

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**ÁREA
SISTEMAS PRODUCTIVOS**

**TEMA
“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PARA LAS MÁQUINAS DE LA EMPRESA
QUIMICAMP DEL ECUADOR S.A. UBICADA EN LA
CIUDAD DE GUAYAQUIL”**

**AUTOR
ROMERO LOZANO MIGUEL ÁNGEL**

**DIRECTOR DEL TRABAJO
ING. IND. MOLESTINA MALTA CARLOS JULIO, MSC.**

**2015
GUAYAQUIL – ECUADOR**

“La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Titulación me corresponde exclusivamente a mi; y al patrimonio intelectual de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil”

Romero Lozano Miguel Ángel

C.I.: 1204751273

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a mi madre y mi padre, y a las personas que cada día luchan por lograr una mejor calidad de vida mediante el trabajo honesto, dedicado, y creativo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente:

A DIOS por permitirme llegar y poder culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres Francisca y Jonás fuentes de lucha continua.

A mi hermana, familiares y amigos, por su apoyo moral,

Al personal de Quimicamp que me ayudó con información valiosa para la realización del presente Trabajo.

Y de manera grata agradezco a mi Tutor el cual brindó mucho apoyo al desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

No.	Descripción	Pág.
	PRÓLOGO	1

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

No.	Descripción	Pág.
1.1.	Antecedentes de la Empresa	2
1.1.1.	Descripción del Problema	3
1.1.2.	Localización de la Empresa	4
1.1.4.	Productos que elabora la Empresa	5
1.1.5.	Filosofía Estratégica	6
1.1.5.1.	Misión	6
1.1.5.2.	Visión	7
1.1.6.	Objetivos de la Investigación	7
1.1.6.1.	Objetivo General	7
1.1.6.2.	Objetivos Específicos	7
1.1.7.	Justificativo de la Investigación	7
1.1.8.	Delimitación de la Investigación	8
1.2.	Descripción Teórica y Referencial	8
1.2.1.	Historia del Mantenimiento	8
1.2.2.	Descripción Conceptual	10
1.2.2.1.	¿Qué es el Mantenimiento?	10
1.2.3.	Tipos de Mantenimiento	11
1.2.3.1.	Mantenimiento Correctivo	11
1.2.3.2.	Mantenimiento Preventivo	11
1.2.3.3.	Mantenimiento Predictivo	11
1.2.3.4.	Mantenimiento En Uso	12

No.	Descripción	Pág.
1.2.3.5.	Mantenimiento Cero Horas (Overhaul)	12
1.2.4.	Descripción Referencial	12
1.3.	Técnicas de Mantenimiento	14
1.3.1.	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	15
1.3.1.1.	Factores de éxitos TPM	16
1.3.1.2.	Pilares del TPM	16
1.3.2.	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)	17
1.3.2.1.	El objetivo del RCM y tipos de acciones preventivas	18
1.3.2.2.	Fases a seguir para implementación del RCM	19
1.4.	Aplicaciones del Mantenimiento en Industrias Químicas	20
1.4.1.	Falta de mantenimiento preventivo	21
1.4.2.	Características de la Industria Química	22
1.5.	Normas legales sobre Mantenimiento	23
1.5.1.	Utilización y mantenimiento de máquinas fijas	23
1.5.2.	Máquinas Portátiles	25
1.5.3.	El Mantenimiento y su Impacto Ambiental	25
1.6.	Formulación de la Hipótesis	27

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

No.	Descripción	Pág.
2.1.	Diseño de la Investigación	3
2.2.	Tipo de Investigación	3
2.3.	Etapas de la Investigación	3
2.3.1.	Etapa 1 Diagnóstico de la Situación Actual de la Gestión del Mantenimiento en la Empresa	29
2.3.1.1.	Entrevista al Departamento Administrativo.	29
2.3.1.2.	Entrevista al encargado de Bodega de Repuestos.	31
2.3.1.3.	Entrevista a Mecánicos y Operadores de la maquinaria de la empresa.	32

No.	Descripción	Pág.
2.3.2.	Etapa 2 Determinación de las Necesidades del Mantenimiento de la Maquinaria de la Empresa	40
2.3.2.1.	Maquinarias de Producción de la Empresa	40
2.3.2.2.	Mezclador de Cremas	40
2.3.2.3.	Mezcladores de Líquidos	41
2.3.2.4.	Mezcladores de Polvo	45
2.3.2.5.	Caldero Vertical	47
2.3.2.6.	Ablandador de Agua	48
2.3.2.7.	Método de la Caja Negra	49
2.3.3.	Etapa 3 Diseño del Plan de Mantenimiento.	51

CAPÍTULO III

PROPUESTA

No.	Descripción	Pág.
3.1.	Objetivo de la Propuesta	52
3.2.	Elaboración de la Propuesta	52
3.2.1.	Listado y Codificación de las Máquinas (Fase 1)	52
3.2.1.1.	Listado de las Máquinas de la Empresa	54
3.2.1.2.	Codificación de las Máquinas de la Empresa	55
3.2.2.	Listado de Funciones (Fase 2)	56
3.2.3.	Determinación de los Fallos Funcionales y los Modos de Fallos (Fase 3 y 4)	61
3.2.3.1.	Diagrama de Pareto para la Priorización de Sistemas	65
3.2.4.	Análisis de la Gravedad de los Fallos, Criticidad (Fase 5)	72
3.2.4.1.	Cuadro de Valores Impacto-Ocurrencia	75
3.2.5.	Determinación de Medidas Preventivas (Fase 6)	81
3.2.5.1.	Medidas Preventivas para los Sistemas de la Maquinaria	82
3.2.6.	Agrupación de las Medidas Preventivas, Elaboración de Plan de Mantenimiento (Fase 7)	85

No.	Descripción	Pág.
3.2.6.1.	Diseño de Formato para Mantenimientos Preventivos y Correctivos	88
3.2.6.2.	Diseño de Plan de Inspecciones Preventivas	92
3.2.6.3.	Capacitación Técnica para el Personal de Mantenimiento	96
3.2.6.4.	Requerimiento de Repuestos para Stock de Bodega	96
3.2.6.5.	Requerimiento de Herramientas y Materiales	98
3.3.	Presupuesto anual para Mantenimiento Preventivo de la Maquinaria	98
3.4.	Cronograma del Plan anual de Mantenimiento Preventivo	100
3.5.	Conclusiones y Recomendaciones	101
3.5.1.	Conclusiones	101
3.5.2.	Recomendaciones	102
	ANEXOS	106
	BIBLIOGRAFÍA	114

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Descripción	Pág.
1	Falta de Mantenimiento Preventivo	22
2	Entrevista al departamento administrativo	30
3	Entrevista al encargado de bodega de repuestos	31
4	Entrevista a mecánicos y operadores	33
5	Datos del mezclador de cremas	40
6	Datos de mezclador 1 de líquidos	42
7	Datos de mezclador 2 de líquidos	43
8	Datos de mezclador 3 de líquidos	44
9	Datos del mezclador de polvo bicónico	45
10	Datos de mezclador de polvo horizontal	46
11	Datos de caldero vertical	47
12	Datos del ablandador de agua	48
13	Listado de la maquinaria de Quimicamp	54
14	Codificación de las máquinas de Quimicamp	56
15	Funciones de sistemas del caldero vertical (A1-CV1)	57
16	Funciones de sistemas del ablandador de agua (A1-AA1)	58
17	Funciones de sistemas del mezclador de cremas (A2-MC1)	58
18	Funciones de sistemas del mezclador 1 de líquido (A2-ML1)	59
19	Funciones de sistemas del mezclador 2 de líquido (A2-ML2)	59
20	Funciones de sistemas del mezclador 3 de líquido (A2-ML3)	60
21	Funciones de sistemas del mezclador Bicónico (A3-MB1)	60
22	Funciones de sistemas del mezclador Horizontal (A3-MH1)	61
23	Fallos funcionales y modos de fallos de las máquinas	63
24	Números de horas de Para de las máquinas	66
25	Análisis estadístico en función del número de Paradas	67
26	Análisis estadístico en función del número de horas de Para	69

No.	Descripción	Pág.
27	Sistemas seleccionados para el análisis	72
28	Efectos de los modos de fallo	73
29	Valores impacto-ocurrencia en seguridad (S)	75
30	Valores impacto-ocurrencia en medio ambiente (A)	76
31	Valores impacto-ocurrencia en calidad (C)	76
32	Valores impacto-ocurrencia producción (P)	77
33	Valores impacto-ocurrencia frecuencia (F)	77
34	Valores impacto-ocurrencia frecuencia mantenibilidad (M)	78
35	Valores impacto-ocurrencia frecuencia detección (D)	78
36	Análisis de la gravedad de los modos de fallos	79
37	Agrupación de las medidas preventivas	86
38	Formato de mantenimiento preventivo	90
39	Formato de mantenimiento correctivo	91
40	Inspecciones preventivas para caldero	92
41	Inspecciones preventivas para ablandador	93
42	Inspecciones preventivas para mezclador de cremas	93
43	Inspecciones preventivas para mezclador 1 de líquidos	94
44	Inspecciones preventivas para mezclador 2 y 3 de líquidos	94
45	Inspecciones preventivas para mezclador 1 de polvo	95
46	Inspecciones preventivas para mezclador 2 de polvo	95
47	Capacitación técnica	96
48	Repuestos y consumibles para stock	97
49	Herramientas para el taller de mantenimiento	98
50	Presupuesto de repuestos y consumibles	99
51	Presupuesto anual para plan de mantenimiento	100

ÍNDICE DE GRÁFICOS

No.	Descripción	Pág.
1	Estructura del marco teórico	2
2	Localización de la empresa	4
3	Mejoras en el ciclo de vida del equipo	15
4	Pilares básicos del TPM	17
5	Resultado de la pregunta 1	34
6	Resultado de la pregunta 2	34
7	Resultado de la pregunta 3	35
8	Resultado de la pregunta 4	35
9	Resultado de la pregunta 5	36
10	Resultado de la pregunta 6	36
11	Resultado de la pregunta 7	37
12	Resultado de la pregunta 8	37
13	Resultado de la pregunta 9	38
14	Resultado de la pregunta 10	38
15	Diagrama causa-efecto	39
16	Mezclador de cremas	41
17	Mezclador 1 de líquidos	42
18	Mezclador 2 de líquidos	43
19	Mezclador 3 de líquidos	44
20	Mezclador bicónico de polvos	45
21	Mezclador horizontal de polvos	46
22	Caldero vertical	47
23	Ablandador de agua	48
24	Método de la caja negra	49
25	Caja negra de mezcladores de polvos	49
26	Caja negra de mezcladores de cremas y líquidos	50

No.	Descripción	Pág.
27	Caja negra del caldero vertical	50
28	Caja negra del ablandador de agua	50
29	Estructura arbórea para el listado de la maquinaria	53
30	Estructura de codificación	55
31	Diagrama de Pareto con relación al número de Paradas	68
32	Diagrama de Pareto con relación a las de horas de Para	70

ÍNDICE DE ANEXOS

No.	Descripción	Pág.
1	Taller de mantenimiento	107
2	Sistema de quemador del caldero	108
3	Sistema de control de nivel de flujo del caldero	109
4	Hélice de mezclador de líquidos	110
5	Cadena de mezclador de horizontal de polvo	111
6	Cronograma de plan anual de mantenimiento preventivo	112

AUTOR: ROMERO LOZANO MIGUEL ÁNGEL
TEMA: PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PARA LAS MÁQUINAS DE LA EMPRESA
QUIMICAMP DEL ECUADOR S.A. UBICADA EN LA
CIUDAD DE GUAYAQUIL.
DIRECTOR: ING. IND. MOLESTINA MALTA CARLOS JULIO, MSC.

RESUMEN

Este trabajo propone el diseño de un Plan de Mantenimiento para la maquinaria de producción de la empresa Quimicamp del Ecuador S.A. con el objetivo de pasar de un mantenimiento correctivo que genera altos costos por paradas imprevistas de las máquinas, a un mantenimiento preventivo que permita aumentar la fiabilidad de estas máquinas. Por lo tanto se identificó, los modos de fallos más comunes en la maquinaria y sus sistemas críticos, a través de la técnica de mantenimiento RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) la cual consiste de una serie de fases que se aplicaron para diseñar el plan, estas fases son; listado y codificación de equipos, listados de funciones y especificaciones, determinación de los fallos funcionales, determinación de los modelos de fallos, análisis de la gravedad de los fallos, determinación de las medidas preventivas, y por último elaboración del plan de mantenimiento. El estudio de campo fue descriptivo y se considera oportuno la realización de este trabajo para la empresa cuyo estudio contribuirá e impactará positivamente en el área de mantenimiento.

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento, Preventivo, Confiabilidad, RCM, Criticidad, Mezcladores, Plan.

Romero Lozano Miguel Ángel
CI. 1204751273 - Autor

Ing. Ind. Molestina Malta Carlos, Msc.
Director del Trabajo

AUTHOR: ROMERO LOZANO MIGUEL ÁNGEL
SUBJECT: A PROFFER OF MAINTENANCE OF A PLAN FOR
MACHINERY ENTERPRISE QUIMICAMP DEL
ECUADOR S.A. LOCATED IN THE CITY OF GUAYAQUIL.
DIRECTOR: IND. ENG. MOLESTINA MALTA CARLOS JULIO, MSC.

ABSTRACT

This work proposes the design of a Maintenance Plan for machine of production, company Quimicamp of Ecuador S.A. with the objective of move from a corrective maintenance which generates high costs for unplanned downtime of machinery, to a preventive maintenance which allows to increase the reliability of these machines. Therefore it was identified the most common failure modes in machinery and critical systems, through the maintenance technique RCM (Reliability Centered Maintenance) which it consists of a series of steps that were applied to design the plan, these phases are; list and coding equipment, lists of functions and specifications, determination of malfunctions, determination of fault models, analysis of the gravity of the fault, determination of preventive measures, and finally developing the maintenance plan. The field study was descriptive and it is considered appropriate the realization of this work for the company whose study will contribute and will impact positively the maintenance area.

KEY WORDS: Maintenance, Preventive, Reliability, RCM, Criticality, Mixers, Plan.

Romero Lozano Miguel Ángel
Cl. 1204751273 - Author

Ind. Eng. Molestina Malta Carlos, Msc.
Director of Work

PRÓLOGO

El presente Trabajo tiene el propósito de evaluar y determinar los sistemas críticos de la maquinaria de producción de Quimicamp del Ecuador S.A., para diseñar un plan de mantenimiento preventivo que permita aumentar la vida útil de la maquinaria y minimice los costos de producción por paradas no programadas, para lo cual ha sido necesario utilizar las herramientas de Ingeniería, tales como, Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto, RCM, también se realizó entrevistas al personal de la empresa, las fuentes principales del estudio están basadas en los registros internos de averías de la maquinaria de la empresa, textos especializados en mantenimiento industrial, y la observación del proceso por el autor.

El Trabajo se divide en tres partes: la primera parte trata sobre antecedentes de la empresa y el marco teórico, la segunda parte sobre la metodología y análisis del problema y la tercera parte trata sobre la propuesta.

