Almacenar el material a ser transportado y permitir un buen llenado de los cangilones.	Desprendimiento de material.	Corrosión y desgaste	Deficiente remoción de material en paredes	Parada del sistema transportador por derrame de material.	4	9	3	108	Realizar periódicamente la limpieza, dependiendo el tipo de material transportado.
			Atascamiento de material	Pandeo y deformación	Velocidad de transporte, exceso de material	Parada del sistema	3	8	3	72	Controlar la capacidad que debe soportar la tolva
NCGM4	Plataforma de mantenimiento	Proveer un área de trabajo para la realización de inspecciones o acciones de mantenimiento al elevador.	Movimiento exagerado con cargas livianas.	Deformación por flexión	Carga excesiva o conexiones inapropiadas entre piezas	Zona de mantenimiento inhabilitada.	3	5	3	45	Controlar la carga que soporta la plataforma
			Piezas sueltas o mal ajustadas	Desajuste de pernos	Apriete incorrecto en conexión de piezas	Zona de mantenimiento inhabilitada.	2	4	3	24	Inspeccionar con periodicidad las conexiones de la estructura.

NCGM5	Pernos y tornillos industriales	Ajustar y mantener las partes del elevador unidas y fijas.	Aislamiento, fallo en apriete	Apriete	Incorrecto ajuste o malas conexiones	Piezas desprendidas o flojas	3	4	5	60	Revisar y ajustar periódicamente después de 100 horas.
			Rotura	Oxidación	Exposición agresiva o falta de limpieza	Piezas sueltas y flojas	4	4	6	96	Realizar una limpieza de polvos más frecuente.
NCGM6	Pierna	Soportar la cabeza, y toda la estructura en general. Proteger la banda con los cangilones y el material a elevar.	Interrupción para recorrido de la banda.	Desalineación	Alto ruido y vibraciones de todo el sistema.	Banda con cangilones torcida o dañada.	3	6	3	54	Inspeccionar linealidad, y paralelidad entre ambas piernas.
			Conexiones abiertas	Suelda desgastada	Procedimiento incorrecto de suelda, tiempo, exposición	Desalineación de la banda, parada del sistema inmediato	4	7	2	56	Inspeccionar conexiones por suelda dependiendo el tiempo de uso
NCGM7	Cabeza	Caja de acero que soporta la transmisión, rueda motriz, motor y el reductor.	Desprendimiento de material.	Desgaste y corrosión	Choque de partículas del material transportado	Obstrucción para el correcto deslizamiento de la banda.	2	5	4	40	Limpiar de polvos o cualquier tipo de escoria, con periodicidad.
			Desplazamiento de posición inicial	Desalineación con las piernas	Excesiva vibración en toda la estructura	Parada del sistema por problemas en el recorrido con la banda	3	6	3	54	Controlar la velocidad de la banda para evitar altas vibraciones
NCGM8	Bota	Recibir el material a ser transportado, en el está la banda inferior o rueda motriz.	Impedimento del llenado y movimiento de la banda.	Taponamiento	Exceso de material en la tolva inferior y velocidad baja de la banda	Elevador no arranca.	3	9	3	81	Revisar las cantidades de material a transportar.
			Presencia de orificios por donde se fuga el material	Desgaste y corrosión	Incorrecta limpieza, sin periodicidad	No se podrá almacenar correctamente el material	2	8	2	32	Realizar una limpieza interna con frecuencia
NCGM9	Tubos de descarga (3)	Conducir el material hacia cada tolva para ser almacenado posteriormente.	El material comienza a derramarse.	Atascamiento	Acumulación de material en la entrada del tubo	Elevador no descarga material correctamente.	2	9	7	126	Limpiar periódicamente, dependiendo el material transportado.
			Flujo interrumpido de material	Alta presión en los codos de unión	Exceso de velocidad en la banda	Tubos de descarga con derrames por elevada presión.	3	8	1	24	Controlar velocidad de la banda
NCGM10	Cangilón	Contener el material a transportar, sin derrames.	La capacidad del elevador disminuye	Desgaste	Ajuste de pernos inadecuado, velocidad incorrecta de la banda.	Vibración en el elevador	6	8	6	288	Reemplazar cangilones dañados y no solo parchar.
			Carga incorrecta	Rotura	Cangilones sobrecargados	Desalineación de la banda	5	9	6	270	Reemplazar cangilones dañados y no solo parchar.
NCGM11	Escalera	Proveer acceso a las plataformas de servicio	Piezas empiezan a desprenderse.	Desajuste	Conexiones inadecuadas entre elementos	Piezas sueltas	3	4	2	24	Revisar conexiones principales con frecuencia.
			Piezas deformadas	Deformación por flexión	Cargas excesivas	Escalera inhabilitada	2	4	3	24	Controlar la carga según la resistencia del material

NCGM12	Jaula de Seguridad	Proporcionar una estructura que circunde el área de la escalera como protección al personal.	Piezas empiezan a desprenderse.	Desajuste	Conexiones inadecuadas entre elementos	Inseguridad para trabajadores.	3	7	3	63	Revisar conexiones en donde se presente vibraciones.
			Columnas principales flojas	Alta vibración	Velocidad del sistema elevado	Inseguridad para trabajadores.	3	8	4	96	Controlar velocidad de la banda
NCGM13	Polea de cabeza	Transmitir el movimiento a la rueda motriz superior.	Disminución del movimiento.	Desgaste	Velocidades muy elevadas	Elevador no funciona.	5	9	4	180	Revisar recubrimientos y reemplazarlos si las condiciones se prestan.
			Polea descentrada	Desalineación	Tensión alta de la correa	Banda no gira correctamente, parada del sistema	4	9	5	180	Verificar alineación con frecuencia
NCGM14	Polea de Bota	Transmitir el movimiento a la rueda motriz inferior.	Disminución del movimiento.	Desgaste	Velocidades muy elevadas	Elevador no funciona.	5	9	4	180	Revisar recubrimientos y reemplazarlos si las condiciones se prestan.
			Polea descentrada	Desalineación	Tensión alta de la correa	Banda no gira correctamente, parada del sistema	4	9	5	180	Verificar alineación con frecuencia
NCGM15	Banda de elevador	Elevar a los cangilones llenos desde la bota a la cabeza	Disminución del movimiento.	Desalineación	Velocidades altas	Rotura de la banda, parada del elevador.	6	10	6	360	Verificar alineación, ajustar tensión de la banda.
			Disminución del movimiento.	Desgaste, rotura	Excesiva carga, impacto fuerte del material	Banda floja, encorvada o doblada, parada del elevador.	6	10	6	360	Controlar velocidad. Seguir recomendaciones del fabricante.
NCGM16	Cadena	Proporcionar la velocidad de funcionamiento correcta al elevador	No transmite el movimiento.	Rotura	Velocidad de transmisión elevada	Polea no gira, elevador no funciona	4	8	3	96	Revisar recubrimientos de tambor, controlar velocidad.
			Cadena no gira	Oxidación	Falta de lubricación	Elevador no funciona	5	7	3	105	Seguir recomendaciones del fabricante sobre tiempo de vida útil.
NCGM17	Tornillos ajustables de la bota	Ajustar y sujetar parte de las piernas con la bota	Tapa frontal de la bota floja	Desajuste	Elevadas vibraciones en todo el sistema.	Tolva inferior expuesta, y material derramado.	2	4	3	24	Inspeccionar apriete si presenta ruidos.
			Bota floja	Fallo en apriete	Elevadas vibraciones en todo el sistema.	Tolva inferior expuesta, y material derramado.	2	4	3	24	Inspeccionar apriete si presenta ruidos.
NCGM18	Bridas de pierna	Unir las partes de las piernas del elevador	Desalineación de banda en cada pierna.	Desajuste	Elevadas vibraciones en todo el sistema	Parada del elevador.	3	5	5	75	Inspeccionar ajuste de pernos después de largas horas de trabajo.
			Fuga de material	Rotura por soldadura	Cargas excesivas	Parada del elevador.	3	6	5	90	Verificar conexiones por cordones de soldadura periódicamente

NCGM19	Chumaceras	Brindar apoyo al eje de rotación en la polea inferior y superior.	Inmovilidad del eje	Lubricación	Sobrecarga, exceso o falta de lubricante.	No transmite movimiento al eje, corrosión al eje	4	7	6	168	Realizar periódicamente la lubricación, según recomiende el fabricante.
			Inmovilidad del eje	Desgaste de rodaduras	Montaje incorrecto, sobrecalentamiento	Incapacidad de transmitir movimiento, parada del elevador	5	7	2	70	Seguir recomendaciones del fabricante sobre vida útil.
NCGM20	Cables de Anclaje	Brindar estabilidad a toda la estructura del elevador.	Cable flojo	Aflojamiento	Anclaje de pared con tornillos flojos	Movimiento de estructura, inestable.	3	8	2	48	Realizar ajuste de cable.
			Cable roto	Tensionado	Ajuste exagerado	Movimiento de estructura, inestable.	3	7	3	63	Inspeccionar con frecuencia tensión del cable, aflojar o ajustar si es necesario.
NCGM21	Reductor	Controlar y variar la velocidad del motor trifásico.	Velocidades bajas	Lubricación	Rodamientos y caja sin lubricación	Velocidad de salida muy baja, banda no gira correctamente.	3	7	3	63	Realizar la lubricación de rodamientos y caja con más frecuencia.
			Interferencia y vibración en la caja	Desgaste	Engranaje desgastado	Velocidad de salida incorrecta, banda no gira adecuadamente.	3	6	4	72	Controlar con frecuencia el desgaste de engranes.
MEDIA TOTAL DEL NPR										96	

Tabla 18- Análisis AMFE – Sistema Eléctrico

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> NUTRISALMINSA S.A </div>  </div>											
MATRIZ AMFE											
SISTEMA:		Eléctrico	REALIZADO POR:			Mayra Lizeth Chimborazo Toapanta		HOJA No.		2 de 2	
MÁQUINA:		Elevador 1	FECHA:			15/4/2022		CÓDIGO:		NCG	
Código	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoración				Recomendación
							F	G	D	NPR	
SISTEMA ELÉCTRICO											
NCGE1	Motor trifásico	Proporcionar potencia a la transmisión del elevador de cangilones para su funcionamiento.	Parada del elevador	Sobrecalentamiento	Sobre esfuerzos	Motor no enciende, elevador no funciona	4	10	3	120	Controlar voltajes y ventilación, cada determinada hora de trabajo.
			Laterales de la banda colisionan con estructura	Desalineación	Vibración por base inestable	Banda desalineada, elevador no puede operar	3	9	2	54	Controlar las cargas, seguir recomendaciones de fabricante para instalar.
NCGE2	Cables eléctricos	Permitir el paso de la corriente eléctrica para el funcionamiento de dispositivos.	Interrupción para el paso de la corriente	Rotura de cable	Oxidación, exposición inadecuada, vida útil	Tablero de control no funciona	2	4	3	24	Usar canaletas para cableado y evitar exposición inadecuada
			Interrupción para el paso de la corriente	Cable quemado	Descargas eléctricas	Tablero de control no funciona	2	5	4	40	Controlar el paso de la corriente y conexiones.
NCGE3	Botón encendido/apagado	Permitir iniciar y apagar el funcionamiento del elevador de cangilones.	Botón queda presionado	Falta de limpieza	Acumulación de polvos en su interior	Máquina no enciende/apaga	2	4	1	8	Sopletear cada cierto número de horas de trabajo
			Botón no se presiona	Atascamiento	Problemas con el muelle del pulsador	Máquina no enciende/apaga	2	5	3	30	Sopletear cada cierto número de horas de trabajo
NCGE4	Contactador térmico	Proteger al sistema de sobrecargas eléctricas y de calentamientos.	Contactador no funciona	Tensión insuficiente	No llega voltaje a la bobina	Sistema de conexiones expuestos a sobrecargas eléctrica	2	7	4	56	Verificar el voltaje que llega a la bobina.

			Contactador cerrado produce mucho ruido	Falta de limpieza	Acumulación de escoria en el entrehierro, impidiendo su cierre	Sistema de conexiones expuestos a sobrecargas eléctrica	2	6	3	36	Realizar limpieza con frecuencia
NCGE5	Guardamotor	Proteger al motor de fallas como sobrecargas de altos voltajes o cortocircuitos.	El motor no se apaga en un cortocircuito	Cortocircuito	Conexión inadecuada	Motor sin protección, peligro inminente de fallo	2	8	6	96	Inspección visual de conexiones y estado de cables.
			El motor no se apaga por sobrecarga	Sobrecargas	Instalación indiscriminada	Motor sin protección, peligro inminente de fallo	3	9	5	135	Distribuir adecuadamente la conexión de equipos o máquinas
NCGE6	Variador de Potencia INVT	Reducir o regular la potencia de salida del motor.	Velocidad de funcionamiento del motor inadecuado	Configuración	Error en el ingreso de parámetros para control de velocidad de motor.	Funcionamiento del motor incorrecto, parada del elevador	2	9	5	90	Seguir recomendación del fabricante.
			Velocidad de funcionamiento del motor inadecuado	Sobrecarga del variador	Tensión de red de alimentación baja.	Funcionamiento del motor incorrecto, parada del elevador	2	8	4	64	Revisar tensión de red antes del funcionamiento.
NCGE7	Ventilador	Evitar el aumento de temperatura en todas las conexiones dentro del panel de control.	Ventilador no gira	Sobrecalentamiento	Conexión inadecuada	Aumento de la temperatura en todos los componentes	2	5	2	20	Controlar la velocidad de giro
			Ventilador no gira	Falta de limpieza	Acumulación de polvos en las aspas y eje	Aumento de la temperatura en todos los componentes	2	6	1	12	Limpiar con periodicidad para evitar acumulación de polvos
NCGE8	Borneras	Interconectar cables entre si y evitar empalmes.	Conexión deficiente	Falta de limpieza	Conexión con acumulación de polvos	Componentes del sistema desconectados	2	5	2	20	Sopletear cada cierto número de horas de trabajo
			Cables desconectados	Desajuste	Tensión de cableado excesivo	Componentes del sistema desconectados	2	7	1	14	Revisar tensión de cableado y conexiones con frecuencia
										MEDIA TOTAL DEL NPR	51

3.4.4. Análisis de la matriz AMFE

Para el siguiente análisis se resumió en la tabla 19 todos los componentes con el NPR mayor a promedio encontrado del conjunto de cada sistema, y también se seleccionó el NPR más alto de cada componente, pues se realizó el análisis modal de fallos y efectos para dos fallos funcionales.

Tabla 19- Análisis AMFE

Análisis AMFE			
Código	Componente	Sistema	NPR
NCGM3	Tolva inferior	Mecánico	108
NCGM9	Tubos de descarga	Mecánico	126
NCGM10	Cangilón	Mecánico	288
NCGM13	Polea de cabeza	Mecánico	180
NCGM14	Polea de Bota	Mecánico	180
NCGM15	Banda de elevador	Mecánico	360
NCGM16	Cadena	Mecánico	105
NCGM19	Chumaceras	Mecánico	168
NCGE1	Motor trifásico	Eléctrico	120
NCGE3	Contactador térmico	Eléctrico	56
NCGE4	Guardamotor	Eléctrico	135
NCGE5	Variador de Potencia INVT	Eléctrico	90

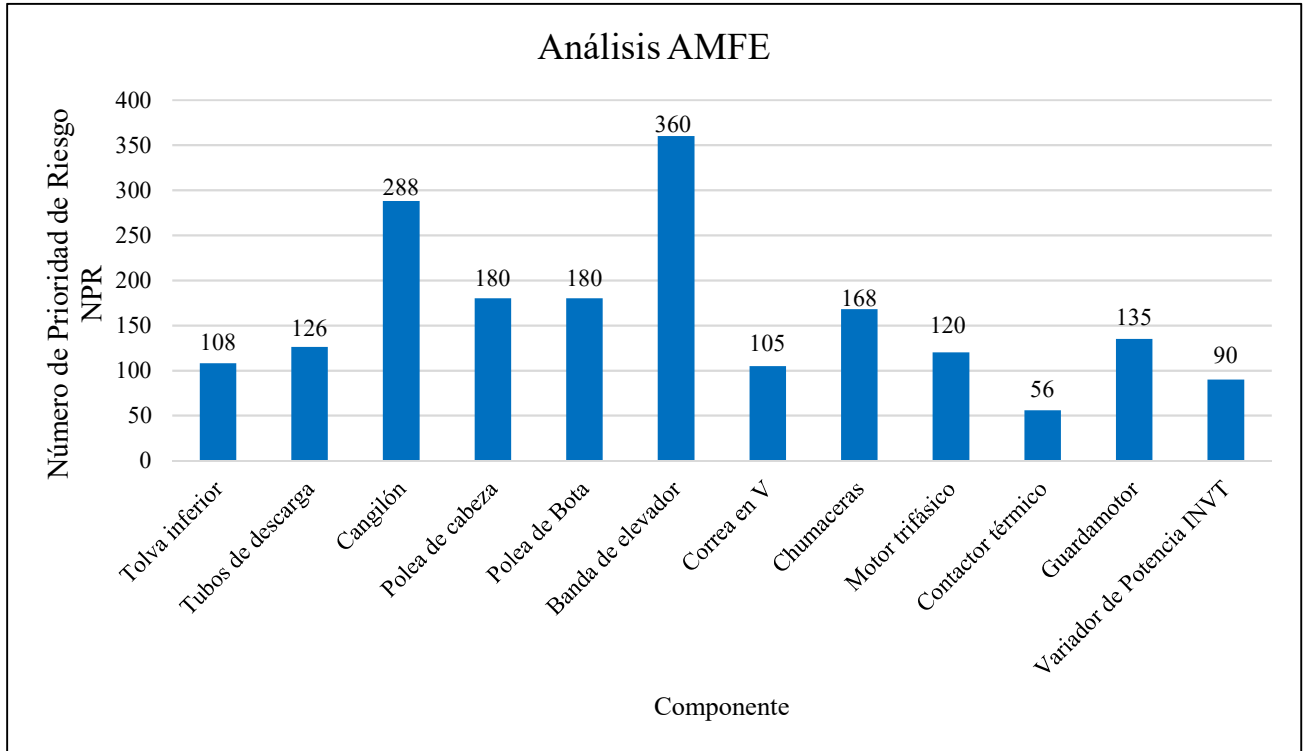


Figura 19: Representación Análisis AMFE

Como se puede apreciar en la figura 18, se encuentran representados en una gráfica los componentes del sistema mecánico y eléctrico con el mayor número de prioridad de riesgo NPR, en donde se puede apreciar que se tiene a la banda del elevador con el mayor NPR igual a 360, muy seguido del cangilón con un NPR de 288, y con el menor NPR al contactor térmico con 56. Entonces como observamos estos serían los componentes con mayor prioridad para la realización del plan de mantenimiento

3.5. Desarrollo del plan de mantenimiento

La culminación del presente proyecto termina con el desarrollo de un plan de mantenimiento una vez realizado todos los análisis pertinentes, pues se inició con la determinación del estado actual mediante el desarrollo del estadístico y un análisis de la curva de la bañera ideal, así mismo se realizó el análisis modal de fallos y efectos AMFE, el cual nos ha permitido apreciar los NPR de los componentes, es decir, aquellos que requieren mayor prioridad respecto a su mantenimiento, todo esto basado en la Nota Técnica de Prevención 679.