El Trabajo presentado es el análisis del área de mantenimiento de la empresa, que con la guía de catedráticos de la Facultad de Ingeniería Industrial, se ha podido concluir con seguridad de que la propuesta planteada es viable y eficaz.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

GRÁFICO N° 1
ESTRUCTURA DEL MARCO TEÓRICO



Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

1.1. Antecedentes de la Empresa

Quimicamp del Ecuador S.A. se formó el 7 de Agosto de 1974, empezando con la producción de compuestos químicos para el tratamiento de aguas de calderos. Con el pasar del tiempo la gama de productos fue extendiéndose, llegando a ser lo que es hoy: una empresa que brinda sus servicios a industrias, fábricas e instituciones.

A partir de 1997, Quimicamp del Ecuador ha incursionado en el Mercado de Consumo Masivo, y gracias a la calidad e imagen que proyectan nuestros productos, hemos sido aceptados con receptividad y confianza por parte de clientes y consumidores.

Estamos orgullosos de ser líderes en el Ecuador en las áreas que servimos, contribuyendo de esta forma con el sector manufacturero del país, formulando insumos químicos que son utilizados en los diferentes procesos productivos.

Quimicamp del Ecuador, forma parte de las diversas agrupaciones y cámaras industriales de todo el país, siendo uno de sus últimos reconocimientos la condecoración al Mérito Industrial por parte de la Cámara de la Pequeña Industria del Guayas (1999) al cumplir los 25 años de vida institucional.

1.1.1. Descripción del Problema

El mantenimiento es uno de los componentes importantes para la buena operación y desarrollo de las plantas industriales. El problema que ha tenido la Empresa Quimicamp en los últimos años es que la maquinaria sufre paradas imprevistas sobre todo cuando hay mucha producción, debido a que las máquinas no cuentan con un correcto plan de mantenimiento preventivo, es decir sus máquinas reciben mantenimiento pero no el mantenimiento adecuado.

Cuando alguna máquina sufre una parada inesperada y el daño es grave, es en ese momento en que se llama a un técnico especializado para que solucione el problema, pero a veces no están disponibles y pasa mucho tiempo hasta que la máquina sea reparada y vuelva a funcionar normalmente, provocando así el retraso en la entrega de pedidos afectando los costos de producción.

Actualmente el personal encargado de mantenimiento lo conforman un mecánico industrial, un ayudante de mecánico y un ayudante de mantenimiento así como empresas contratadas que atienden equipos específicos y mantenimientos muy especificados.

Las tareas de mantenimiento son responsabilidad de la gerencia de producción.

1.1.2. Localización de la Empresa

Quimicamp del Ecuador S.A. está ubicada en la ciudad de Guayaquil, Km. 9 ½ vía a Daule, Urb. INMACONSA Calle Acacias entre Cedros y Ceibos.

GRÁFICO N° 2
LOCALIZACIÓN DE LA EMPRESA



Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

1.1.3. Identificación del CIIU

La Codificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU) es la clasificación sistematizada de todas las actividades económicas su objetivo es la de establecer su codificación compaginada a nivel internacional. Es usada para comprender niveles de desarrollo, requerimientos, normalización, políticas económicas e industriales, entre otras utilidades.

La CIIU cumple un importante papel al otorgar el tipo de separación por actividad necesario para la recopilación de las cuentas nacionales desde el punto de vista de la producción.

En el caso ecuatoriano Quimicamp del Ecuador S.A. esta codificado internacionalmente con el nombre referido FABRICACION DE PRODUCTOS QUIMICOS INORGANICOS BASICOS N.C.P. con la codificación D24119901.

1.1.4. Productos que elabora la Empresa

Productos para tratamiento de aguas de:

Calderos

Torres de enfriamiento

Limpieza química

Productos Especiales: Petróleo

Líneas de productos para industria petrolera

Aditivos para combustible

Productos para mantenimiento industrial:

Detergentes industriales

Lubricantes

Solventes

Tratamiento de metales:

Desoxidantes

Inhibidores

Fosfatizantes

Fundentes

Tratamiento de madera:

Fungicidas – Termiticidas

Insecticidas

Limpieza institucional:

Ambiente –pisos

Cocina – baños

Desinfección

Lavandería

Tratamiento de Piscinas

1.1.5. Filosofía Estratégica

La filosofía estratégica es fundamentalmente la mentalidad de la empresa, lo que en otras palabras se refleja en la Misión y la Visión.

1.1.5.1. Misión

Atender a nuestros clientes con tecnología, desarrollo y profesionalismo elaborando productos con calidad y servicio manteniendo nuestra imagen para lograr su satisfacción.

1.1.5.2. Visión

Comprometernos a ofrecer productos químicos de calidad para lograr el mutuo desarrollo de nuestras industrias orientándonos siempre a la mejora continua. Mantener un staff de profesionales en química para asegurar los estándares de nuestro sistema de calidad, mediante grupos de trabajos para el desarrollo científico y productivo en beneficio de la sociedad.

1.1.6. Objetivos de la Investigación

1.1.6.1. Objetivo General

Diseñar un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria de Producción de la Empresa Quimicamp del Ecuador ubicada en la ciudad de Guayaquil, que asegure la producción de insumos químicos de calidad que son utilizados en los diferentes procesos productivos.

1.1.6.2. Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual del mantenimiento en la empresa Quimicamp del Ecuador S.A.
- Determinar las necesidades de la maquinaria de la Empresa.
- Establecer el Plan de Mantenimiento.

1.1.7. Justificativo de la Investigación

Quimicamp es una empresa de alto prestigio que brinda muy buenos servicios a sus clientes pero ha habido inconvenientes en la entrega a tiempo de los productos por paradas imprevistas de la maquinaria por falta de un adecuado mantenimiento por esta razón es que se justifica el presente estudio en el cual vamos a diseñar un Plan de Mantenimiento.

1.1.8. Delimitación de la Investigación

La Empresa Quimicamp cuenta con una planta de producción que tiene máquinas como: 1 Mezclador de Crema de 400 kg de Capacidad, 1 Mezclador de Líquidos de 1000 Lt. De Capacidad, 2 Mezcladores de Líquidos de 3000 Lt. de Capacidad, 1 Mezclador Horizontal de Polvo de 400 Kg de Capacidad, 1 Mezclador Bicónico de Polvo de 200Kg de Capacidad, 1 Ablandador de agua, 1 Caldero de 10 BHP, maquinarias que fundamentales en el proceso productivo, para la elaboración de productos como lubricantes, solventes, detergentes industriales, desoxidantes, fungicidas, termicidas y otros.

El área de trabajo donde se desarrollará la investigación será en el área de la planta industrial de Quimicamp donde se encuentran las máquinas de producción que serán objeto de estudio.

1.2. Descripción Teórica y Referencial

1.2.1. Historia del Mantenimiento

González (2005), en la segunda edición de Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado indica que:

Muchos autores de referencias bibliográficas del mantenimiento industrial han establecido durante el siglo XX tres grandes etapas que aunque no hay un límite claro entre ellas desde el punto de vista temporal, si pueden dar una clara idea de la evolución de las técnicas y organizaciones que se han ido implementando durante dicho siglo. (González, 2005, pág. 29)

Estas tres etapas, son Primera, Segunda, y Tercera Generación.

En la primera generación, alrededor de 1930 y 1950 o la segunda guerra Mundial, en la que las tareas de mantenimiento se limitaban a reparar aquello que se averiaba, y a habituales reengrasantes, lubricaciones y limpiezas.

En la segunda Generación, se fijan como objetivos las disponibilidades operacionales de las vías de producción, barcos, aviones, y ferrocarriles. Se fija asimismo como finalidad, que las maquinas duren lo máximo posible en condiciones operativas idóneas y todo ello con los costes más bajos posibles. La gran competencia industrial que existía entre 1950 y finales de los años 70, desencadena una continua búsqueda de mejores resultados.

En la Tercera Generación, el Mantenimiento basa su propósito, en disponibilidad, confiabilidad y costes, pero abarca complementariamente otros aspectos relativamente poco analizados y perseguidos en etapas anteriores. La seguridad en los últimos veinte años del siglo XX pasó a ser prioritaria, con una gran tendencia a la emisión de normativas, reglamentaciones, leyes, órdenes, etc. La filosofía y técnicas del Mantenimiento de Tercera Generación se basan en la incorporación de nuevos métodos, así pues, aparecen los Mantenimientos según Condición (MOC, Maintenance on condition) o Mantenimientos Predictivos, Reliability-Centered Maintenance RCM, Total Productive Maintenance TPM, etc.

Las tres etapas que observamos anteriormente que pertenecían al siglo XX comienzan en la actualidad a tener cambios generando así la cuarta generación.

En esta cuarta generación, se explican esquemáticamente los cambios que se producen principalmente la gestión de Mantenimiento se orienta no solo a resultados sino a los clientes. Por último, en

este siglo XXI es crucial el cumplimiento de la normativa ya que ahora se incorpora a un mercado más globalizado y se tendrá un número mayor de reglamentos, pautas y recomendaciones, sobre todo en temas de seguridad y medio ambiente. (González, F. 2005. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado).

1.2.2. Descripción Conceptual

Basado en el estudio de textos y cursos relacionados con este tema, a continuación presentamos algunos conceptos de mantenimiento industrial descritos por varios actores.

1.2.2.1. ¿Qué es el Mantenimiento?

En el libro Organización y Gestión Integral del Mantenimiento esto sostiene García (2003) “Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento” (García, 2003)

Navarro (2007), por su parte dice lo siguiente sobre el mantenimiento:

Se entiende por mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares de servicios. En ese sentido, se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en su estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo.
(Navarro, 2007)

Molina (1984), “Es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles e instalaciones” (Molina, 1984)

Rey (1996), “Mantenimiento industrial, son las técnicas que aseguran la correcta utilización de edificios e instalaciones y el continuo funcionamiento de la maquinaria productiva” (Rey, 1996).

1.2.3. Tipos de Mantenimiento

1.2.3.1. Mantenimiento Correctivo

Es el grupo de actividades designadas a corregir los defectos que van surgiendo en las diferentes máquinas y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los mismos usuarios.

1.2.3.2. Mantenimiento Preventivo

Es aquel que tiene por objetivo mantener un nivel de servicio determinado en las máquinas planificando el control de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Acostumbra tener un carácter sistematizado, es decir, se interviene aunque la máquina no haya dado ningún indicio de tener un problema.

1.2.3.3. Mantenimiento Predictivo

Es el que busca saber e informar constantemente del estado y operatividad de los equipos mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar

variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación indique de problemas que puedan estar surgiendo en la máquina. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de vías técnicas avanzadas, y en ocasiones, de grandes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.

1.2.3.4. Mantenimiento En Uso

Es el mantenimiento básico de una máquina efectuado por los operadores de la misma. Consiste en una serie de actividades básicas (tomas de datos, inspecciones visuales, lubricación, limpieza, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve.

1.2.3.5. Mantenimiento Cero Horas (Overhaul)

Es el grupo de actividades cuya finalidad es revisar las máquinas a intervalos planificados bien antes de que surja ningún fallo, bien cuando la confiabilidad de la máquina se ha reducido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad de producción. La revisión se trata de dejar la máquina a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si la máquina fuera nueva. En estos chequeos se cambian o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se desea asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano. (www.renovetec.com, 2012)

1.2.4. Descripción Referencial

Una investigación que sirvió de base referencial para el presente trabajo, fue desarrollada por José Bastidas y Pablo Villamarín (2010) presentada a la Escuela Politécnica Nacional De Quito para

optar al título de Ingeniero Mecánico la cual lleva por tema “Plan de Mantenimiento Basado en Confiabilidad de la Planta Extrusora Moderna Alimentos S.A.”

Esta investigación de carácter descriptivo, estableció una metodología para el diseño del plan preventivo de mantenimiento, donde se diagnostica la gestión actual, se levanta un inventario de activos físicos, se elabora las instrucciones técnicas de mantenimiento preventivo, se determina la criticidad de equipos, se diseñan formatos de mantenimiento, todos estos elementos se relacionan con la investigación que presenta este trabajo de grado.

El trabajo de investigación que tiene como tema “Sistema de Gestión de Mantenimiento para las Maquinarias en la Empresa Transmabo” realizado por Cárdenas Balseca Christian Milton (2007) y que fue presentado a la Universidad de Guayaquil, para optar al título de Ingeniero Industrial, también sirvió de referencia para el presente trabajo, donde el principal problema de la empresa Transmabo era la paralización de las maquinarias, la solución que se plantea en esta tesis es “un sistema de gestión de mantenimiento”, con el cual se pretende aumentar la eficiencia en el funcionamiento de las maquinarias y poder alargar su vida útil.

La metodología utilizada para la realización del trabajo de Christian Cárdenas, es el Método Científico Investigativo, con la ayuda de las siguientes técnicas: Encuestas a los trabajadores, Diagrama de Pareto para encontrar el problema principal, diagrama causa y efecto, diagrama de operaciones y procesos, diagrama flujo de procesos, técnicas estadísticas para registrar los datos, lluvia de ideas.

Otra investigación que sirvió de referencia para el presente trabajo es la que realizó Merizalde Solís Jesús Andrés (2008) presentada

a la Universidad de Guayaquil con el tema de “Análisis de la Situación actual de La Imprenta United N.-3 de la Industria Cartonera Ecuatoriana y Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo” para optar por el título de Ingeniero Industrial. Por medio del análisis se encontró que el principal problema de la Imprenta United N. 3” era la “Falta de Mantenimiento Preventivo” la solución que se planteó en ese trabajo, es el “Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo”, con el cual se pretende aumentar la eficiencia de la Imprenta United N. 3.

La metodología que se utilizó para realizar ese trabajo es el Método Científico Investigativo, con la ayuda de técnicas como: Entrevistas a los funcionarios, Matriz Foda para diseñar estrategias que nos permitan afrontar los problemas y aprovechar las fortalezas de la cartonera, cuadros estadísticos para registrar los datos y lluvia de ideas, todas éstas técnicas se las utilizaron con el firme propósito de incrementar la productividad de la Industria Cartonera Ecuatoriana.

Un trabajo publicado por el Ingeniero Santiago García Garrido (2003) y que lleva por título “Organización y Gestión Integral de Mantenimiento”, también sirve de base para la presente investigación, en este trabajo se desarrolla detalladamente todos los aspectos relacionados al diseño e implantación de un Plan de Mantenimiento adecuado a empresas latinoamericanas.

El modelo propuesto para el flujo de información necesaria para gestionar y controlar el mantenimiento, así como la planificación, son aspectos muy bien desarrollados por Santiago García Garrido.

1.3. Técnicas de Mantenimiento

Las técnicas de mantenimiento más aplicadas como el Mantenimiento Productivo Total (TPM), el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

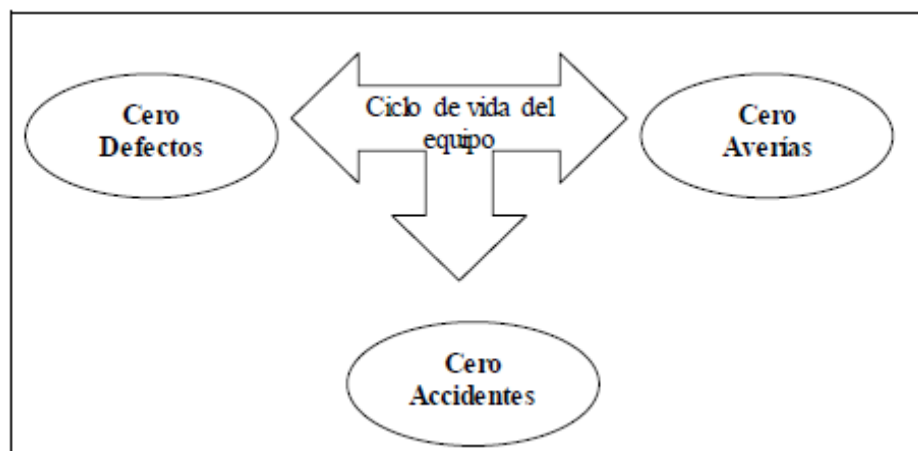
(RCM), han tenido gran acogida, con sus metas ambiciosas estas estrategias prometen resultados pero frecuentemente fallan, porque la empresa los implementa, persistiendo en conservar esquemas de desempeño de mantenimiento tradicional, y consecuentemente se presenta una resistencia al cambio.

1.3.1. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Cuatrecasas & Torrel (2010), al recalcar la importancia del TPM en el ciclo de vida del equipo establecen que:

El Mantenimiento Productivo Total es una técnica de trabajo en plantas productivas que se forma en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como son: Participación de todo el personal de la planta, Eficacia total, Sistema Total de Gestión del Mantenimiento de equipos desde su diseño hasta la corrección y la prevención. (Cuatrecasas & Torrel, 2010, pág. 33).

**GRÁFICO N° 3
MEJORAS EN EL CICLO DE VIDA DEL EQUIPO**



Fuente: Libro TPM en un entorno Lean Management
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

El termino TPM fue inculcado por el Instituto Japonés de Ingeniería de Plantas (JIP) en 1971. Esta institución fue la precursora del Instituto Japonés para el Mantenimiento de planta (JIPM: Japan Institute Plant Maintenance), que en la actualidad es una organización dedicada a la investigación, consultoría y formación de ingenieros de plantas productivas.

1.3.1.1. Factores de éxitos TPM

El Instituto Japonés de mantenimiento de planta industrial pasó a reconocer los siguientes cinco factores críticos de éxito para la adjudicación de beneficios de TPM:

- Maximizar la eficacia de la maquinaria;
- Definir un sistema de mantenimiento productivo para la vida de la maquinaria;
- Incorporar a todos departamentos de producción al plan, diseño, o uso del mantenimiento de las maquinas en la implementación de TPM;
- Incorporar activamente a todos los trabajadores desde la alta dirección hasta los obreros de planta;
- Impulsar el TPM a través de la gestión de la motivación: actividades en grupos pequeños autónomos. (McCarthy & Rich, 2004, pág. 31)

1.3.1.2. Pilares del TPM

El TPM tiene como pilares básicos: el mantenimiento planeado, la ingeniería de mantenimiento, los grupos que procuran elevar los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, y la mejora técnica continua, este modelo cuenta con ocho pilares para desarrollar el

programa, los cuales sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. (Cárcel, 2014, pág. 129)

GRÁFICO N° 4
PILARES BÁSICOS DEL TPM



Fuente: La gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

1.3.2. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

El propósito fundamental de cualquier gestión de mantenimiento, se basa en aumentar la disponibilidad de los activos a bajos costes, partiendo de la ejecución permitiendo que dichos activos funcionen de forma eficiente y confiable dentro de un contexto operacional. En otras palabras, “El mantenimiento debe asegurar que los activos continúen cumpliendo las funciones para las cuales fueron diseñados, es decir, debe estar centrado en la Confiabilidad Operacional” (Amendola, 2006, pág. 45).

Reliability Centred Maintenance (Mantenimiento centrado en confiabilidad) es una técnica más entre las posibles para realizar un plan

de mantenimiento en una planta industrial y que establece varias ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente fue realizado para el sector de aviación, donde los altos costos provenientes de la sustitución sistemática de repuestos advertían la rentabilidad de las empresas aéreas. Después fue introducido al sector industrial, después de confirmarse los excelentes resultados que había dado en el sector aeronáutico.

1.3.2.1. El objetivo del RCM y tipos de acciones preventivas

La finalidad principal de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una planta industrial es incrementar la disponibilidad y reducir costes de mantenimiento. El análisis de una planta industrial según esta metodología aporta una serie de resultados.

- Optimiza el aprendizaje del funcionamiento de las máquinas y sistemas.
- Evalúa todas las probabilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de impedirlos, ya sean ocasionados por causas intrínsecas a la propia maquina o por actos personales.
- Establece una serie de acciones que garantizan un alto acoplamiento de la planta.

Las actividades de tipo preventivo que impiden fallos y que por tanto aumentan la disponibilidad de la planta son de varias clases:

- Actividades de mantenimiento, que unidas forman el Plan de Mantenimiento de una planta industrial.
- Procedimientos operativos, tanto de Mantenimiento como de Producción.
- Modificaciones o mejoras posibles.

- Determinación de una serie de actividades formativas efectivamente útiles y rentables para la compañía.
- Definición del stock de repuesto que es deseable que permanezca en bodega de Planta. (García, 2011, pág. 144).

1.3.2.2. Fases a seguir para implementación del RCM

Muchas preguntas son asociadas con el proceso del RCM, cualquier proceso de análisis de RCM implica contestarse siete preguntas básicas sobre los activos o el sistema que se examinan estas son:

- ¿Cuáles son las funciones y las normas asociadas del rendimiento de los activos en su Contexto operativo actual?
- ¿De qué manera se deja de cumplir con sus funciones asignadas?
- ¿Cuáles son las causas específicas para cada falla funcional?
- ¿Cuáles son los efectos específicos de cada fallo o mal funcionamiento?
- ¿De qué manera específica lo hace cada falla o mal funcionamiento de la materia?
- ¿Qué posibles medidas se pueden tomar para predecir o prevenir la aparición de cada falla?
- ¿Qué medidas pueden ejercerse en el caso de no encontrar una tarea proactiva adecuada? (Dhillon, 2006, pág. 163)

El proceso básico RCM supone ir completando una serie de fases para cada uno de los sistemas que componen la planta.

Fase 1: Codificación y listado de todos los subsistemas, equipos y elementos que componen el sistema que se está estudiando.

Fase 2: Listado de funciones y especificaciones.

Fase 3: Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos.

Fase 4: Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior.

Fase 5: Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo. Clasificación de los fallos en críticos, importantes o tolerables en función de esas consecuencias.

Fase 6: Determinación de medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos.

Fase 7: Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías. Elaboración del Plan de Mantenimiento.

1.4. Aplicaciones del Mantenimiento en Industrias Químicas

Las plantas industriales químicas son sistemas complejos, como lo es su mantenimiento, ya que advierten de una gran planificación y bastantes recursos, como operarios, máquinas, piezas de repuesto, herramientas, etc. Por eso, un buen mantenimiento industrial exige una buena documentación y una buena formación.

En tiempos pasados los técnicos observaban el comportamiento de los equipos para efectuar pronósticos. Hoy la complejidad de esos sistemas hace que la simple observación sea imposible, hay que almacenar los datos.

Los datos certifican la trazabilidad de las operaciones, por lo que se puede realizar un rastreo hacia atrás de todas las operaciones efectuadas para conservar en condiciones un sistema.

De la misma manera que chequeando datos podemos ir hacia atrás, también podemos ir hacia delante, es lo que llamamos proyecciones.

Los documentos sobre tareas de mantenimiento deben estar involucrados en los ERP (Enterprise Resource Planning; Planificación de Recursos Empresariales) de las empresas para que se pueda realizar mucho mejor el coste, y también elaborar proyecciones de fallos. La consecuencia de esta información es que siempre se pueden tomar las mejores decisiones mediante:

- Análisis sistemático de plantas industriales, para prevenir y ubicar fallos de elementos, de controladores y de sensores.
- Auditoría de calidad de las instalaciones industriales, que incluye: resumen de información importante para el mantenimiento, toma de datos sobre el rendimiento, realización y selección de indicadores; y propuestas de recomendaciones justificadas y priorizadas.

1.4.1. Falta de mantenimiento preventivo

Un departamento de Mantenimiento exitoso, es un departamento que tiene desarrollado un Modelo de Gestión que le permite escanear síntomas en los equipos y en los procesos en etapas tempranas, lo que le permite interceptar los problemas y tomar medidas correctivas y preventivas antes de estar en situaciones de altos riesgos y sobretodo en situaciones de altos costos por mantenimiento.

La escasez de una prevención en las máquinas industriales, puede incitar una serie de efectos nocivos que perjudican la calidad y a los riesgos laborales, como se muestra a continuación:

CUADRO N° 1
FALTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Efectos	Causas
Sobrecostes de mantenimiento	Provocados por una falta de planificación en la prevención de averías, que llevan a una reparación sistemática de las mismas.
Tareas rápidas	Falta de tiempo para hacer el trabajo bien planificado y organizado.
Costes de oportunidad	Reparar en el momento de la avería (sin haberla previsto) implica un paro en el trabajo de los operarios, que afecta al funcionamiento de la empresa en general.
Riesgos laborales	La no prevención de los equipos puede generar fallos que afecten a la salud de los empleados.
Problemas legales	Se ocasionan al no cumplir las normas sobre calidad y Prevención de Riesgos Laborales (aunque no afecten directamente a la salud de los empleados).

Fuente: Interempresas.net

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

1.4.2. Características de la Industria Química

La industria química agrupa unas características muy diferentes a las manufactureras que son:

- Regímenes de producciones diversas, variedad de productos, producción continua integrada, producción por lotes.
- Diversidad de equipos y sistemas.
- Utilización de equipo estático.
- Control centralizado.
- Muy alto consumo de energía y fluidos: electricidad, gas, agua, aire comprimido, vapor.
- Corrosión, obstrucciones, fugas, fisuras, desgaste, roturas, fatiga, cortocircuitos, cables rotos, cavitación y otros.

- Muy pocos operarios.
- Elevado riesgo de accidentes, incidentes y de contaminación.
- Grandes paradas anuales para hacer mantenimiento, que implica un importante monto de pérdida de producción. Estas paradas están programadas, previstas y aceptadas por la empresa. (www.mantenimientoplanificado.com, 2013)

Para diseñar un programa de mantenimiento se tendrá presente estas características, muchas de las cuales no tienen los sectores pioneros y beneficiarios del mismo (sector automóvil y auxiliares).

1.5. Normas legales sobre Mantenimiento

En los artículos 91, 92, 93 y 94 del Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo en Ecuador con respecto al mantenimiento se establece lo siguiente.

1.5.1. Utilización y mantenimiento de máquinas fijas

Art.91. Utilización.

1. Las máquinas se utilizarán únicamente en las funciones para las que han sido diseñadas.
2. Todo operario que utilice una máquina deberá haber sido instruido y entrenado adecuadamente en su manejo y en los riesgos inherentes a la misma. Asimismo, recibirá instrucciones concretas sobre las prendas y elementos de protección personal que esté obligado a utilizar.

3. No se utilizará una máquina si no está en perfecto estado de funcionamiento, con sus protectores y dispositivos de seguridad en posición y funcionamiento correctos.
4. Para las operaciones de alimentación, extracción y cambio de útiles, que por el peso, tamaño, forma o contenido de las piezas entrañen riesgos, se dispondrán los mecanismos y accesorios necesarios para evitarlos.

Art. 92. Mantenimiento.

1. El mantenimiento de máquinas deberá ser de tipo preventivo y programado.
2. Las máquinas, sus resguardos y dispositivos de seguridad serán revisados, engrasados y sometidos a todas las operaciones de mantenimiento establecidas por el fabricante, o que aconseje el buen funcionamiento de las mismas.
3. Las operaciones de engrase y limpieza se realizarán siempre con las máquinas paradas, preferiblemente con un sistema de bloqueo, siempre desconectadas de la fuerza motriz y con un cartel bien visible indicando la situación de la máquina y prohibiendo la puesta en marcha.

En aquellos casos en que técnicamente las operaciones descritas no pudieren efectuarse con la maquinaria parada, serán realizadas con personal especializado y bajo dirección técnica competente.

4. La eliminación de los residuos de las máquinas se efectuará con la frecuencia necesaria para asegurar un perfecto orden y limpieza del puesto de trabajo.

Art. 93. Reparación y Puesta a Punto.

Se adoptarán las medidas necesarias conducentes a detectar de modo inmediato los defectos de las máquinas, resguardos y dispositivos de seguridad, así como las propias para subsanarlos, y en cualquier caso se adoptarán las medidas preventivas indicadas en el artículo anterior.

1.5.2. Máquinas Portátiles**Art. 94. Utilización y mantenimiento.**

1. La utilización de las máquinas portátiles se ajustará a lo dispuesto en los puntos 1, 2 y 3 del artículo 91.
2. El mantenimiento de las máquinas portátiles se realizará de acuerdo con lo establecido en el artículo 92.

1.5.3. El Mantenimiento y su Impacto Ambiental

Es muy frecuente que al realizar mantenimiento a equipos e instalaciones dentro de una planta industrial de una empresa, se producen residuos ya sean sólidos, líquidos o gaseosos, estos residuos si no son controlados correctamente afectan al medio ambiente.

Una evidente cantidad de casos, y sobre todo en industrias químicas, **la corrosión** puede ocasionar o contribuir a provocar accidentes que tengan una grave repercusión sobre el medio ambiente, estos accidentes suelen ser de corta duración, pero de gran intensidad, adicionalmente de las pérdidas materiales, las consecuencias sobre la población pueden ser fatales o de larga duración.

Así, es evidente la necesidad de extremar la prevención de la corrosión en aquellas plantas que, por el nivel de peligrosidad de los productos que se procesan en ella o por el almacenamiento de los mismos, sean susceptibles de padecer este tipo de accidentes. Esta disposición, presente muchas veces en el diseño inicial, se disminuye cuando la planta industrial experimenta cambios tanto estructurales como de operación que no son conformes con los requerimientos de seguridad iniciales.

Los aceites industriales usados en los motores de la maquinaria de producción, son residuos peligrosos que pueden suscitar serios daños medioambientales (en el aire, el agua y el suelo) si su gestión es impropia (derramado en el campo, exterminio por incineración incontrolada, etc.).

El **aceite usado** es peligroso debido a:

- Su toxicidad.
- Su baja biodegradabilidad.
- Su acumulación en seres vivos.
- La emisión de gases peligrosos.
- Su degradación química.

Estos son algunos ejemplos de la magnitud de contaminación que tiene el aceite lubricante usado:

Se calcula que un litro de aceite usado es capaz de contaminar 1.000 m³ de agua.

La incineración incorrecta de 5 litros de aceite provocaría la contaminación del volumen de aire que respira una persona durante tres años.

Los vertidos de aceite usado en el suelo no sólo contaminan ese suelo, sino también las aguas superficiales y subterráneas, anulando la fertilidad de las tierras al interrumpir el desarrollo normal de su actividad biológica y química.

Por su parte la empresa Quimicamp contribuye con el reciclaje de estos residuos ya sean sólidos o líquidos, como aceites lubricantes usados, baterías de equipos, lámpara fluorescente, materiales de pvc y otros, son recogidos y almacenados de forma independiente para que sean retirados por un gestor autorizado y, así, proceder con su reciclaje, en el que predomina la regeneración y afino de estos para obtener productos similares.

Esta es entonces la visión del mantenimiento industrial. Sus actividades deben estar orientadas hacia la reducción de los efectos que las posibles fallas del proceso industrial puedan causarle al medio ambiente.

1.6. Formulación de la Hipótesis

Al diseñar un plan de mantenimiento basado en alguna de las técnicas existentes, es posible:

¿Aumentar la vida útil de la maquinaria y la seguridad de los operarios sin causar daños al medioambiente?

¿Minimizar los costos de la producción por paradas no programadas?