El plan de mantenimiento estará fundamentado en la experiencia adquirida durante la academia, soporte por parte del docente tutor, y por el personal encargado del área de mantenimiento en la empresa, así también por los trabajadores que compartieron su experiencia con el manejo del elevador, obteniendo así información de relevancia para la planificación de las tareas de mantenimiento.

Es importante mencionar, que todas las tareas de mantenimiento a planificarse serán ejecutadas por parte del técnico encargado de la empresa, sin importar que se trate de una tarea de carácter mecánico o eléctrico, así como el desmontaje de toda la estructura para una limpieza general del elevador.

3.5.1. Bitácora de Mantenimiento

Una vez terminado el análisis modal de fallos y efectos AMFE, a continuación, se realizará se presentará el formato establecido para las bitácoras del elevador de cangilones, las tareas de mantenimiento para ambos elevadores son similares, solo se expondrá como ejemplo el mes con más actividades.

A continuación, para la realización de las gamas de mantenimiento, se lo realizará de manera individual para cada elevador de cangilones debido a que el tiempo de operación es diferente, entonces lógicamente las frecuencias de las tareas de mantenimiento dependerán directamente de este parámetro.

La planificación de las actividades de mantenimiento se presentará en las gamas de mantenimiento. La frecuencia que se manejará para la ejecución de cada tarea será diaria, semanal, mensual y semestral, siguiendo las instrucciones especificadas en las gamas desarrolladas.

Así también, los componentes más críticos que superen el valor promedio del NPR encontrados en el análisis AMFE tendrán prioridad en el plan de mantenimiento, respecto a la frecuencia para la ejecución de cada tarea.

Es necesario establecer un código de colores para una correcta identificación en las frecuencias de ejecución para cada tarea o actividad de mantenimiento, así como se muestra en la siguiente tabla 20.


Tabla 20: Código de colores para frecuencias de las tareas de mantenimiento.

Color	Frecuencia
	DIARIA
	SEMANAL
	MENSUAL
	SEMESTRAL

En las siguientes tablas 21 y 22, se expondrá la bitácora correspondiente al mes con más tareas de mantenimiento para cada elevador, pues el resto estará ingresado en el software que se programará.

3.5.1.1.Elevador 1 NCG

Tabla 21: Bitácora de Mantenimiento

 NUTRISALMINSA S.A.																					
Bitácora de Mantenimiento Elevador 1 NCG																					
SISTEMA:	Mecánico - Eléctrico	REALIZADO POR:	Mayra Lizeth Chimborazo Toapanta	REVISIÓN:	Ing. Mg. Christian Castro																
MÁQUINA:	Elevador 1 NCG	FECHA:	22/4/2022	APROBACIÓN:	Ing. Mg. Christian Castro																
ACTIVIDADES		MES 6																			
		Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.	Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.	Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.	Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inspección de ruidos y vibraciones anormales.																					
Revisión de tensión y alineación de la banda del elevador, cuidando que no exista interferencias entre cangilones y con los laterales de pierna, cabeza, o bota.																					
Revisión de la alineación de la polea de cabeza y de la bota.																					
Revisión general de la estructura del elevador, verificando que no exista fuga de material por grietas u orificios entre conexiones.																					
Revisión y control de nivel de aceite del reductor, desgaste engranaje.																					
Revisión, limpieza y lubricación de rodamientos y cadena, reemplazar de ser necesario.																					
Revisión y apriete de pernos de los cangilones.																					
Revisión de tolva inferior, limpiar acumulación de material.																					
Limpieza con aire a presión de superficies en general de la estructura.																					
Revisión y limpieza de pulsadores de accionamiento.																					
Revisión, limpieza y reemplazo de bobina en contactores de ser necesario.																					
Revisión y limpieza en conexión del guardamotor																					
Revisión del funcionamiento del variador de potencia, corregir configuración de ser necesario.																					
Revisión del funcionamiento de motor, conexiones eléctricas, estabilidad en soporte, caídas de tensión en línea principal. Limpieza y lubricación de partes.																					
Revisión de estado de los cangilones, reemplazar en caso de encontrar cangilones rotos o desgastados.																					
Revisión de la banda, que no exista rotura o elongación, ajustar tensión, o reemplazar.																					
Revisión de cables eléctricos, reemplazar cable rotos o quemados y verificar paso de corriente.																					
Revisión del estado de la correa, corregir desviaciones, reemplazar en caso de rotura, o excesivo desgaste.																					
Revisión y apriete de tornillo, pernos y bulones de toda la estructura del elevador.																					
Revisión de conexiones, uniones, bridas de pierna, en escalera, jaula de seguridad, plataforma de mantenimiento																					
Revisión y tensionado de cables de acero de anclaje.																					

3.5.2. Programación del Plan de Mantenimiento en un Software

El desarrollo de la programación fue en Microsoft Excel, este contendrá información obtenida por la presente investigación así también datos propuestos para el plan de mantenimiento para ambos elevadores por cangilones, donde se detallan tareas según sea la necesidad de la máquina dependiendo el tiempo de operación, todo esto a través de gamas de mantenimiento y reportes de actividades mensuales.

3.5.2.1. Manual de Usuario del Programa del Plan de Mantenimiento

Un manual de usuario es aquel documento de carácter técnico en donde se explica cómo es el manejo o funcionamiento de un programa o sistema que ha sido desarrollado como producto final de un proyecto.

En este documento se presentan los procesos que el usuario podrá realizar con el software, siendo necesario e importante detallar paso a paso cada función o característica que contenga el programa.

El siguiente manual de usuario tiene como objetivo ofrecer información importante para el correcto manejo del programa desarrollado en Microsoft Excel con el plan de mantenimiento preventivo para el sistema de transporte por cangilones, en este se detallará desde cómo se ingresa, modifica, guarda o imprime las tareas hasta cómo visualizar una gráfica de análisis de datos de las tareas del plan de mantenimiento.

A continuación, se expondrán las pantallas principales del programa y se detallará cada botón con su respectiva función en el programa.

1. Al ingresar al programa se encontrará con la interfaz de la figura 20, ahí se observarán dos botones, el de “VALIDACIÓN DE DATOS”, donde al dar clic se desplegará un formulario donde se pedirá al usuario seleccionar que tipo de usuario es y su contraseña, una vez validado los datos correctos aparecerá el mensaje “Bienvenido al Plan de Mantenimiento”, y el botón “MENÚ “aparecerá automáticamente debajo.



Figura 20: Pantalla Inicial del Programa



Figura 21: Opción “MENÚ”

2. Al dar clic en el botón “MENÚ” la siguiente interfaz aparecerá en el programa, en este se encontrará todo el contenido del software, como se observa se tendrán 4 opciones para cada elevador, “FICHA TÉCNICA”, “PLAN DE MANTENIMIENTO”, “REPORTES”,” HOJA DE VIDA” y una opción de “ANÁLISIS DE DATOS”



Figura 22: “MENÚ” del Software

- 2.1. Con la opción “FICHA TÉCNICA”, aparecerá automáticamente y en formato pdf la ficha técnica del elevador, según sea la selección, elevador 1 NCG o elevador 2 NCP.