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Diseño de la Investigación

En este Capítulo vamos a diseñar el plan de estudio a seguir, según Arias (2006), “El diseño de investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado”. (Arias, 2006, pág. 26)

El seguir meticulosamente los métodos y las técnicas trazadas en el protocolo de investigación aumentará la probabilidad de que los resultados de la investigación sean exactos y significativos.

2.2. Tipo de Investigación

En la investigación que vamos a realizar utilizaremos el método descriptivo, ya que el objetivo es diseñar un plan de mantenimiento para las máquinas de Quimicamp.

Esta investigación la definimos como proyecto factible, la cual consiste en investigar, elaborar y desarrollar una propuesta viable para solucionar los problemas que se presentan en el mantenimiento de la maquinaria de la empresa.

2.3. Etapas de la Investigación

Este trabajo se compone de tres etapas de desarrollo que cumplirán los objetivos específicos, a continuación enumeramos las etapas:

- Etapa 1 Diagnóstico de la Situación Actual de la Gestión del Mantenimiento en la Empresa.
- Etapa 2 Determinación las necesidades de la maquinaria de la Empresa.
- Etapa 3 Diseño del Plan de Mantenimiento utilizando la técnica RCM.

2.3.1. Etapa 1 Diagnóstico de la Situación Actual de la Gestión del Mantenimiento en la Empresa

En esta etapa se va a diagnosticar la situación actual de la Empresa Quimicamp del Ecuador en todo lo relacionado al mantenimiento como son personal de mantenimiento, taller, bodega de repuestos, etc.

Para recopilar la información necesaria se utilizará como instrumento un cuestionario de preguntas para entrevistar al personal de mantenimiento y producción.

2.3.1.1. Entrevista al Departamento Administrativo.

Esta entrevista está dirigida al Departamento Administrativo con el objetivo de reunir información sobre el desarrollo actual del mantenimiento en la empresa Quimicamp.

Las opciones de repuestas a cada pregunta serán de la siguiente manera:

S = Si / **R** = Regular / **D** = Deficiente / **N** = No

CUADRO N° 2
ENTREVISTA AL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL				
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL				
ENTREVISTA DIRIGIDA AL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO				
	S	R	D	N
1. ¿Dispone la empresa de un plan de mantenimiento claramente definido?		X		
2. ¿Con la estructura del plan de mantenimiento se cumplen los trabajos de una manera rápida y eficaz?				X
3. ¿Cree usted que es necesario un cambio en la estructura del mantenimiento actual para permitir una mejor optimización y simplificación del tiempo de trabajo?	X			
4. ¿El personal encargado del mantenimiento de la maquinaria en la empresa están preparados de una forma correcta para realizar cualquier arreglo?		X		
5. ¿Recibe una preparación constante el personal encargado del mantenimiento de la maquinaria en la empresa?		X		
6. ¿Existe un presupuesto de costos para el mantenimiento?				X
7. ¿Se encuentra con facilidad cualquier tipo de repuesto?			X	
8. ¿El personal de mantenimiento cuenta con el espacio adecuado para realizar las respectivas actividades de mantenimiento?	X			
9. ¿Se planifica la paralización de la maquinaria para darle su respectivo mantenimiento?				X
10. ¿Cuenta la empresa con un plan de mantenimiento que abarque los tipos preventivo y correctivo para la maquinaria?				X
11. ¿Se lleva un registro de los servicios y mantenimiento que se les dan a las máquinas?	X			
12. ¿Tiene un departamento que se encargue del abastecimiento de los repuestos?			X	
13. ¿Dispone de la documentación técnica de cada máquina para la realización del mantenimiento?				X
14. ¿Se realiza algún tipo de evaluación al personal que labora en el área de mantenimiento?	X			
15. ¿La empresa cuenta con los recursos y herramientas necesarias para realizar el mantenimiento en todas sus máquinas?				X
16. ¿Se realizan estudios de tiempo y movimientos en la realización del trabajo de mantenimiento?				X

Fuente: Departamento Administrativo de Quimicamp del Ecuador S.A.
 Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

2.3.1.2. Entrevista al encargado de Bodega de Repuestos.

Esta entrevista está dirigida al encargado de la Bodega de Repuestos con el objetivo de reunir información sobre el proceso actual de entrega y almacenamiento de equipos, herramientas, y repuestos que se utilizan en el área de mantenimiento de la empresa, las opciones de respuestas son:

S = Si / **R** = Regular / **D** = Deficiente / **N** = No

CUADRO N° 3
ENTREVISTA AL ENCARGADO DE BODEGA DE REPUESTOS

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL				
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL				
ENTREVISTA DIRIGIDA AL ENCARGADO DE BODEGA DE REPUESTOS				
	S	R	D	N
1. ¿Dispone la empresa de un plan de mantenimiento claramente definido?		X		
2. ¿Llevan un control de los repuestos, herramientas que se encuentran a su cargo?		X		
3. ¿Cuenta con formatos de apoyo para el registro de control de inventarios como materiales, repuestos, etc.?				X
4. ¿Posee información técnica tanto de repuestos como equipos que están a su cargo?			X	
5. ¿Existe una buena comunicación entre el personal de mantenimiento y usted?	X			
6. ¿Cree usted que los repuestos que se encuentran en stock de bodega son suficientes para cumplir con el mantenimiento de la maquinaria?				X
7. ¿Cuenta con el espacio físico apropiado para el almacenamiento y entrega ágil tanto de equipos, herramientas, y repuestos?		X		
8. ¿Posee un procedimiento de compras para realizar la adquisición de repuestos, equipos y herramientas?			X	
9. ¿El tiempo de entrega de repuestos por parte de los proveedores es ágil y oportuno?		X		
10. ¿Llevan un inventario actualizado de los materiales que ingresan y salen de bodega?			X	

Fuente: Bodega de Repuestos de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Análisis del resultado en la entrevista al encargado de Bodega de Repuestos

La empresa Quimicamp cuenta con; una Bodega Principal en la que se desarrolla los procesos de ingreso de materia prima, salida de producto terminado y otra bodega pequeña en la cual se almacenan materiales, repuestos y equipos como bombas dosificadoras que es otro producto que la empresa facilita a sus clientes. En el momento que mantenimiento requiere de un repuesto, este se lo adquiere por medio del departamento de compras y es allí que en algunas ocasiones se toma la decisión de comprar más de uno para tenerlo en stock en la bodega de repuestos.

Cuando los repuestos llegan a la empresa, primero pasan por bodega principal, se le realiza la entrada por medio de un documento llamado control de ingreso de productos varios, y luego se envía el repuesto a mantenimiento y los que sobran van a bodega de repuestos, en otra ocasión que mantenimiento vuelva a requerir el repuesto solo lo pide a bodega de repuesto, pero ya sin documentación alguna, todo esto nos indicó el encargado de la Bodega de Repuestos.

Mediante las repuestas obtenidas en esta entrevista se observa que no se dispone de una planificación para la adquisición y entrega de repuestos de las máquinas, no hay formatos ni documentos de apoyos para facilitar el control interno de los artículos que se almacenan en la bodega de repuestos, estos son deméritos que deben corregirse mediante el plan de mantenimiento que propone este trabajo de investigación.

2.3.1.3. Entrevista a Mecánicos y Operadores de la maquinaria de la empresa

Esta entrevista está dirigida al personal de mecánica y operadores de la maquinaria de la empresa con el objetivo de reunir información

necesaria sobre el desarrollo actual del mantenimiento en la empresa Quimicamp, las opciones de repuestas a cada pregunta serán de la siguiente manera:

S = Si / **R** = Regular / **D** = Deficiente / **N** = No

CUADRO N° 4

ENTREVISTA A MECÁNICOS Y OPERADORES DE LA MAQUINARIA DE LA EMPRESA.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL				
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL				
ENTREVISTA DIRIGIDA A MECÁNICOS Y OPERADORES				
	S	R	D	N
1. ¿Dispone la empresa de un plan de mantenimiento claramente definido?		X		
2. ¿Tienen acceso a información técnica (manuales, fichas técnicas) para realizar su trabajo?				X
3. ¿Reciben algún tipo de capacitación técnica por parte de los proveedores de las máquinas?				X
4. ¿El espacio físico donde se realiza los trabajos de mantenimiento y reparación está bien distribuido?	X			
5. ¿Cree usted que los recursos humanos son suficientes para realizar el mantenimiento de las máquinas?	X			
6. ¿Cuentan con un cronograma que les permita la paralización de la maquinaria para realizar su respectivo mantenimiento?				X
7. ¿Cuenta la empresa con un programa que abarque los tipos de mantenimiento preventivo y correctivo?				X
8. ¿La empresa cuenta con los recursos y herramientas necesarias para dar mantenimiento en todas sus máquinas?		X		
9. ¿Se cuenta con un stock de repuestos para cada máquina al momento que se da mantenimiento?			X	
10. ¿Se realiza evaluaciones de desempeño laboral de cada operario o mecánico?		X		

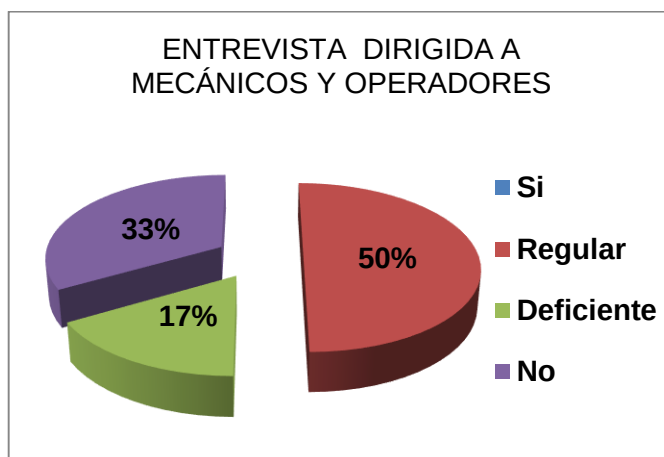
Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

En esta entrevista no necesitamos tamaño de muestra ya que nuestro universo es de seis empleados que están familiarizados con las máquinas de producción, es decir los tres de mantenimiento y tres

operadores de la maquinaria, por aquello realizaremos una exposición de los resultados de cada pregunta mediante gráficas circular.

Pregunta 1. ¿Dispone la empresa de un plan de mantenimiento claramente definido?

**GRÁFICO N° 5
RESULTADO DE LA PREGUNTA 1**



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Pregunta 2. ¿Tienen acceso a información técnica (manuales, fichas, técnicas) para realizar su trabajo?

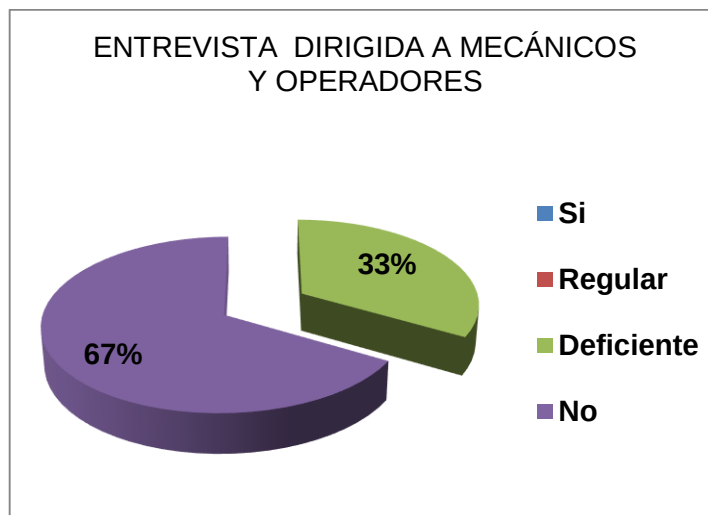
**GRÁFICO N° 6
RESULTADO DE LA PREGUNTA 2**



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Pregunta 3. ¿Reciben algún tipo de capacitación técnica por parte de los proveedores de las máquinas?

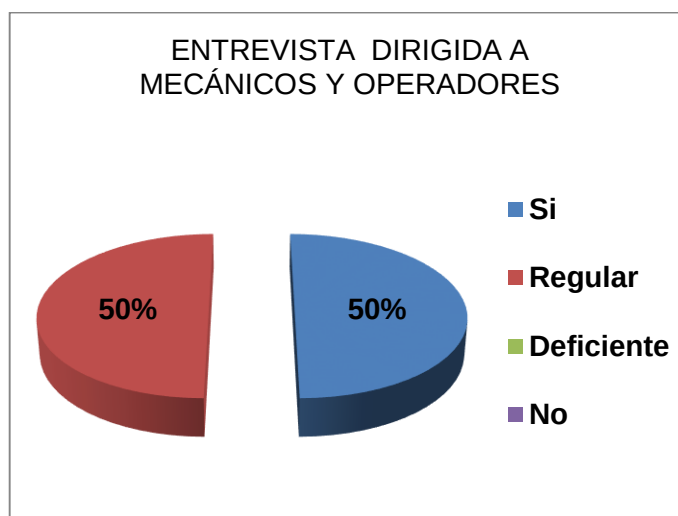
GRÁFICO N° 7
RESULTADO DE LA PREGUNTA 3



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Pregunta 4. ¿El espacio físico donde se realiza los trabajos de mantenimiento y reparación está bien distribuido?

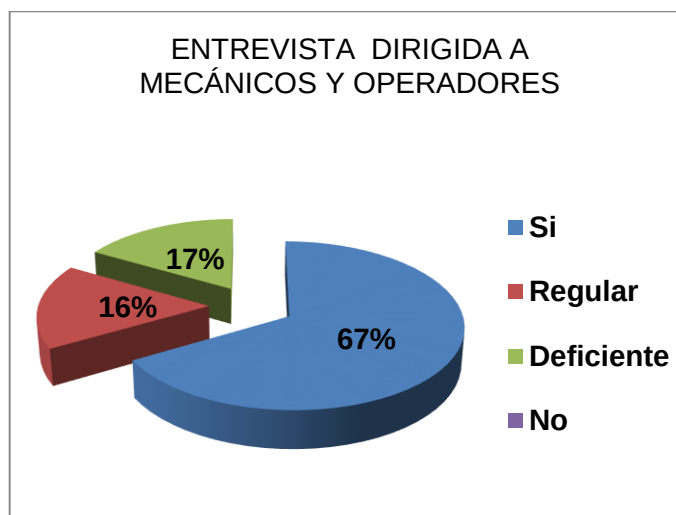
GRÁFICO N° 8
RESULTADO DE LA PREGUNTA 4



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Pregunta 5. ¿Cree usted que los recursos humanos son suficientes para realizar el mantenimiento de las máquinas?

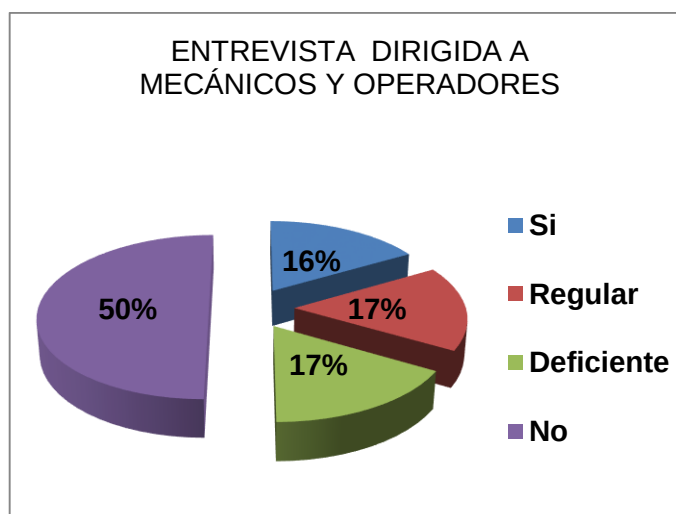
GRÁFICO N° 9
RESULTADO DE LA PREGUNTA 5



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Pregunta 6. ¿Cuentan con un cronograma que les permita la paralización de la maquinaria para realizar su respectivo mantenimiento?