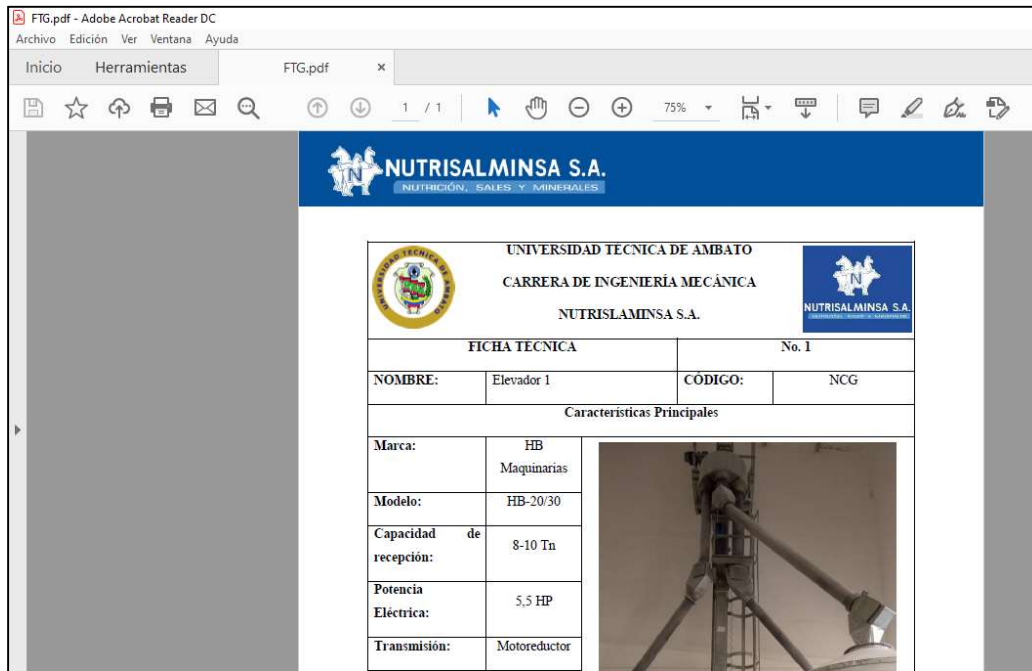


Figura 23: Ficha Técnica Elevador 1 NCG

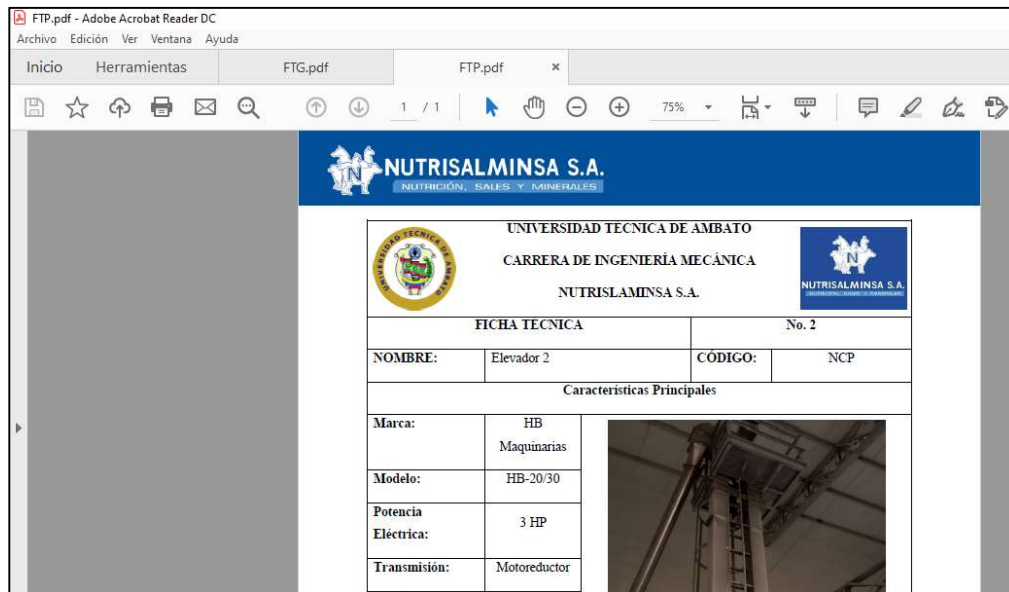


Figura 24: Ficha Técnica Elevador 2 NCP

2.2. En la opción “PLAN DE MANTENIMIENTO”, se podrá visualizar todas las tareas de mantenimiento asignadas cada mes, durante un año en cada elevador.


 NUTRISALMINSA S.A.			
PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Frecuencias:	Diaria ■ Semanal ■ Mensual ■ Semestral ■		
ACTIVIDADES	MES 1	MES 2	
	L M M J V L M M J V L M M J V L M M J V L M M J V L M M J V	L M M J V L M M J V L M M J V L M M J V L M M J V	
ELEVADOR 1 NCG	Inspección de ruidos y vibraciones anormales.		
	Revisión de tensión y alineación de la banda del elevador, cuidando que no exista interferencias entre cangilones y con los laterales de pierna, cabeza, o bota.		
	Revisión de la alineación de la polea de cabeza y de la bota.		
	Revisión general de la estructura del elevador, verificando que no exista fuga de material por grietas u orificios entre conexiones.		
	Revisión y control de nivel de aceite del reductor, desgaste engranaje.		
	Revisión, limpieza y lubricación de rodamientos y cadena, reemplazar de ser necesario.		
	Revisión y apriete de pernos de los cangilones.		
	Revisión de tolva inferior, limpiar acumulación de material.		
	Limpieza con aire a presión de superficies en general de la estructura.		
	Revisión y limpieza de pulsadores de accionamiento.		
	Revisión, limpieza y reemplazo de bobina en contactores de ser necesario.		
	Revisión y limpieza en conexión del guardamotor.		
	Revisión del funcionamiento del variador de potencia, corregir configuración de ser necesario.		
	Revisión del funcionamiento de motor, conexiones eléctricas, estabilidad en soporte, caídas de tensión en línea principal. Limpieza y lubricación de partes.		
	Revisión de estado de los cangilones, reemplazar en caso de encontrar cangilones rotos o desgastados.		
Revisión de la banda, que no exista rotura o elongación, ajustar tensión, o reemplazar.			

Figura 25: Plan de Mantenimiento Elevador 1 NCG


 NUTRISALMINSA S.A.			
PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Frecuencia:	Diaria ■ Semanal ■ Mensual ■ Semestral ■		
ACTIVIDADES	MES 1	MES 2	
	L M M J V L M M J V L M M J V L M M J V L M M J V L M M J V	L M M J V L M M J V L M M J V L M M J V L M M J V	
ELEVADOR 2 NCP	Inspección de ruidos y vibraciones anormales.		
	Revisión de tensión y alineación de la banda del elevador, cuidando que no exista interferencias entre cangilones y con los laterales de pierna, cabeza, o bota.		
	Revisión general de la estructura del elevador, verificando que no exista fuga de material		
	Revisión y control de nivel de aceite del reductor, desgaste engranaje.		
	Revisión, limpieza y lubricación de rodamientos y cadena, reemplazar de ser necesario.		
	Revisión y apriete de pernos de los cangilones.		
	Revisión de tolva inferior, limpiar acumulación de material.		
	Limpieza con aire a presión de superficies en general de la estructura.		
	Revisión y limpieza de pulsadores de accionamiento.		
	Revisión, limpieza y reemplazo de bobina en contactores de ser necesario.		
	Revisión y limpieza en conexión del guardamotor		
	Revisión del funcionamiento del variador de potencia, corregir configuración de ser necesario.		
	Revisión del funcionamiento de motor, conexiones eléctricas, estabilidad en soporte, caídas de tensión en línea principal. Limpieza y lubricación de partes.		
	Revisión de estado de los cangilones, reemplazar en caso de encontrar cangilones rotos o desgastados.		
	Revisión de la banda, que no exista rotura o elongación, ajustar tensión, o reemplazar.		
	Revisión de cables eléctricos, reemplazar cable rotos o quemados y verificar paso de corriente.		
	Revisión del estado de la correa, corregir desviaciones, reemplazar en caso de rotura,		
	Revisión y apriete de tornillo, pernos y bulones de toda la estructura del elevador.		
Revisión de conexiones, uniones, bridas de pierna, en escalera, jaula de seguridad, plataforma			

Figura 26: Plan de Mantenimiento Elevador 2 NCP

2.3. En la opción “REPORTES”, se encontrará un formato donde se registrarán las actividades de cada como bitácoras de mantenimiento, al estar en la hoja, para poder ingresar, modificar o eliminar valores como los datos del encargado de mantenimiento, seleccionar el mes correspondiente e ingreso de datos de cada tarea, ahí se deberá especificar la fecha de ejecución, el tiempo de reparación y el tiempo de parada en min, también si la tarea fue o no ejecutada, y algún comentario u observación que haya existido, para esto se deberá dar clic en “NUEVO”, después una vez llenado los valores deseados, corregidos o eliminados, los cambios podrán ser almacenados con la opción “GUARDAR”, donde si se realizó correctamente el proceso, saldrá el siguiente mensaje como confirmación “Registro de Actividad guardado con Éxito”, posterior a guardar los cambios la hoja quedara inhabilitada nuevamente. El plan de mantenimiento propuesto tendrá la opción de “IMPRIMIR”, con el cual se podrá crear e imprimir un pdf de esta bitácora, el pdf se abrirá automáticamente y será guardado en la misma dirección que se encuentra el programa, el nombre del archivo se generará con el nombre del mes y la fecha que se imprime el reporte, así “Mes 12_09052022”.

Fecha:		09/05/2022	Entrega:		09/05/2022	No. Reporte:		Mes 5	Elevador 1 NCG
Datos del Técnico de Mantenimiento									
Nombres:			Néstor Chimborazo			No. Identificación:		1234	
Teléfono:			946758327			Firma:			
Actividad	Fecha Ejecución	TR (min)	TP (min)	Ejecución	Observación/Comentario				
Inspección de ruidos y vibraciones anormales.	10/05/2022	3,00	5,00	NO	NINGUNA				
Revisión de tensión y alineación de la banda del elevador, cuidando que no exista interferencias entre canglones y con los laterales de pierna, cabeza, o bota.	08/05/2022	3,00	5,00	SI	NINGUNA				
Revisión de la alineación de la polea de cabeza y de la bota.	08/05/2022	4,00	5,00	SI	NINGUNA				
Revisión general de la estructura del elevador, verificando que no exista fuga de material por grietas u onficcios entre conexiones.	08/05/2022	4,00	4,00	SI	NINGUNA				

* TR: tiempo de reparación
* TP: tiempo de parada

Figura 27: Opción “REPORTES” -Elevador 1 NCG

2.4. En esta opción de “HOJA DE VIDA”, se visualizará de manera general todas las actividades de mantenimiento realizadas a cada elevador durante un año, esta tendrá varios datos como la fecha, tiempo de operación, de parada, de reparación y tiempo muerto, además se calcularán otros parámetros como la tasa de fallos, la disponibilidad y la fiabilidad, datos que son necesarios para realizar futuros análisis

del estado de las máquinas. Esta hoja es el almacenamiento de los reportes mensuales que se realizaron en el paso anterior, aquí según cada mes se irán guardando automáticamente.