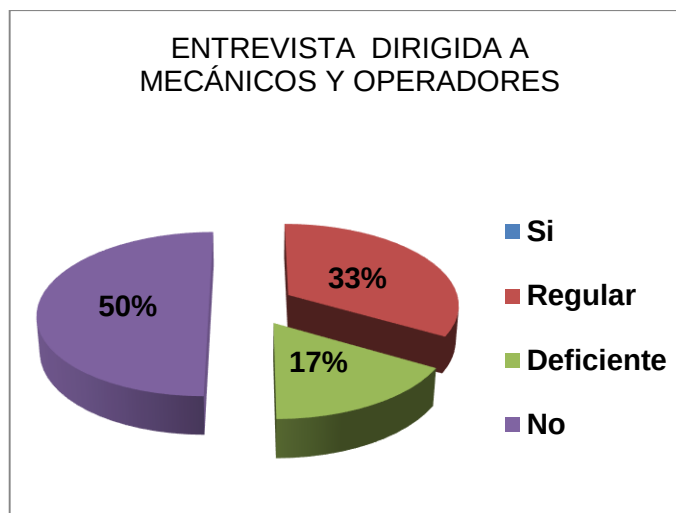
GRÁFICO N° 10
RESULTADO DE LA PREGUNTA 6



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Pregunta 7. ¿Cuenta la empresa con un programa que abarque los tipos de mantenimiento preventivo y correctivo?

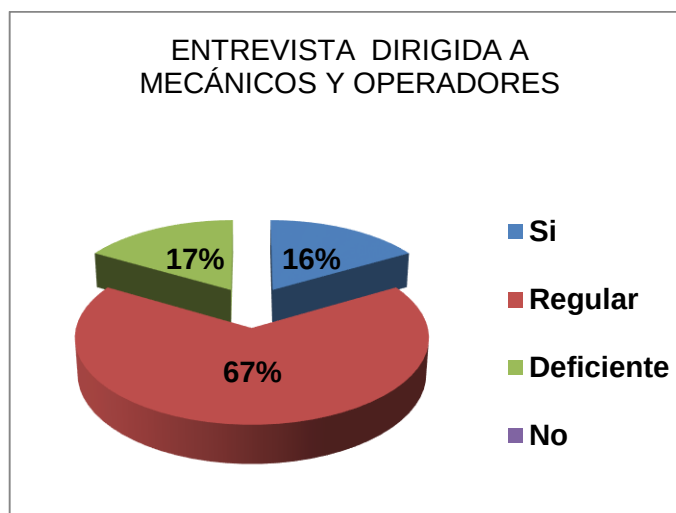
GRÁFICO N° 11
RESULTADO DE LA PREGUNTA 7



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Pregunta 8. ¿La empresa cuenta con los recursos y herramientas necesarias para realizar el mantenimiento en sus máquinas?

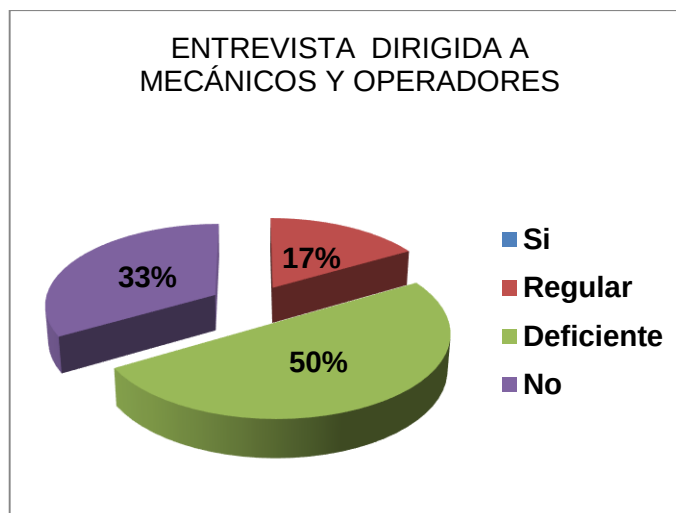
GRÁFICO N° 12
RESULTADO DE LA PREGUNTA 8



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Pregunta 9. ¿Se cuenta con un stock de repuestos para cada máquina al momento que se da mantenimiento?

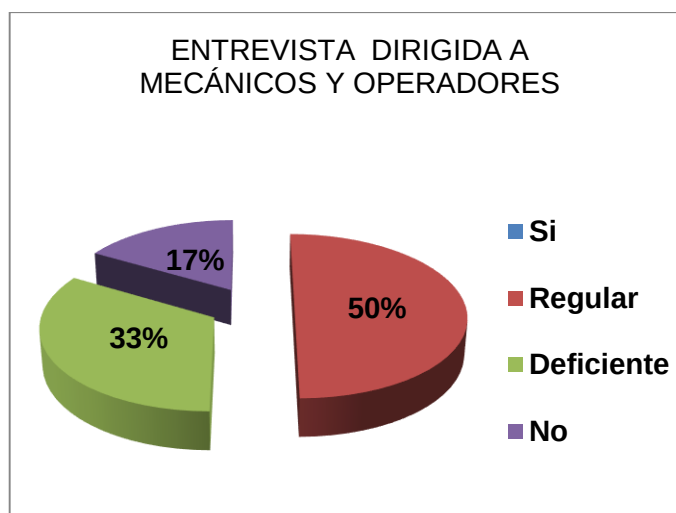
GRÁFICO N° 13
RESULTADO DE LA PREGUNTA 9



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Pregunta 10. ¿Se realiza evaluaciones de desempeño laboral de cada operario o mecánico?

GRÁFICO N° 14
RESULTADO DE LA PREGUNTA 10



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

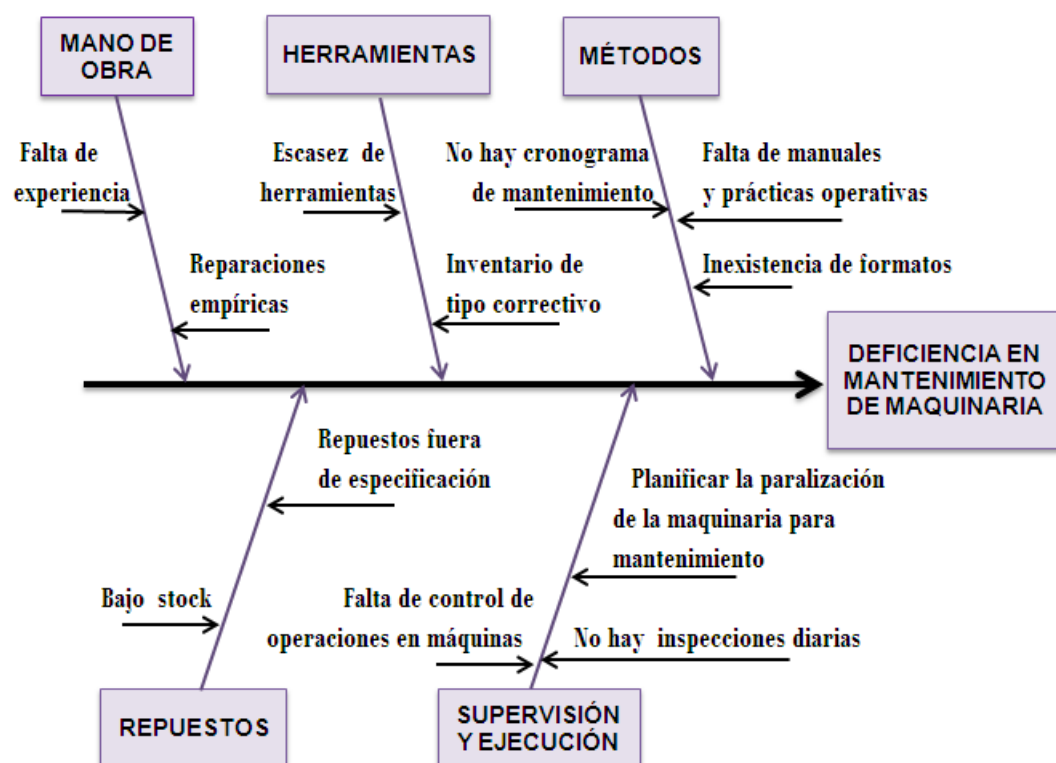
Análisis del resultado en la entrevista a mecánicos y operadores

Mediante las repuestas que dieron las seis personas que fueron entrevistadas se pudo recopilar la siguiente información; no se cuenta con un cronograma designado que les permita la paralización de la maquinaria para realizar el mantenimiento, no hay manuales de los equipos, no hay el adecuado stock de repuestos para cada máquina al momento que se da mantenimiento.

2.3.1.4. Diagrama de Causa – Efecto

Mediante la herramienta técnica de Ingeniería llamada Diagrama Causa-Efecto ó Ishikawa explicaremos los problemas de mantenimiento que se dan en la maquinaria de la empresa.

GRÁFICO N° 15
DIAGRAMA CAUSA-EFECTO



Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

2.3.2. Etapa 2 Determinación de las Necesidades del Mantenimiento de la Maquinaria de la Empresa

En esta fase conoceremos la maquinaria de producción con que cuenta la empresa y mediante el método de la caja negra será más fácil de entender la función de cada máquina a través de sus entradas y salidas. Para determinar las necesidades de mantenimiento de las máquinas se realizará el análisis de fallos, y criticidad con la técnica RCM que lo veremos más adelante en el Capítulo III de la propuesta.

2.3.2.1. Maquinarias de Producción de la Empresa

Las máquinas que son objetos de este estudio y que se encuentran en la planta de producción de la empresa son: 3 mezcladores de líquidos, 2 mezcladores de polvo, 1 mezclador de cremas, un caldero, y un ablandador de agua.

2.3.2.2. Mezclador de Cremas

Esta máquina mezcla materias primas líquidas espesas y polvos para obtener producto final como, crema lava vajilla. Las materias primas ingresan al tanque por la parte superior, en la parte interior del tanque se encuentra un eje de dos pulgadas con paletas que mezclan el producto en un determinado tiempo que varía entre 60 y 90 minutos.

CUADRO N° 5
DATOS DEL MEZCLADOR DE CREMAS

CAPACIDAD	400 KG
TANQUE	ACERO INOXIDABLE.
MOTOR	3 HP, 1750 RPM, 220V
SISTEMA REDUCTOR	MOTOREDUCTOR
SISTEMA DE MEZCLA	EJE CENTRAL CON PALAS PLANAS
DESCARGA	VÁLVULA TAJADERA
SISTEMA CALEFACTABLE	CAMISA EXTERIOR PARA VAPOR

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

GRÁFICO N° 16 MEZCLADOR DE CREMAS



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

2.3.2.3. Mezcladores de Líquidos

Su función es mezclar materias primas líquidas para obtener producto final como, solventes, desoxidantes, insecticidas.

Las materias primas ingresan al tanque por la parte superior, en la parte interior del tanque se encuentra un eje de dos pulgadas con hélices que mezclan el producto en un determinado tiempo que varía entre 30 y 45 minutos dependiendo del producto.

CUADRO N° 6
DATOS DE MEZCLADOR 1 DE LÍQUIDOS

CAPACIDAD	1000 LT.
TANQUE	ACERO INOXIDABLE.
MOTOR	3 HP, 1750 RPM, 220V
SISTEMA REDUCTOR	POLEAS Y BANDAS
SISTEMA DE MEZCLA	EJE CENTRAL CON HELICES
DESCARGA	VÁLVULA DE SALIDA DE 2 PULGADAS
SISTEMA CALEFACTABLE	CAMISA EXTERIOR PARA VAPOR

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

GRÁFICO N° 17
MEZCLADOR 1 DE LÍQUIDOS



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CUADRO N° 7
DATOS DE MEZCLADOR 2 DE LÍQUIDOS

CAPACIDAD	3000 LT.
TANQUE	ACERO INOXIDABLE.
MOTOR	3 HP, 1140 RPM, 220V
SISTEMA REDUCTOR	POLEAS Y BANDAS
SISTEMA DE MEZCLA	EJE CENTRAL CON HELICES
DESCARGA	VÁLVULA DE SALIDA DE 2 PULGADAS
SISTEMA CALEFACTABLE	CAMISA EXTERIOR PARA VAPOR

Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

GRÁFICO N° 18
MEZCLADOR 2 DE LÍQUIDOS



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CUADRO N° 8
DATOS DE MEZCLADOR 3 DE LÍQUIDOS

CAPACIDAD	3000 LT.
TANQUE	ACERO INOXIDABLE.
MOTOR	3 HP, 1450 RPM, 220V
SISTEMA REDUCTOR	POLEAS Y BANDAS
SISTEMA DE MEZCLA	EJE CENTRAL CON HELICES
DESCARGA	VÁLVULA DE SALIDA DE 2 PULGADAS
SISTEMA CALEFACTABLE	CAMISA EXTERIOR PARA VAPOR

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

GRÁFICO N° 19
MEZCLADOR 3 DE LÍQUIDOS



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

2.3.2.4. Mezcladores de Polvo

En la planta de Quimicamp hay dos mezcladores de polvo estos son; un Bicónico y otro Horizontal.

CUADRO N° 9
DATOS DEL MEZCLADOR BICÓNICO DE POLVOS

CAPACIDAD	200 KG
TANQUE	ACERO INOXIDABLE.
MOTOR	3 HP, 1140 RPM, 220V
SISTEMA REDUCTOR	MOTOREDUCTOR, CATALINAS Y CADENA
SISTEMA DE MEZCLA	GIRO VERTICAL DE CILINDRO-BICÓNICO
DESCARGA	VÁLVULA TAJADERA

Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

GRÁFICO N° 20
MEZCLADOR BICÓNICO DE POLVOS



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

El mezclador de polvo se utiliza para mezclar el polvo o material húmedo para hacer la relación de diferentes materiales mezclados uniformemente obteniendo producto final como, detergentes industriales, el tiempo de mezcla es entre 15 y 30 minutos dependiendo del detergente que se va a elaborar.

CUADRO N° 10
DATOS DE MEZCLADOR HORIZONTAL DE POLVOS

CAPACIDAD	400 KG
TANQUE	FONDO DE ACERO INOXIDABLE.
MOTOR	3 HP, 1750 RPM, 220V
SISTEMA REDUCTOR	MOTOREDUCTOR, CATALINAS Y CADENAS
SISTEMA DE MEZCLA	EJE HORIZONTAL DE PLATINAS ESPIRALES
DESCARGA	VÁLVULA TAJADERA

Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

GRÁFICO N° 21
MEZCLADOR HORIZONTAL DE POLVOS



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

2.3.2.5. Caldero Vertical

El caldero se lo utiliza para la elaboración de producto como lubricantes, mediante la transferencia de vapor a la camisa del mezclador de líquido en un tiempo de 120 minutos. El agua de entrada que alimenta el sistema, debe estar ablandada.