NUTRISALMINSA S.A.				HOJA DE VIDA ELEVADOR 1 NCG								
				Elaborado por: Mayra Lizeth Chimborazo Toapanta								
Horas de trabajo al día del elevador												
MES	ACTIVIDAD	FECHAS	TO (h)	TR (h)	TP (h)	TM (h)	TMBF	MTTR	λ	u	D %	Índice de Fiabilidad
							$\frac{\sum TO}{n}$	$\frac{\sum TR}{n}$	$\lambda = \frac{1}{TMBF}$	$u = \frac{1}{MTTR}$	$D = \frac{\sum TMBF}{\sum TMBF + \sum MTTR}$	$R(t) = e^{-\lambda t}$
	Inicio de Actividades	01/01/2021										
	Inspección visual de ruidos y vibraciones anormales.	08/09/2022										
	Inspección general a toda la estructura.	08/09/2022										
	Revisión de tensión y alineación de la banda del elevador, cuidando que no exista interferencias entre cangilones y con los laterales de pierna, cabeza, o bota.	09/09/2022	4,00	0,35	0,42	0,07						
	Revisión de la alineación de la polea de cabeza y de la bota.	10/09/2022										
	Revisión general de la estructura del elevador, verificando que no exista fuga de material por grietas u orificios entre conexiones.	10/09/2022										
	Revisión y control de nivel de aceite del reductor, desgaste engranaje.	15/09/2022	3,58	0,18	0,18	0,00						
	Revisión, limpieza y lubricación de rodamientos y cadena, reemplazar de ser necesario.	25/09/2022										
	Revisión y apriete de pernos de los cangilones.											
	Revisión de tolva inferior, limpiar acumulación de material.											
	Limpieza con aire a presión de superficies en general de la estructura.		3,40	0,00	0,00	0,00						
	Limpieza y limpieza de pulsadores de accionamiento.											
1	Revisión, limpieza y reemplazo de bobina en contactores de ser necesario.						3,53	0,09	0,28	11,25	0,98	0,0005
	Revisión y limpieza en conexión del guardamotor											

Figura 28: Opción “HOJA DE VIDA”– Elevador 1 NCG

2.5. Finalmente, en la opción “ANÁLISIS DE DATOS”, se visualizará una gráfica de la curva de la bañera vulgar, representará la tasa de fallos frente al tiempo de operación que tendrán cada máquina, al seleccionar “Elevador 1 NCG” o “Elevador 2NCP”, la gráfica representará los datos correspondientes. Es importante mencionar que esta gráfica permitirá ir analizando de manera simultánea con las actividades de mantenimiento que se realicen en qué estado se irá encontrando la máquina a medida que avance el tiempo, apreciando así las etapas de fallos que se puede presentar.

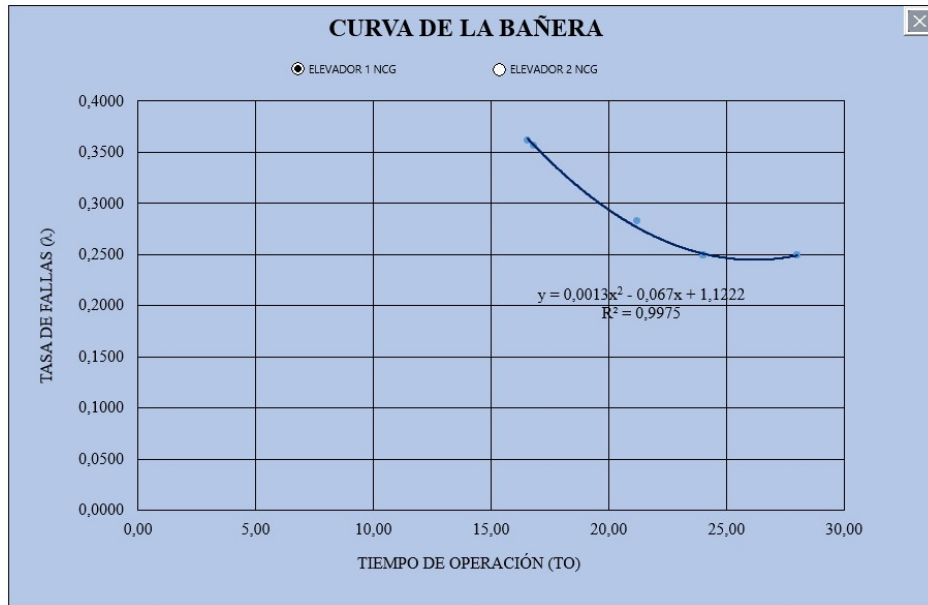


Figura 29: Curva de la Bañera opción “Elevador 1 NCG”

3. Todas las hojas que contiene el programa tendrán la opción de salir, la cual se podrá activar al dar clic en la opción “X”, esta se encuentra en la esquina superior derecha de toda hoja, esta opción cerrará la hoja actual y le regresará al usuario a la hoja de MENÚ, en donde podrá seleccionar cualquier opción nuevamente. Para cerrar el software totalmente y guardar automáticamente los cambios se tiene la opción “Cerrar Sesión” la cual esta en la hoja PRINCIPAL del programa, para regresar a esta hoja, se deberá primero cerrar la hoja de MENU.



Figura 30: Opción “X”, para cerrar hojas

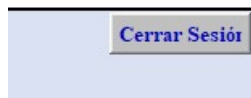


Figura 31: Opción “Cerrar Sesión”, para cerrar Programa

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- En la empresa NUTRISALMINSA S.A. sí presentaba un plan de mantenimiento para sus máquinas ejecutadas por el encargado del mantenimiento cada cierto tiempo. Sin embargo, estas tareas eran registradas y controladas de manera manual, también se constató a través de la información proporcionada por el personal correspondiente que las tareas de mantenimiento no eran las necesarias para cuidar la vida útil de las máquinas, pues se debió tomar prioridades para cada una de las mismas, basándose en un análisis donde se tenga en cuenta tiempos de operación, tiempos de parada y otros parámetros. En general, la tecnología y el contenido que manejaba el plan de mantenimiento necesitaban asistencia técnica.

- El reconocimiento y documentación de ambos elevadores se realizó con el fin de obtener datos actuales del estado de las máquinas, también para identificar sistemas, componentes y sus respectivas funciones, información que se encuentra expuesta en este documento. Se realizó el estadístico para el elevador 1 NCG y 2 NCP, pues su tiempo de operación es de 4 horas/semana y 40/semanas respectivamente y a pesar de tener las mismas tareas de mantenimiento, la disponibilidad y fiabilidad variarían por el período de operación de cada una. A partir de la curva de bañera se pudo apreciar que los dos elevadores están en la primera etapa de esta curva, la de fallos infantiles frente a tiempos de operación bajos, obteniéndose para el elevador 1 NCG una fiabilidad alta en los primeros meses del años, concluyendo que mientras se incrementa el tiempo de operación se pasa de la primera etapa de la curva de la bañera a la segunda en donde se tiene un funcionamiento normal con una tasa de fallos casi constante, así también se tiene una fiabilidad menor.

- Se realizó el análisis Modal de Fallos y Efectos AMFE basándose en la Nota Técnica de Prevención NTP 679, en este análisis se establecieron varias características como: fallos funcionales, modo de fallo, causa raíz del fallo, efecto, la gravedad, su

frecuencia, grado de detectabilidad y recomendación que presenten cada componente. Con lo cual se brinda más facilidad para detectar los diferentes fallos en la máquina y también priorizar tareas según la necesidad de cada componente.

- Como resultado del análisis AMFE para el sistema mecánico de los dos elevadores se obtuvo los siguientes NPR más críticos tomados a partir de la media: banda del elevador con un NPR=360, cangilón con un NPR=288, chumaceras con un NPR=168, polea de la cabeza con un NPR= 180, polea de la bota con un NPR=180, cadena con un NPR=105, tolva inferior con un NPR=108 y tubos de descarga con un NPR= 126.
- Los resultados del análisis AMFE para el sistema eléctrico obtenidos fueron para el motor trifásico un NPR= 120, contactor térmico un NPR=56, guardamotor un NPR=135 y para el variador de potencia un NPR=90.
- La realización del programa con el plan de mantenimiento se realizó en Microsoft Excel, pues este ofrece múltiples opciones de programación como lo es Macros y Visual Basic para un mejor diseño y control de funciones del plan. Este programa presentará las gamas y bitácoras que se manejarán para cada elevador, se podrán imprimir reportes de tareas mensualmente, su acceso estará protegido mediante validación de usuario y contraseña, para evitar alguna modificación o cambio no deseado en el programa. El propósito de este programa es mejorar el mantenimiento desde su planeación, registro, y hasta su ejecución mediante herramientas tecnológicas.

4.2. Recomendaciones

- El éxito del desarrollo del plan de mantenimiento preventivo se basa en toda la información que se pueda recabar de las máquinas en estudio, pues esto ayudará a tener una mejor perspectiva inicial de cuál es el estado de cada máquina y de esta manera las decisiones a tomar serían las más acertadas. Por lo cual se recomienda que las mejores fuentes de información serían los operarios y los técnicos encargados del mantenimiento.
- En la elaboración del estadístico se debe tratar en lo posible de conseguir datos muy recientes, pues de esta manera se podrá realizar un análisis de la curva de la bañera correcto, identificando la etapa de fallos en la que en realidad se encuentra la máquina en la actualidad.
- En la matriz AMFE se deben analizar de manera minuciosa las fallas y posibles fallas de los componentes, esto con la información histórica proporcionada por el personal pertinente de la empresa. Se debe tener presente que de esta matriz se obtienen los componentes más susceptibles para la elaboración del plan de manteniendo.
- Es importante controlar la seguridad del programa, evitando modificaciones que afecten su funcionamiento. Se recomienda validar datos antes de su ingreso.
- Se recomienda a la empresa NUTRISALMINA S.A. implementar un Plan de Mantenimiento Preventivo para el sistema de elevador por cangilones a través del software Microsoft Excel, y de esta forma mejorar el control de la información de cada tarea de mantenimiento preventivo de las máquinas.