CUADRO N° 11
DATOS DE CALDERO VERTICAL

MARCA	YORK
POTENCIA	10 BHP
PRESIÓN	75 PSI
COMBUSTIBLE	DIESEL
ALTURA	1700 mm
DIAMETRO DE CUERPO	850 mm
ALIMENTACION	AGUA ABLANDADA

Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

GRÁFICO N° 22
CALDERO VERTICAL



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

2.3.2.6. Ablandador de Agua

El ablandador de agua es como un tipo de filtro de agua, que ayuda a desaparecer el excedente de calcio, magnesio, bicarbonato y sulfato de iones del agua. Esto apoya la eliminación de la dureza del agua e impide los problemas comunes relacionados con el agua dura. El agua ablandada alimenta al Caldero y también se la utiliza para la elaboración de algunos productos de la empresa.

**CUADRO N° 12
DATOS DEL ABLANDADOR DE AGUA**

MARCA	FULTON
MODELO	FB150900 TW/ALT
CAPACIDAD	7000 GLN.
ALTURA	1300 mm
ANCHO	450 mm
RANGO DE PRESION	25 a 125 PSI
REGENERACION	TANQUE CON SALMUERA

Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

**GRÁFICO N° 23
ABLANDADOR DE AGUA**

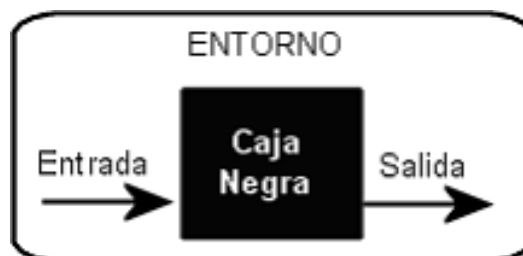


Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

2.3.2.7. Método de la Caja Negra

Se denomina Caja Negra a aquel componente que es analizado desde el punto de vista de las entradas que recibe y las salidas o respuestas que origina, sin tener en cuenta su funcionamiento interno.

GRÁFICO N° 24
MÉTODO DE LA CAJA NEGRA

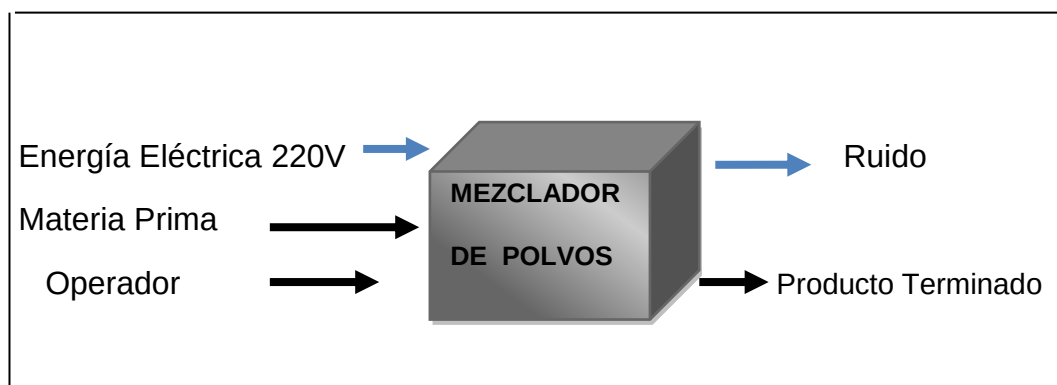


Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Para averiguar cómo funciona una máquina, podemos representarla ocultando los elementos que la componen: tornillos, palancas, pedales, cadenas, correas, entre otros, en una caja negra.

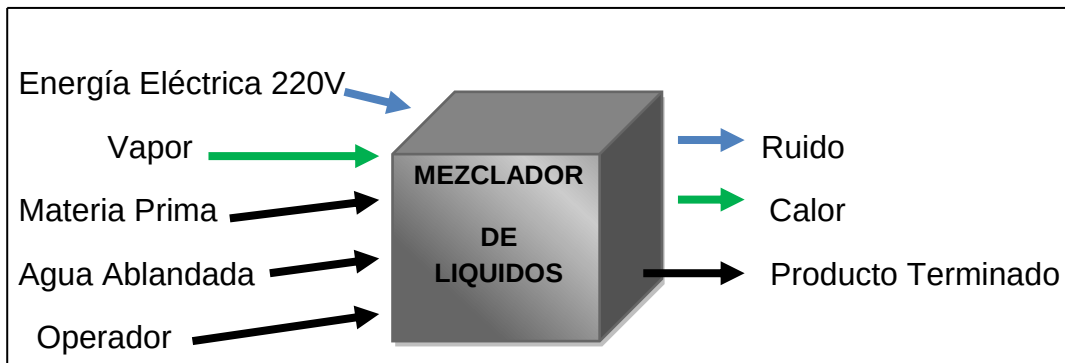
Se le denomina caja negra porque no podemos ver lo que hay en su interior, a continuación aplicaremos este método gráfico a las máquinas de la empresa Quimicamp.

GRÁFICO N° 25
CAJA NEGRA DE MEZCLADORES DE POLVOS



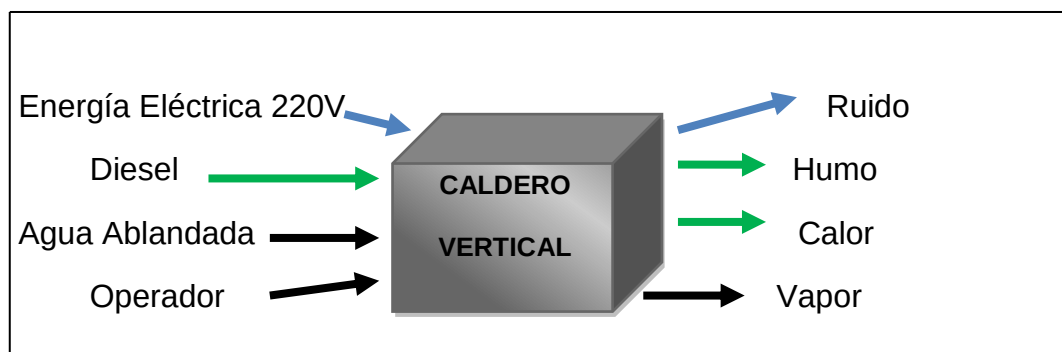
Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

GRÁFICO N° 26
CAJA NEGRA DE MEZCLADORES DE CREMAS Y LÍQUIDOS



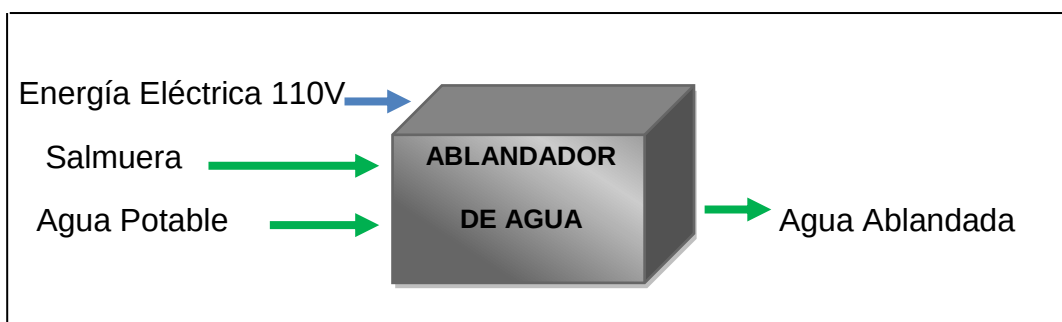
Fuente: Investigación Directa
 Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

GRÁFICO N° 27
CAJA NEGRA DEL CALDERO VERTICAL



Fuente: Investigación Directa
 Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

GRÁFICO N° 28
CAJA NEGRA DEL ABLANDADOR DE AGUA



Fuente: Investigación Directa
 Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

2.3.3. Etapa 3 Diseño del Plan de Mantenimiento.

En esta fase la cual es el diseño del plan de mantenimiento, lo realizaremos basándonos en la técnica del RCM o Reliability Centred Maintenance (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) que está compuesto por una serie de fases que aplicaremos en este estudio.

- Fase 1. Listado y codificación de equipos.
- Fase 2. Listado de funciones y especificaciones.
- Fase 3. Determinación de las fallas funcionales y fallas técnicas.
- Fase 4. Determinación de los modelos de falla.
- Fase 5. Análisis de la gravedad de los fallos, criticidad.
- Fase 6. Determinación de las medidas preventivas.
- Fase 7. Agrupación de las medidas preventivas, elaboración del Plan de Mantenimiento.

CAPÍTULO III

PROPUESTA

Para realizar la propuesta del plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de la empresa Quimicamp, nos apoyaremos en el proceso de la técnica RCM que plantea Santiago García Garrido autor de varios libros de mantenimiento.

3.1. Objetivo de la Propuesta

El objetivo principal de la propuesta mediante la técnica del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) es pasar de un mantenimiento correctivo que genera grandes costos por la baja confiabilidad de los equipos y por la pérdida de producción por el no funcionamiento de la maquinaria, a un mantenimiento preventivo el cual está basado en RCM, para así aumentar la confiabilidad de los equipos.

3.2. Elaboración de la Propuesta

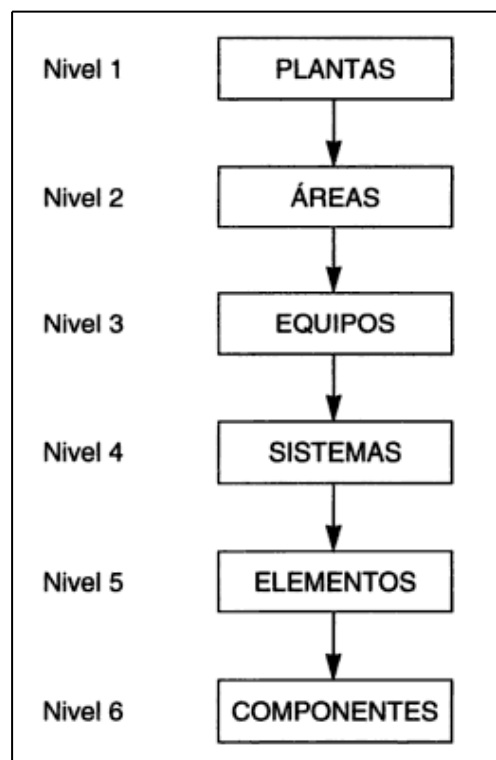
El desarrollo de la propuesta de Mantenimiento RCM para las máquinas de elaboración de la empresa Quimicamp busca el aumento de la disponibilidad de las máquinas de la empresa y la disminución de los costes de mantenimiento siguiendo las fases del proceso RCM.

3.2.1. Listado y Codificación de las Máquinas (Fase 1)

Si deseamos realizar una lista de máquinas realmente útil, debemos expresar esta lista en forma arbórea en las que se muestren las

relaciones en forma de dependencia de cada uno de los ítems con los restantes. En una planta industrial podemos distinguir los siguientes niveles a la hora de elaborar una estructura arbórea:

GRÁFICO N° 29
ESTRUCTURA ARBOREA PARA EL LISTADO DE LA MAQUINARIA



Fuente: Libro de Organización integral del mantenimiento
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Una empresa puede tener una o varias plantas de producción, de las cuales cada una se puede dividir en distintas zonas o áreas funcionales, cada una de estas áreas estará conformada por un conjunto de máquinas iguales, o distintas, que tienen una entidad propia.

Cada máquina a su vez está dividida en una serie de sistemas funcionales que se ocupan de una función. Los sistemas a su vez se dividen en elementos. Los componentes son partes más pequeñas de los elementos y son las partes que habitualmente se sustituyen en una reparación.

3.2.1.1. Listado de las Máquinas de la Empresa

La empresa Quimicamp cuenta con una sola planta de Producción la que está conformada por tres áreas en las que se encuentran las máquinas que veremos en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 13
LISTADO DE LA MAQUINARIA DE QUIMICAMP

PLANTA INDUSTRIAL DE QUIMICAMP		
Nivel 1 ÁREA	Nivel 2 MÁQUINA	Nivel 3 SISTEMA
1. ÁREA DE CALDERO	Caldero Vertical	Sistema de adición de agua
		Sistema de adición de diesel
		Sistema de adición de aire
		Sistema de quemador
		Sistema de control de flujos.
	Ablandador de Agua	Sistema de ablandamiento
		Sistema de regeneración
	Mezclador de Cremas	Sistema de transmisión
		Sistema de mezcla
		Sistema Calefactable
		Sistema de descarga
		Sistema de transmisión
		Sistema de mezcla
		Sistema Calefactable
		Sistema de descarga
		Sistema de transmisión
		Sistema de mezcla
		Sistema Calefactable
		Sistema de descarga
3 ÁREA DE POLVOS	Mezclador 3 de Líquidos	Sistema de transmisión
		Sistema de mezcla
		Sistema Calefactable
	Mezclador de polvos Bicónico	Sistema de descarga
		Sistema de transmisión
		Sistema de mezcla
		Sistema Calefactable
		Sistema de descarga
		Sistema de transmisión
		Sistema de mezcla
	Mezclador de polvos Horizontal	Sistema de transmisión
		Sistema de mezcla
		Sistema de descarga

Fuente: Investigación Directa

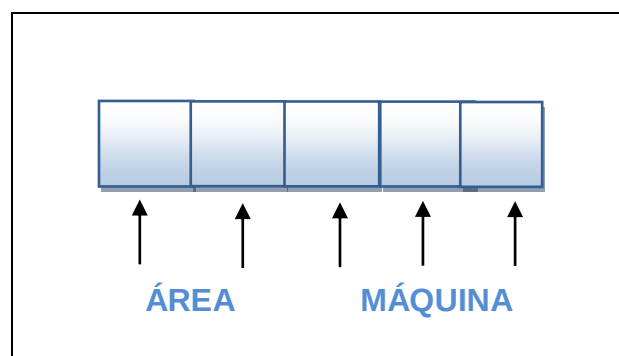
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

3.2.1.2. Codificación de las Máquinas de la Empresa

Una vez realizada la lista de las máquinas es muy importante identificar cada máquina con un código único. Esto facilita su ubicación, su informe en órdenes de trabajo, en planos, permite la elaboración de bitácoras históricas de fallos e intervenciones, permite el cálculo de indicadores referidos a áreas, equipos, sistemas, elementos, etc.

Para definir el código de las máquinas de la empresa se ha determinado la siguiente estructura:

GRÁFICO N° 30
ESTRUCTURA DE CODIFICACIÓN



Fuente: Libro de Organización integral del mantenimiento
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Esta codificación se la ha realizado para las ocho máquinas de elaboración de la empresa en el que los dos primeros caracteres indica el área donde se encuentra la máquina y los tres últimos caracteres está compuesto por las siglas de las máquinas y un número que diferencia su similitudes.

De acuerdo a las áreas y las máquinas de elaboración que tiene la empresa se ha designado los códigos que presentamos en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 14
CODIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE QUIMICAMP

MÁQUINA	CÓDIGO
Caldero Vertical	A1-CV1
Ablandador de Agua	A1-AA1
Mezclador de Cremas	A2-MC1
Mezclador 1 de Líquidos	A2-ML1
Mezclador 2 de Líquidos	A2-ML2
Mezclador 3 de Líquidos	A2-ML3
Mezclador de polvo Bicónico	A3-MB1
Mezclador de polvo Horizontal	A3-MH1

Fuente: Investigación Directa
 Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

3.2.2. Listado de Funciones (Fase 2)

En esta fase vamos realizar un listado para detallar todas las funciones que tienen los sistemas de cada máquina que se está estudiando, cuantificando cuando sea posible como se realiza esa función y así poder facilitar la determinación de fallos funcionales.

El Listado de funciones se lo ha elaborado con un cuadro para cada máquina, cada cuadro está conformado por tres columnas.

En la primera columna están los sistemas de las máquinas, en la segunda columna están todos los elementos que conforma cada sistema y en la tercer columna se encuentra la función que realiza cada sistema conjuntamente con sus elementos.

CUADRO N° 15
FUNCIONES DE SISTEMAS DEL CALDERO VERTICAL
(A1-CV1)

SISTEMAS	ELEMENTOS	FUNCIONES
Sistema de adición de agua	Tanque de condensado, motor, bomba, válvulas de paso, aditivo químico, diafragma.	Proporcionar al caldero el volumen necesario de agua que se convertirá en vapor.
Sistema de adición de diesel	Tanque reservorio de diesel, filtro, cañería de acero negro, bomba, electroválvula.	Suministrar el combustible (diesel) para formar la llama.
Sistema de adición de aire	Ventilador, motor, rotor.	Proveer el aire necesario para que se genere la combustión.
Sistema de quemador	Transformador de ignición, electrodos, reláis, fotocélula, deflector, boquilla pulverizadora, chimenea de evacuación de humos.	Regular la llama de acuerdo a las necesidades del caldero.
Sistema de control y nivel de flujo	McDonnell, presostato, manómetro, válvula de seguridad, visor cilíndrico de vidrio nivel de agua.	Controlar los niveles de fluidos.

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CUADRO N° 16
FUNCIONES DE SISTEMAS DEL ABLANDADOR DE AGUA
(A1-AA1)

SISTEMAS	ELEMENTOS	FUNCIONES
Sistema de ablandamiento	Cabezal automático, tanque de presión, resina catiónica, tubo de aspiración, sostén de grava, válvula múltiple.	Sustituir los iones de calcio y magnesio (agua dura), por iones de sodio.
Sistema de regeneración	Tanque salero, válvula de entrada, flotador, conducto de salida de sal.	Regenerar con sal, la resina saturada por calcio y magnesio.

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CUADRO N° 17
FUNCIONES DE SISTEMAS DEL MEZCLADOR DE CREMAS
(A2-MC1)

SISTEMAS	ELEMENTOS	FUNCIONES
Sistema de transmisión	Reductor, motor, árbol, chumaceras, piñones, helicoidales.	Reducir las 1140 rpm del motor a 50 rpm.
Sistema de mezcla	Eje central, paletas planas, tanque de acero inoxidable.	Mezclar hasta 400 kg de materias primas de una determinada fórmula.
Sistema calefactable	Camisa calefactable a vapor, válvula de entrada, válvula de purga de condensado.	Transmitir al producto en el tanque hasta 80 °C de temperatura.
Sistema de descarga	Válvula tajadera, tornillo sin fin, manivela.	Descargar hasta 2,5 kg de producto cremoso cada 6 segundos.

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CUADRO N° 18
FUNCIONES DE SISTEMAS DEL MEZCLADOR 1 DE LÍQUIDOS
(A2-ML1)

SISTEMAS	ELEMENTOS	FUNCIONES
Sistema de transmisión	Motor, poleas, bandas trapecial, chumaceras.	Reducir las 1750 rpm del motor a 400 rpm.
Sistema de mezcla	Eje central, hélice de aspas vertical, turbina de aspas tipo licuadora, tanque de acero inoxidable.	Mezclar hasta 1000 Lt. de materias primas de una determinada fórmula.
Sistema calefactable	Camisa calefactable a vapor, válvula de entrada, válvula de purga condensado.	Transmitir al producto en el tanque hasta 80 °C de temperatura.
Sistema de descarga	Válvula de salida de 2", acople cilíndrico de 2".	Descargar hasta 200 Lt. de producto líquido entre 5 y 7 minutos.

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CUADRO N° 19
FUNCIONES DE SISTEMAS DEL MEZCLADOR 2 DE LÍQUIDOS
(A2-ML2)

SISTEMAS	ELEMENTOS	FUNCIONES
Sistema de transmisión	Motor, poleas, bandas trapecial, chumaceras.	Reducir los 1140 rpm del motor a 350 rpm.
Sistema de mezcla	Eje central, hélice de aspas inclinada, turbina de aspas tipo licuadora, tanque de acero inoxidable.	Mezclar hasta 3000 Lt. de materias primas de una determinada fórmula.
Sistema calefactable	Camisa calefactable a vapor, válvula de entrada, válvula de purga de condensado.	Transmitir al producto en el tanque hasta 80 °C de temperatura.
Sistema de descarga	Válvula de salida de 2", acople cilíndrico de 2".	Descargar hasta 200 Lt. de producto líquido entre 5 y 7 minutos.

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CUADRO N° 20
FUNCIONES DE SISTEMAS DEL MEZCLADOR 3 DE LÍQUIDOS
(A2-ML3)

SISTEMAS	ELEMENTOS	FUNCIONES
Sistema de transmisión	Motor, poleas, bandas trapecial, chumaceras.	Reducir los 1140 rpm del motor a 300 rpm.
Sistema de mezcla	Eje central, hélice de aspas inclinada, turbina de aspas tipo licuadora, tanque de acero inoxidable.	Mezclar hasta 3000 Lt. de materias primas de una determinada fórmula.
Sistema calefactable	Camisa calefactable a vapor, válvula de entrada, válvula de purga de condensado.	Transmitir al producto en el tanque hasta 80 °C de temperatura.
Sistema de descarga	Válvula de salida de 2", acople cilíndrico de 2".	Descargar hasta 200 Lt. de producto líquido entre 5 y 7 minutos.

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CUADRO N° 21
FUNCIONES DE SISTEMAS DEL MEZCLADOR BÍCONICO
(A3-MB1)

SISTEMAS	ELEMENTOS	FUNCIONES
Sistema de transmisión	Reductor, motor, catalina dentada, cadena de rodillos, chumaceras.	Reducir los 1140 rpm del motor a 28 rpm.
Sistema de mezcla	Giro vertical de cilindro bicónico de acero inoxidable.	Mezclar hasta 200 Kg de materias primas de una determinada fórmula.
Sistema de descarga	Válvulas tajaderas, tornillo sin fin, manivela.	Descargar hasta 50 kg de producto en polvo, cada 40 segundos.

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CUADRO N° 22
FUNCIONES DE SISTEMAS DEL MEZCLADOR HORIZONTAL
(A3-MH1)

SISTEMAS	ELEMENTOS	FUNCIONES
Sistema de transmisión	Reductor, motor, catalina dentada, cadena de rodillos, chumaceras.	Reducir los 1750 rpm del motor a 50 rpm.
Sistema de mezcla	Eje horizontal, platinas espirales, depósito interno de acero inoxidable.	Mezclar hasta 400 Kg de materias primas de una determinada fórmula.
Sistema de descarga	Válvula tajadera, tornillo sin fin, manivela.	Descargar hasta 150 kg de producto en polvo, cada 2 minutos.

Fuente: Investigación Directa
 Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

3.2.3. Determinación de los Fallos Funcionales y los Modos de Fallos (Fase 3 y 4)

Un fallo es la incapacidad de un equipo, sistema, o elemento para efectuar alguna de sus funciones.

García (2003), “Definiremos como **fallo funcional** aquel fallo que impide al sistema en su conjunto cumplir su función principal, naturalmente son los más importantes.” (García, 2003, pág. 39)

Por ello manifestamos en el apartado anterior que sí elaboramos correctamente el listado de funciones, es muy fácil determinar los fallos: tendremos un posible fallo por cada función que tenga el ítem (sistema, subsistema o equipo) y no se cumpla.

Una vez determinados todos los fallos que pueden surgir en una máquina, sistema, o elemento, deben estudiarse los modos de fallo.

Sobre los modos de fallos indica García (2003), “Podríamos definir **modo de fallo** como la causa primaria de un fallo, o como las circunstancias que acompañan un fallo concreto.” (García, 2003, pág. 42)

Cada fallo funcional o técnico, puede exponer múltiples modos de fallo. Cada modo de fallo puede tener a su vez múltiples causas, y estas a su vez otras causas.

Para identificar los fallos que tengan las máquinas, se realiza mediante la verificación de la función de cada sistema y elemento.

La información utilizada para determinar los fallos que han existido en la maquinaria de la empresa, ha sido buscar en la bitácora de mantenimiento los históricos de averías, además de entrevistas al personal de mantenimiento, con estos resultados se investigan las máquinas que tienen el mayor problema tanto en paradas como daños.

El registro de averías es un punto muy importante ya que contiene el historial de los sucesos dados en la maquinaria de la empresa, lo que nos permite conocer cuáles son los daños más comunes que se han estado suscitando tiempo atrás y que es la razón por la que realizamos este trabajo, buscar la solución al permanente daño en la maquinaria de la empresa.

En el siguiente cuadro distinguimos los fallos funcionales más comunes con sus modos de fallos, que se han obtenido de las bitácoras de averías en los elementos y sistemas de cada máquina en la cual utilizaremos los códigos que asignamos en el CUADRO N° 14.

Este historial de fallos no lo facilitó la empresa de los cuales tomamos el último año a partir de Enero del 2014 para detectar los problemas más comunes de estas máquinas.

CUADRO N° 23
FALLOS FUNCIONALES Y MODOS DE FALLOS DE LAS MÁQUINAS

MÁQUINA (CÓDIGO)	SISTEMA	ELEMENTO	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO	FRECUENCIA
A1-CV1	Sistema de adición de agua	Tanque de condensado	Fuga de agua en Tanque	Fisura por corrosión	3
	Sistema de adición de diesel	Filtro de combustible	Deficiencia de diesel en el quemador	Filtro se encuentra tapado	4
	Sistema de quemador	Transformador de ignición	Recalentamiento	Sobretensión en transformador	2
		Chimenea de evacuación	Fugas de humo	Corrosión, deterioro de chimenea	1
		Electrodos	Falla en chispa de encendido	Electrodos sucios	6
		Boquilla pulverizadora	Sistema de quemador no enciende	Boquilla pulverizadora partida	3
	Sistema de control y nivel de flujo	McDonnell	El caldero no arranca	EL McDonnell marca nivel bajo de agua	4
		Visor cilíndrico de vidrio	Fuga de agua y vapor del caldero	El visor de vidrio se trizó	1
A1-AA1	Sistema de ablandamiento	Tanque de resina	Dureza del agua sale alta	Falta de sal para mantener activa la resina	3
	Sistema de regeneración	Conducto de salida de sal	Baja eficiencia del sistema	Taponamiento de conducto de salida de sal	4
		Flotador	Llenado excesivo de tanque	Flotador flojo	3
		Válvula múltiple	Fuga de agua	Desgaste de sellos	4
A2-MC1	Sistema de transmisión	Motor	Alta vibración	Rodamientos en mal estado	4
	Sistema calefactable	Camisa calefactable a vapor	Retardación en calentar el producto del tanque	Incrustaciones en válvula de entrada en camisa	3
	Sistema de descarga	Válvula tajadera	Fuga de producto cremoso	desgaste en compuerta de la válvula	3

CONTINUACIÓN DEL CUADRO N° 23
FALLOS FUNCIONALES Y MODOS DE FALLOS DE LAS MÁQUINAS

A2-ML1	Sistema de transmisión	Bandas trapeciales	Transmisión deficiente al eje central	Bandas tostadas y sin agarre	4
		Chumacera	Ruido excesivo	Rodamientos de chumaceras deteriorados	2
	Sistema de descarga	Válvula de descarga de 2"	Fuga en Válvula de descarga	Sellos de Válvula desgastado	3
A2-ML2	Sistema de transmisión	Motor	Alta temperatura de la carcasa	Ventilador roto	1
	Sistema de mezcla	Hélice de aspas inclinadas	Rozamiento de hélice en fondo de tanque	Hélice deformada	2
		Tanque de acero inoxidable	Fuga de producto líquido en el tanque	Fisura en tanque de acero inoxidable	2
	Sistema de descarga	Válvula de descarga de 2"	Fuga en Válvula de descarga	Sellos de Válvula desgastado	6
A2-ML3	Sistema de transmisión	Motor	Motor no gira	Bobina quemada	1
	Sistema de mezcla	Eje central	Vibración Excesiva	Eje doblado	1
	Sistema de descarga	Válvula de descarga de 2"	Fuga en Válvula de descarga	Sellos de Válvula desgastado	8
A3-MB1	Sistema de transmisión	Reductor	Engranajes deteriorados	Bajo nivel de aceite	5
	Sistema de descarga	Válvula tajadera	Fuga de producto de polvo	desgaste en compuerta de la válvula	3
A3-MH1	Sistema de transmisión	Catalina dentada	No hay transmisión al sistema de mezcla	Prisionero no ajusta la chaveta de la catalina	7
		Cadena de rodillo	No hay transmisión al sistema de mezcla	Pasador de cadena suelto	4
	Sistema de descarga	Tornillo sin fin	Manivela no gira	Falta de lubricación	5

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Como podemos observar existen muchas paradas de la maquinaria por fallos repetitivos y los hemos ordenado de acuerdo al sistema de cada máquina, ya que el historial mismo nos indica que los problemas surgen más de una vez.

Esta situación causa malestar a la gerencia ya que los costos de mantenimiento y mano de obra aumentan generando disminución de utilidades y sobre todo un problema mucho mayor menos tiempo de vida útil en la maquinaria.

3.2.3.1. Diagrama de Pareto para la Priorización de Sistemas

El objetivo de elaborar el diagrama de Pareto para la maquinaria de la empresa es encontrar los sistemas que mayor problema tengan desde su inicio de funcionamiento.

Al utilizar este método gráfico se puede encontrar los puntos críticos que no han permitido el desarrollo del proceso.

Un diagrama correctamente elaborado pone en certeza la dirección hacia donde deben concentrarse los esfuerzos, para reducir o eliminar los aspectos del problema que más inciden en la situación que se estudia.

El diagrama de Pareto se elabora tomando como datos el número de fallos y horas de paradas no programadas de la maquinaria que se encuentran registradas en el historial de averías de la empresa.

En el siguiente cuadro se detallan, el código de máquina, los sistemas de cada máquina, el número de paradas y el número de horas de las paradas.

CUADRO N° 24
NÚMEROS DE HORAS DE PARA DE LAS MÁQUINAS DESDE ENERO
HASTA DICIEMBRE DEL 2014

MÁQUINA (CÓDIGO)	SISTEMA	NUMERO DE PARADAS	HORAS DE PARA
A1-CV1	Sistema de adición de agua	3	12
	Sistema de adición de diesel	4	8
	Sistema de quemador	12	22
	Sistema de control y nivel de flujo	5	11
A1-AA1	Sistema de ablandamiento	3	6
	Sistema de regeneración	11	15
A2-MC1	Sistema de transmisión	4	16
	Sistema calefactable	3	6
	Sistema de descarga	3	6
A2-ML1	Sistema de transmisión	6	16
	Sistema de descarga	3	6
A2-ML2	Sistema de transmisión	1	2
	Sistema de mezcla	4	24
	Sistema de descarga	6	9
A2-ML3	Sistema de transmisión	1	4
	Sistema de mezcla	1	5
	Sistema de descarga	8	12
A3-MB1	Sistema de transmisión	5	10
	Sistema de descarga	3	3
A3-MH1	Sistema de transmisión	11	15
	Sistema de descarga	5	5

Fuente: Investigación Directa
 Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

A continuación se realiza un orden estadístico de los datos obtenidos para elaborar el diagrama de Pareto en función de los números de paradas.