5. Referencias

- [1] A. Amaguaña, «DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ASCENSOR DEL EDIFICIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO,» UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO, AMBATO , 2021.
- [2] L. Tafur, «PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA DE LA EMPRESA TENER ÍA DÍAZ BASADA EN LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 2393 DEL REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO,» UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO, AMBATO, 2019.
- [3] F. Freire, «DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO MEDIANTE LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL PARA LAS INYECTORAS HORIZONTALES DE POLÍMEROS EN LA EMPRESA INGENIERÍA DISEÑO DE SUELAS,» UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO, AMBATO, 2019.
- [4] F. Sánchez, Mantenimiento Mecánico de Máquinas, Madrid: Castelló de la plana, 2007.
- [5] O. García, Gestion Moderna del Mantenimiento Industrial, Colombia: Ediciones de la U, 2012.
- [6] C. Boero, Mantenimiento Industrial, Argentina: Córdoba:Universitas, 2020.
- [7] L. N. Elola, Gestion Integral de Mantenimiento, España: Marcombo.
- [8] U.-E. 13306, «Terminología de Mantenimiento,» AENOR, España, 2002.
- [9] J. D. Navarro, Técnicas de Mantenimiento Industrial, España: Universidad de Cadiz, 2004.
- [10] N. 679, «Análisis modal de fallos y efectos AMFE,» Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid, 2004.
- [11] J. L. Ceped, «Elaboración de un plan de mantenimiento basado en el Mantenimiento Productivo Total (TPN) para la maquinaria de recuperación de turbinas de CIRT,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.

- [12] N. M. Ramírez, «Transportadores Industriales,» Universidad de Camaguey, Cuba, 2011.
- [13] S. SWEET, «ELEVADORES DE CANGILONES,» Leffel Lane, Ohio, 2013.
- [14] J. Á. M. Márquez, Mantenimiento Técnicas y Aplicación Industriales, México: Patria S.A., 2017.
- [15] O. Analuiza, «Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria de la empresa Tenería Díaz basada en los lineamientos del Decreto 2393 del reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [16] J. López, «Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para el área de inyección de la empresa sistema de Asientos American de la ciudad de Ambato,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2021.
- [17] R. H. Sampieri, Metodología de la Investigación, México: McGRAW-HILL, 2014.
- [18] N. Chimborazo, «Cronograma de mantenimiento Preventivo- Correctivo Nutrisalminza 2021,» AMBATO, 2021.
- [19] MFS-YORK-STORMOR-BROWNIE, «MANUAL CONSTRUCTIVO PARA EL PROPIETARIO Y EL OPERADOR,» Growth International, Nebraska , 2017.
- [20] METALTECO, «ELEVADOR DE CANGILONES, MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO,» METALTECO, Santander, 2022.
- [21] A. P. G. Francisco T. Sanchez Marin, «Mantenimiento Preventivo,» de *MANTENIMIENTO MECÁNICO DE MÁQUINAS*, España, Castello de la Plana, 2007, pp. 10-12.
- [22] I. G. -. D. Pontelli, Mantenimiento Industrial, Argentina: Córdoba: Universitas, 2020.
- [23] F. J. Raya, Mantenimiento Preventivo de sistemas de Automatizacion Industrial, España: ic Editorial, 2015.
- [24] A. Thomas, «Gantt Project,» Mayo 2004. [En línea]. Available: <https://docplayer.es/20669433-Manual-del-usuario-ganttproject.html>. [Último acceso: 26 Octubre 2021].

Anexo

NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE

Analyse des modes de défauts et effets. AMDE

Failure Mode and Effect Analysis. FMEA

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactores:

Manuel Bestratén Belloví
Ingeniero Industrial

Rosa M^a Orriols Ramos
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Carles Mata París
Ingeniero Técnico

SEAT, S.A.

La presente NTP tiene por objeto exponer el método de análisis modal de fallos y efectos de elementos clave de procesos o productos. Esta herramienta es una de las tradicionales empleadas en el ámbito de la Calidad para la identificación y análisis de potenciales desviaciones de funcionamiento o fallos, preferentemente en la fase de diseño. Se trata de un método cualitativo que por sus características, resulta de utilidad para la prevención integral de riesgos, incluidos los laborales.

1. INTRODUCCIÓN

El AMFE fue aplicado por vez primera por la industria aeronáutica en la década de los 60, e incluso recibió una especificación en la norma militar americana MIL-STD-16291 titulada "Procedimientos para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad". En la década de los 70 lo empezó a utilizar Ford, extendiéndose más tarde al resto de fabricantes de automóviles. En la actualidad es un método básico de análisis en el sector del automóvil que se ha extrapolado satisfactoriamente a otros sectores. Este método también puede recogerse con la denominación de AMFEC (Análisis Modal de Fallos, Efectos y su Criticidad), al introducir de manera remarcable y más precisa la especial gravedad de las consecuencias de los fallos.

Aunque la técnica se aplica fundamentalmente para analizar un producto o proceso en su fase de diseño, este método es válido para cualquier tipo de proceso o situación, entendiéndose que los procesos se encuentran en todos los ámbitos de la empresa, desde el diseño y montaje hasta la fabricación, comercialización y la propia organización en todas las áreas funcionales de la empresa. Evidentemente, este método a pesar de su enorme sencillez es usualmente aplicado a elementos o procesos clave en donde los fallos que pueden acontecer, por sus consecuencias puedan tener repercusiones importantes en los resultados esperados. El principal interés del AMFE es el de resaltar los puntos críticos con el fin de eliminarlos o establecer un sistema preventivo (medidas correctoras) para evitar su aparición o minimizar sus consecuencias, con lo que se puede convertir en un riguroso procedimiento de detección de efectos potenciales, si se aplica de manera sistemática.

La aplicación del AMFE por los grupos de trabajo implicados en las instalaciones o procesos productivos de los que son en parte conductores o en parte usuarios en sus diferentes aspectos, aporta un mayor conocimiento de los mismos y sobre todo de sus aspectos más débiles, con las consiguientes medidas preventivas a aplicar para su necesario control. Con ello se está facilitando la integración de la cultura preventiva en la empresa, descubriéndose que mediante el trabajo en equipo es posible profundizar de manera ágil en el conocimiento y mejoramiento de la calidad de productos y procesos reduciendo costes.

En la medida que el propósito del AMFE consiste en sistematizar el estudio de un proceso/producto, identificar los puntos de fallo potenciales, y elaborar planes de acción para combatir los riesgos, el procedimiento, como se verá, es asimilable a otros métodos simplificados empleados en prevención de riesgos laborales. Este método emplea criterios de clasificación que también son propios de la Seguridad en el Trabajo, como la posibilidad de acontecimiento de los fallos o hechos indeseados y la severidad o gravedad de sus consecuencias. Ahora bien, el AMFE introduce un factor de especial interés no utilizado normalmente en las evaluaciones simplificadas de riesgos de accidente, que es la capacidad de detección del fallo producido por el destinatario o usuario del equipo o proceso analizado, al que el método originario denomina cliente. Evidentemente tal cliente o usuario podrá ser un trabajador o equipo de personas que receptionan en un momento determinado un producto o parte del mismo en un proceso productivo, para intervenir en él, o bien en último término, el usuario final de tal producto cuando haya de utilizarlo en su lugar de aplicación. Es sabido que los fallos materiales suelen estar mayoritariamente asociados en su origen a la fase de diseño y cuanto más se tarde en detectarlos más costosa será su solución. De ahí la importancia de realizar el análisis de potenciales problemas en instalaciones, equipos y procesos desde el inicio de su concepción y pensando siempre en las diferentes fases de su funcionamiento previsto. A continuación se aportan una serie de definiciones sobre los conceptos asumidos por este método.

Este método no considera los errores humanos directamente, sino su correspondencia inmediata de mala operación en la situación de un componente o sistema. En definitiva, el AMFE es un método cualitativo que permite relacionar de manera sistemática una relación de fallos posibles, con sus consiguientes efectos, resultando de fácil aplicación para analizar cambios en el diseño o modificaciones en el proceso.

2. DEFINICIONES DE TÉRMINOS FUNDAMENTALES DEL AMFE

Como paso previo a la descripción del método y su aplicación es necesario sentar los términos y conceptos fundamentales, que a continuación se describen.

Cliente o usuario

Solemos asociar la palabra cliente al usuario final del producto fabricado o el destinatario-usuario del resultado del proceso o parte del mismo que ha sido analizado. Por lo tanto, en el AMFE, el cliente dependerá de la fase del proceso o del ciclo de vida del producto en el que apliquemos el método. La situación más crítica se produce cuando un fallo generado en un proceso productivo que repercute decisivamente en la calidad de un producto no es controlado a tiempo y llega en tales condiciones al último destinatario o cliente.

Si uno de los aspectos determinantes del método es asegurar la satisfacción de las necesidades de los usuarios, evitando los fallos que generan problemas e insatisfacciones, para conocerlas es necesario tener herramientas que nos permitan registrarlas. Para ello disponemos, entre otras, de dos herramientas: los cuestionarios de satisfacción de necesidades de clientes o usuarios y la doble matriz de información para comprobar como los resultados esperados de productos/procesos responden a las expectativas de sus usuarios.

El propósito del diseño, o sea lo que se espera se consiga o no del mismo, debe estar acorde con las necesidades y requisitos que pide el usuario; con lo que al realizar el AMFE y aplicarlo en la fase de diseño siempre hay que pensar en el cliente-usuario, ese "quien", es el que nos marca el objetivo final.

Es por eso que las funciones prioritarias al realizar el AMFE son las denominadas "funciones de servicio", este tipo de funciones nos permitirán conocer el susodicho grado de satisfacción del cliente tanto de uso del producto como de estimación (complacencia). Las "funciones de servicio" son necesidades directas de los sistemas analizados y no dependen solo de la tecnología, es por eso que para determinarlas hay que analizar, como se ha dicho, dos aspectos: las necesidades que se tienen que satisfacer y el impacto que tienen sobre el cliente dichas necesidades. Esto nos permitirá determinar y priorizar las funciones de servicio y a partir de ahí realizar el AMFE.

Producto

El producto puede ser una pieza, un conjunto de piezas, el producto final obtenido de un proceso o incluso el mismo proceso. Lo importante es poner el límite a lo que se pretende analizar y definir la función esencial a realizar, lo que se denomina identificación del elemento y determinar de que subconjuntos / subproductos está compuesto el producto

Por ejemplo: podemos analizar un vehículo motorizado en su conjunto o el sistema de carburación del mismo. Evidentemente, según el objetivo del AMFE, podrá ser suficiente revisar las funciones esenciales de un producto o profundizar en alguna de sus partes críticas para analizar en detalle sus modos de fallo.

Seguridad de funcionamiento

Hablamos de seguridad de funcionamiento como concepto integrador, ya que además de la fiabilidad de respuesta a sus funciones básicas se incluye la conservación, la disponibilidad y la seguridad ante posibles riesgos de daños tanto en condiciones normales en el régimen de funcionamiento como ocasionales. Al analizar tal seguridad de funcionamiento de un producto/proceso, a parte de los mismos, se habrán de detectar los diferentes modos o maneras de producirse los fallos previsible con su detectabilidad (facilidad de detección), su frecuencia y gravedad o severidad, y que a continuación se definen.

Detectabilidad

Este concepto es esencial en el AMFE, aunque como se ha dicho es novedoso en los sistemas simplificados de evaluación de riesgos de accidente.

Si durante el proceso se produce un fallo o cualquier "output" defectuoso, se trata de averiguar cuan probable es que no lo "detectemos", pasando a etapas posteriores, generando los consiguientes problemas y llegando en último término a afectar al cliente – usuario final.

Cuanto más difícil sea detectar el fallo existente y más se tarde en detectarlo más importantes pueden ser las consecuencias del mismo.

Frecuencia

Mide la repetitividad potencial u ocurrencia de un determinado fallo, es lo que en términos de fiabilidad o de prevención llamamos la probabilidad de aparición del fallo.

Gravedad

Mide el daño normalmente esperado que provoca el fallo en cuestión, según la percepción del cliente - usuario. También cabe considerar el daño máximo esperado, el cual iría asociado también a su probabilidad de generación.

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Tal índice está basado en los mismos fundamentos que el método histórico de evaluación matemática de riesgos de FINE, William T., si bien el índice de prioridad del AMFE incorpora el factor detectabilidad. Por tanto, tal índice es el producto de la frecuencia por la gravedad y por la detectabilidad, siendo tales factores traducibles a un código numérico adimensional que permite priorizar la urgencia de la intervención, así como el orden de las acciones correctoras. Por tanto debe ser calculado para todas las causas de fallo.

$$IPR = D.G.F$$

Es de suma importancia determinar de buen inicio cuales son los puntos críticos del producto/proceso a analizar. Para ello hay que recurrir a la observación directa que se realiza por el propio grupo de trabajo, y a la aplicación de técnicas generales de análisis desde el "brainstorming" a los diagramas causa-efecto de Isikawa, entre otros, que por su sencillez son de conveniente utilización. La aplicación de dichas técnicas y el grado de profundización en el análisis depende de la composición del propio grupo de trabajo y de su cualificación, del tipo de producto a analizar y como no, del tiempo hábil disponible.

3. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

A continuación se indican de manera ordenada y esquemática los pasos necesarios con los correspondientes informaciones a cumplimentar en la hoja de análisis para la aplicación del método AMFE de forma genérica. El esquema de presentación de la información que se muestra en esta NTP tiene un valor meramente orientativo, pudiendo adaptarse a las características e intereses de cada organización. No obstante, el orden de cumplimentación sigue el mismo en el que los datos deberán ser recabados. Al final se adjunta una sencilla aplicación práctica, a modo de ejemplo. En primer lugar habría que definir si el AMFE a realizar es de proyecto o de producto/proceso. Cuando el AMFE se aplica a un proceso de-

terminado, hay que seleccionar los elementos clave del mismo asociados al resultado esperado. Por ejemplo, supongamos que se trata de un proceso de intercambio térmico para enfriar un reactor químico, los elementos clave a aplicar entonces en el AMFE podrían ser el propio intercambiador y la bomba de suministro de fluido refrigerante. En todo caso, hablemos de producto o proceso, en el AMFE nos centraremos en el análisis de elementos materiales con unas características determinadas y con unos modos de fallo que se trata de conocer y valorar.

Denominación del componente e identificación

Debe identificarse el PRODUCTO o parte del PROCESO incluyendo todos los subconjuntos y los componentes que forman parte del producto/proceso que se vaya a analizar, bien sea desde el punto de vista de diseño del producto/proyecto o del proceso propiamente dicho. Es útil complementar tal identificación con códigos numéricos que eviten posibles confusiones al definir los componentes.

Parte del componente. Operación o función

Se completa con distinta información dependiendo de si se está realizando un AMFE de diseño o de proceso.

Para el AMFE de diseño se incluyen las partes del componente en que puede subdividirse y las funciones que realiza cada una de ellas, teniendo en cuenta las interconexiones existentes. Para el AMFE de proceso se describirán todas las operaciones que se realizan a lo largo del proceso o parte del proceso productivo considerado, incluyendo las operaciones de aprovisionamiento, de producción, de embalaje, de almacenado y de transporte.

Fallo o Modo de fallo

El "Modo de Fallo Potencial" se define como la forma en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de diseño/proceso, los requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente.

Los modos de fallo potencial se deben describir en términos "físicos" o técnicos, no como síntoma detectable por el cliente. El error humano de acción u omisión en principio no es un modo de fallo del componente analizado. Es recomendable numerarlos correlativamente.

Un fallo puede no ser detectable inmediatamente, ello como se ha dicho es un aspecto importante a considerar y por tanto no debería nunca pasarse por alto.

Efecto/s del fallo

Normalmente es el síntoma detectado por el cliente/usuario del modo de fallo, es decir si ocurre el fallo potencial como lo percibe el cliente, pero también como repercute en el sistema. Se trata de describir las consecuencias no deseadas del fallo que se puede observar o detectar, y siempre deberían indicarse en términos de rendimiento o eficacia del producto/proceso. Es decir, hay que describir los síntomas tal como lo haría el propio usuario.

Cuando se analiza solo una parte se tendrá en cuenta la repercusión negativa en el conjunto del sistema, para así poder ofrecer una descripción más clara del efecto.

Si un modo de fallo potencial tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirán los más graves.

Causas del modo de fallo

La causa o causas potenciales del modo de fallo están en el origen del mismo y constituyen el indicio de una debilidad del diseño cuya consecuencia es el propio modo de fallo.

Es necesario relacionar con la mayor amplitud posible todas las causas de fallo concebibles que pueda asignarse a cada modo de fallo. Las causas deberán relacionarse de la forma más concisa y completa posible para que los esfuerzos de corrección puedan dirigirse adecuadamente. Normalmente un modo de fallo puede ser provocado por dos o más causas encadenadas.

Ejemplo de AMFE de diseño:

Supongamos que estamos analizando el tubo de escape de gases de un automóvil en su proceso de fabricación.

- Modo de fallo: Agrietado del tubo de escape
Efecto: Ruido no habitual
Causa: Vibración – Fatiga

Ejemplo AMFE de proceso:

Supongamos que estamos analizando la función de refrigeración de un reactor químico a través de un serpentín con aporte continuo de agua.

- Modo de fallo 1: Ausencia de agua.
Causas: fallo del suministro, fuga en conducción de suministro, fallo de la bomba de alimentación.
- Modo de fallo 2: Pérdida de capacidad refrigerante.
Causas: Obstrucciones calcáreas en el serpentín, perforación en el circuito de refrigeración.

Efecto en ambos modos de fallo: Incremento sustancial de temperatura. Descontrol de la reacción

Medidas de ensayo y control previstas

En muchos AMFE suele introducirse este apartado de análisis para reflejar las medidas de control y verificación existentes para asegurar la calidad de respuesta del componente/producto/proceso. La fiabilidad de tales medidas de ensayo y control condicionará a su vez a la frecuencia de aparición de los modos de fallo. Las medidas de control deberían corresponderse para cada una de las causas de los modos de fallo.

Gravedad

Determina la importancia o severidad del efecto del modo de fallo potencial para el cliente (no teniendo que ser este el usuario final); valora el nivel de consecuencias, con lo que el valor del índice aumenta en función de la insatisfacción del cliente, la degradación de las prestaciones esperadas y el coste de reparación.

Este índice sólo es posible mejorarlo mediante acciones en el diseño, y no deberían afectarlo los controles derivados de la propia aplicación del AMFE o de revisiones periódicas de calidad.

El cuadro de clasificación de tal índice debería diseñarlo cada empresa en función del producto, servicio, proceso en concreto. Generalmente el rango es con números enteros, en la tabla adjunta la puntuación va del 1 al 10, aunque a veces se usan rangos menores (de 1 a 5), desde una pequeña insatisfacción, pasando por una degradación funcional en el uso, hasta el caso más grave de no adaptación al uso, problemas de seguridad o infracción reglamentaria importante. Una clasificación tipo podría ser la representada en la tabla 1

TABLA 1. Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/usuario

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observaría un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, la gravedad valora las consecuencias de la materialización del riesgo, entendiéndolas como el accidente o daño más probable/habitual. Ahora bien, en el AMFE se enriquece este concepto introduciendo junto a la importancia del daño del tipo que sea en el sistema, la percepción que el usuario-cliente tiene del mismo. Es decir, el nivel de gravedad del AMFE nos está dando también el grado de importancia del fallo desde el punto de vista de sus peores consecuencias, tanto materiales como personales u organizacionales.

Siempre que la gravedad esté en los niveles de rango de gravedad superior a 4 y la detectabilidad sea superior a 4, debe considerarse el fallo y las características que le corresponden como importantes. Aunque el IPR resultante sea menor al especificado como límite, conviene actuar sobre estos modos de fallo. De ahí que cuando al AMFE se incorpora tal atención especial a los aspectos críticos, el método se conozca como AMFEC, correspondiendo la última letra a tal aspecto cuantificable de la criticidad

Estas características de criticidad se podrían identificar con algún símbolo característico (por ej. Un triángulo de diferentes colores) en la hoja de registro del AMFE, en el plan de control y en el plano si corresponde.

Frecuencia

Es la Probabilidad de que una causa potencial de fallo (causa específica) se produzca y dé lugar al modo de fallo.

Se trata de una evaluación subjetiva, con lo que se recomienda, si se dispone de información, utilizar datos históricos o estadísticos. Si en la empresa existe un Control Estadístico de Procesos es de gran ayuda para poder objetivar el valor. No obstante, la experiencia es esencial. La frecuencia de los modos de fallo de un producto final con funciones clave de seguridad, adquirido a un proveedor, debería ser suministrada al usuario, como punto de partida, por dicho proveedor. Una posible clasificación se muestra en la tabla 2.

La única forma de reducir el índice de frecuencia es:

- Cambiar el diseño, para reducir la probabilidad de que el fallo pueda producirse.
- Incrementar o mejorar los sistemas de prevención y/o control que impiden que se produzca la causa de fallo.

Controles actuales

En este apartado se deben reflejar todos los controles existentes actualmente para prevenir las causas del fallo y detectar el efecto resultante.

Detectabilidad

Tal como se definió anteriormente este índice indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, sea detectado con antelación suficiente para evitar daños, a través de los "controles actuales" existentes a tal fin. Es decir, la capacidad de de-

TABLA 2. Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

TABLA 3. Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

tecar el fallo antes de que llegue al cliente final. Inversamente a los otros índices, cuanto menor sea la capacidad de detección mayor será el índice de detectabilidad y mayor el consiguiente Índice de Riesgo, determinante para priorizar la intervención. Ver la tabla 3.

Se hace necesario aquí puntualizar que la detección no significa control, pues puede haber controles muy eficaces pero si finalmente la pieza defectuosa llega al cliente, ya sea por un error, etc., la detección tendrá un valor alto. Aunque está claro que para reducir este índice sólo se tienen dos opciones:

- Aumentar los controles. Esto supone aumentar el coste con lo que es una regla no prioritaria en los métodos de Calidad ni de Prevención.
- Cambiar el diseño para facilitar la detección.

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Es el producto de los tres factores que lo determinan. Dado que tal índice va asociado a la prioridad de intervención, suele llamarse Índice de Prioridad del Riesgo. Debe ser calculado para todas las causas de fallo. No se establece un criterio de clasificación de tal índice. No obstante un IPR inferior a 100 no requeriría intervención salvo que la mejora fuera fácil de introducir y contribuiría a mejorar aspectos de calidad del producto, proceso o trabajo. El ordenamiento numérico de las causas de modos de fallo por tal índice ofrece una primera aproximación de su importancia, pero es la reflexión detenida ante los factores que las determinan, lo que ha de facilitar la toma de decisiones para la acción preventiva. Como todo método cualitativo su principal aportación es precisamente el facilitar tal reflexión.

Acción correctora

Se describirá en este apartado la acción correctora propuesta. Generalmente el tipo de acción correctora que elegiremos seguirá los siguientes criterios, de ser posible:

- Cambio en el diseño del producto, servicio o proceso general.
- Cambio en el proceso de fabricación.
- Incremento del control o la inspección.

Siempre hay que mirar por la eficiencia del proceso y la minimización de costes de todo tipo, generalmente es más económico reducir la probabilidad de ocurrencia de fallo que dedicar recursos a la detección de fallos. No obstante, la gravedad de las consecuencias del modo de

fallo debería ser el factor determinante del índice de prioridad del riesgo. O sea, si se llegara al caso de dos situaciones que tuvieran el mismo índice, la gravedad sería el factor diferencial que marcaría la prioridad.

Responsable y plazo

Como en cualquier planificación de acciones correctoras se deberá indicar quien es el responsable de cada acción y las fechas previstas de implantación.

Acciones implantadas

Este apartado es opcional, no siempre lo contienen los métodos AMFE, pero puede ser de gran utilidad recogerlo para facilitar el seguimiento y control de las soluciones adoptadas. Se deben reflejar las acciones realmente im-

TABLA 4. Proceso de actuación para la realización de un AMFE de proceso

1. Disponer de un esquema gráfico del proceso productivo (lay-out).
2. Seleccionar procesos/operaciones clave para el logro de los resultados esperados.
3. Crear grupo de trabajo conocedor del proceso en sus diferentes aspectos. Los miembros del grupo deberían haber recibido previamente conocimientos de aplicación de técnicas básicas de análisis de fallos y del AMFE.
4. Recabar información sobre las premisas generales del proceso, funciones de servicio requeridas, exigencias de seguridad y salud en el trabajo y datos históricos sobre incidentes y anomalías generadas.
5. Disponer de información sobre prestaciones y fiabilidad de elementos clave del proceso.
6. Planificar la realización del AMFE, conducido por persona conocedora de la metodología.
7. Aplicar técnicas básicas de análisis de fallos. Es esencial el diagrama causa- efecto o diagrama de la espina de Isikawa.
8. Cumplimentar el formulario del AMFE, asegurando la fiabilidad de datos y respuestas por consenso.
9. Reflexionar sobre los resultados obtenidos y emitir conclusiones sobre las intervenciones de mejora requeridas.
10. Planificar las correspondientes acciones de mejora.

TABLA 5. Ejemplo de formulario de AMFE cumplimentado parcialmente para el análisis de operaciones de soldadura y marcado del proceso de prensas y chapistería

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)																		
AMFE DE PROYECTO <input type="checkbox"/>		AMFE DE PROCESO <input type="checkbox"/>		DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE		Hoja:								
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN		FECHA INICIO: FECHA REVISIÓN:								
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO Nº	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL			ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA								
		MODOS DE FALLO	EFFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G			D	IPR	F	G	D	IPR			
Soldadura MIG	1.1	Falta soldadura	Retrabajos, ruidos, falta de rigidez	Defectos de acoplamiento	Ninguna	8	8	2	128	Previstos grupos y aprietes en zona MIG	Proceso Chapa / Anteproyecto							
	1.2			Pestañas fuera de geometría	Ninguna	8	8	2	128	Pestañas bien diseñadas para garantizar geometría	Proyectos / Anteproyecto							
	1.3	Soldadura defectuosa	Agujeros en chapa	Desacoplamiento chapas	Ninguna	8	8	2	128	Garantizar geometrías y acoplamientos	Proceso Chapa / Anteproyecto							
	1.4	Mala calidad de soldadura	Retrabajos, ruidos, grietas	Parámetros de soldadura incorrectos	Ninguna	2	9	8	144	Acceso restringido a los parámetros de máquina. Control periódico de los mismos.	Proceso Chapa / Anteproyecto							
	1.5	Proyecciones suciedad poros	Óxido, suciedad en bajos en pinturas	Falta de gas. Malos parámetros	Ninguna	6	8	7	336	Incorporar medios en la estación para eliminar suciedad.	Proceso Chapa / Anteproyecto							
	1.6	Deslumbramiento	Problemas de visión de los operarios	Ausencia de vallas oscuras	Ninguna	10	8	2	160	Colocar pantallas de protección en zonas de soldadura MIG	Proceso Chapa / Anteproyecto							
	1.7			Ausencia de puertas oscuras	Ninguna	10	8	2	160	Colocar puertas de protección para no deslumbrar	Proceso Chapa / Anteproyecto							
	1.8	Exceso de humos	Exposición a agentes químicos	Campanas de humos ubicadas muy alejadas de la zona de emanación del humo.	Ninguna	6	8	4	192	Colocar campanas de aspiración justo al lado de la fuente del humo.	Proceso Chapa / Anteproyecto							
	1.9	Exceso de fuego	Proyecciones	No hay protección	Ninguna	6	5	6	180	Caja de latón que protege chapa y la máquina, todo ello en sus partes vistas.	Proceso Chapa / Anteproyecto							

plantadas que a veces puede ser que no coincidan exactamente con las propuestas inicialmente. En tales situaciones habría que recalcular el nuevo IPR para comprobar que está por debajo del nivel de actuación exigido.

A modo de resumen los puntos más importantes para llevar a cabo el procedimiento de actuación de un AMFE son los descritos en la tabla 4.

A título de ejemplo se muestra en la tabla 5 una hoja para la recogida de informaciones y datos de un AMFE, de acuerdo al contenido de esta Nota Técnica de Prevención. Se ha cumplimentado para una hipotética situación de análisis de la operación de soldadura mix en el proceso de prensas y chapistería de una empresa de fabricación de automóviles.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) PAUL JAMES.
Gestión de la Calidad Total
Prentice Hall, 1996
- (2) PATRICK LYONNET
Los métodos de la Calidad Total
Ediciones Diaz de Santos, 1989
- (3) DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL
Métodos cualitativos para el análisis de riesgos. Guía Técnica.
Madrid, 1994

Nuestro agradecimiento a los Servicios de Prevención de Riesgos Laborales y de Calidad de la empresa SEAT, de Martorell (Barcelona), por su colaboración.