El cuadro está formado por cuatros columnas, en la primera columna está el sistema con el código de la máquina al que pertenece, en la segunda la frecuencia o número de parada de los sistemas, en la tercera columna se encuentra el cálculo del porcentaje y en la cuarta el porcentaje acumulado.

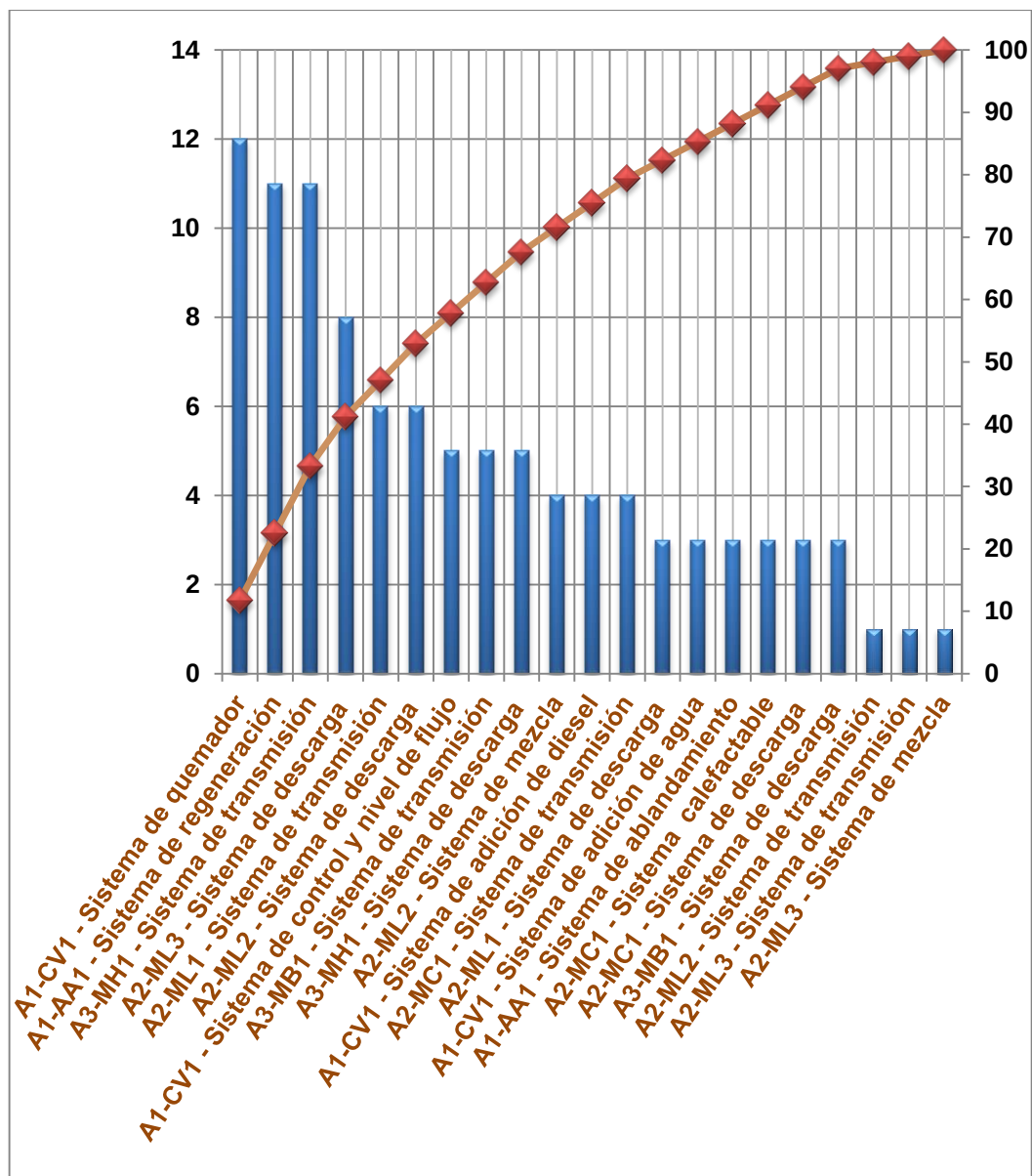
CUADRO N° 25
ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE PARADAS

SISTEMA	NUMERO DE PARADAS	% Porcentaje	% Acumulado
A1-CV1 - Sistema de quemador	12	11,76	11,76
A1-AA1 - Sistema de regeneración	11	10,78	22,55
A3-MH1 - Sistema de transmisión	11	10,78	33,33
A2-ML3 - Sistema de descarga	8	7,84	41,18
A2-ML1 - Sistema de transmisión	6	5,88	47,06
A2-ML2 - Sistema de descarga	6	5,88	52,94
A1-CV1 - Sistema de control y nivel de flujo	5	4,90	57,84
A3-MB1 - Sistema de transmisión	5	4,90	62,75
A3-MH1 - Sistema de descarga	5	4,90	67,65
A2-ML2 - Sistema de mezcla	4	3,92	71,57
A1-CV1 - Sistema de adición de diesel	4	3,92	75,49
A2-MC1 - Sistema de transmisión	4	3,92	79,41
A2-ML1 - Sistema de descarga	3	2,94	82,35
A1-CV1 - Sistema de adición de agua	3	2,94	85,29
A1-AA1 - Sistema de ablandamiento	3	2,94	88,24
A2-MC1 - Sistema calefactable	3	2,94	91,18
A2-MC1 - Sistema de descarga	3	2,94	94,12
A3-MB1 - Sistema de descarga	3	2,94	97,06
A2-ML2 - Sistema de transmisión	1	0,98	98,04
A2-ML3 - Sistema de transmisión	1	0,98	99,02
A2-ML3 - Sistema de mezcla	1	0,98	100,00
TOTAL	102	100,00	

Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

A continuación en el GRÁFICO N° 31 se puede apreciar el diagrama de Pareto de las máquinas con relación al número de paradas.

GRÁFICO N° 31
DIAGRAMA DE PARETO DE LOS SISTEMAS DE LAS
MÁQUINAS CON RELACIÓN AL NÚMERO DE PARADAS



Fuente: Investigación Directa
 Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

De la misma manera se procede con el siguiente diagrama pero ahora en función del número de horas de Para.

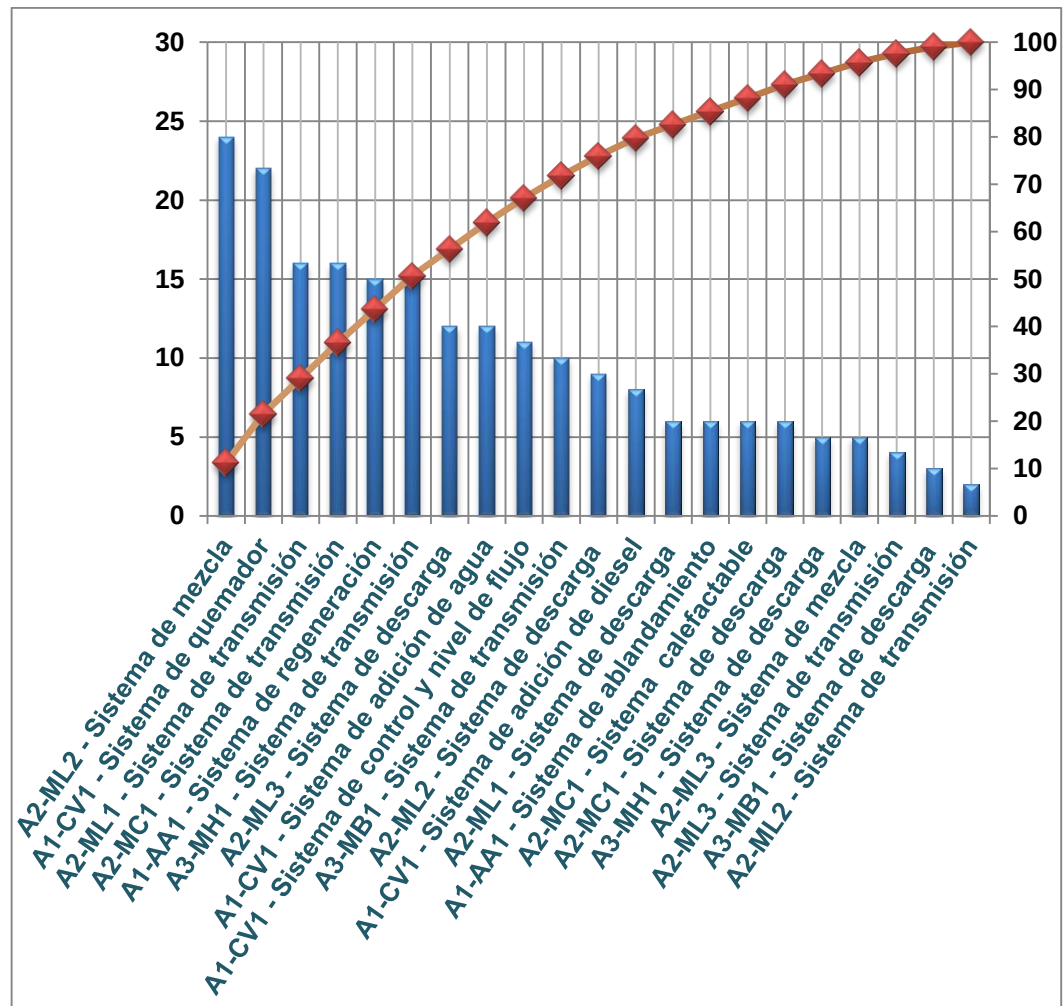
CUADRO N° 26
ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE
HORAS DE PARA

SISTEMA	NUMERO DE PARADAS	% Porcentaje	% Acumulado
A2-ML2 - Sistema de mezcla	24	11,27	11,27
A1-CV1 - Sistema de quemador	22	10,33	21,60
A2-ML1 - Sistema de transmisión	16	7,51	29,11
A2-MC1 - Sistema de transmisión	16	7,51	36,62
A1-AA1 - Sistema de regeneración	15	7,04	43,66
A3-MH1 - Sistema de transmisión	15	7,04	50,70
A2-ML3 - Sistema de descarga	12	5,63	56,34
A1-CV1 - Sistema de adición de agua	12	5,63	61,97
A1-CV1 - Sistema de control y nivel de flujo	11	5,16	67,14
A3-MB1 - Sistema de transmisión	10	4,69	71,83
A2-ML2 - Sistema de descarga	9	4,23	76,06
A1-CV1 - Sistema de adición de diesel	8	3,76	79,81
A2-ML1 - Sistema de descarga	6	2,82	82,63
A1-AA1 - Sistema de ablandamiento	6	2,82	85,45
A2-MC1 - Sistema calefactable	6	2,82	88,26
A2-MC1 - Sistema de descarga	6	2,82	91,08
A3-MH1 - Sistema de descarga	5	2,35	93,43
A2-ML3 - Sistema de mezcla	5	2,35	95,77
A2-ML3 - Sistema de transmisión	4	1,88	97,65
A3-MB1 - Sistema de descarga	3	1,41	99,06
A2-ML2 - Sistema de transmisión	2	0,94	100,00
TOTAL	213	100,00	

Fuente: Investigación Directa
 Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

En el GRÁFICO N° 32 se puede apreciar el diagrama de Pareto de los sistemas de las máquinas con relación al número de horas de Para.

GRÁFICO N° 32
DIAGRAMA DE PARETO DE LOS SISTEMAS DE LAS
MÁQUINAS CON RELACIÓN AL NÚMERO DE HORAS DE
PARADAS



Fuente: Investigación Directa
 Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

De los resultados obtenidos por el principio de Pareto en el GRÁFICO N° 31 se tiene que el 80% de los fallos en función del número de paradas son ocasionados por estos sistemas:

- A1-CV1 - Sistema de quemador
- A1-AA1 - Sistema de regeneración
- A3-MH1 - Sistema de transmisión
- A2-ML3 - Sistema de descarga

A2-ML1 - Sistema de transmisión
 A2-ML2 - Sistema de descarga
 A1-CV1 - Sistema de control y nivel de flujo
 A3-MB1 - Sistema de transmisión
 A3-MH1 - Sistema de descarga
 A2-ML2 - Sistema de mezcla
 A1-CV1 - Sistema de adición de diesel
 A2-MC1 - Sistema de transmisión

El 80% de las paradas en función al número de horas según el principio de Pareto en el GRÁFICO N° 32 arroja los siguientes sistemas de las máquinas:

A2-ML2 - Sistema de mezcla
 A1-CV1 - Sistema de quemador
 A2-ML1 - Sistema de transmisión
 A2-MC1 - Sistema de transmisión
 A1-AA1 - Sistema de regeneración
 A3-MH1 - Sistema de transmisión
 A2-ML3 - Sistema de descarga
 A1-CV1 - Sistema de adición de agua
 A1-CV1 - Sistema de control y nivel de flujo
 A3-MB1 - Sistema de transmisión
 A2-ML2 - Sistema de descarga

Mediante este principio de Pareto podemos encontrar las máquinas que producen la mayor cantidad de fallas ya sea por mantenimiento inadecuado, o por mal funcionamiento, y de esta manera clasificar los sistemas de las máquinas que causan paradas innecesarias.

De los dos gráficos los sistemas de máquinas seleccionados para el siguiente análisis son:

CUADRO N° 27
SISTEMAS SELECCIONADOS PARA EL ANÁLISIS

MÁQUINA / CÓDIGO	SISTEMA
CALDERO VERTICAL A1-CV1	Sistema de adición de agua
	Sistema de quemador
	Sistema de control y nivel de flujo
ABLANDADOR DE AGUA A1-AA1	Sistema de regeneración
MEZCLADOR DE CREMAS A2-MC1	Sistema de transmisión
MEZCLADOR 1 DE LÍQUIDOS A2-ML1	Sistema de transmisión
MEZCLADOR 2 DE LÍQUIDOS A2-ML2	Sistema de mezcla
	Sistema de descarga
MEZCLADOR 3 DE LÍQUIDOS A2-ML3	Sistema de descarga
MEZCLADOR BICÓNICO A3-MB1	Sistema de transmisión
MEZCLADOR HORIZONTAL A3-MH1	Sistema de transmisión

Fuente: Investigación Directa
 Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

3.2.4. Análisis de la Gravedad de los Fallos, Criticidad (Fase 5)

El siguiente paso consiste en identificar los efectos de los fallos. Estos deben comprender todos los datos necesarios que ayuden a soportar la evaluación de sus consecuencias:

CUADRO N° 28
EFFECTOS DE LOS MODOS DE FALLO

MÁQUINA (CÓDIGO)	SISTEMA	ELEMENTO	FALLO FUNCIONAL	MODOS DE FALLO	EFFECTO
A1-CV1	Sistema de adición de agua	Tanque condensado	Fuga de agua en Tanque	Fisura por corrosión	Parada del sistema
	Sistema de quemador	Transformador de ignición	Recalentamiento	Sobretensión en transformador	No crea el arco eléctrico y por ende no se inicia la llama
		Chimenea de evacuación	Fugas de humo	Corrosión, deterioro de chimenea	El humo sale por fisuras en la chimenea
		Electrodos	Falla en chispa de encendido	Electrodos sucios	No crea la chispa para encender llama
		Boquilla pulverizadora	Sistema de quemador no enciende	Boquilla pulverizadora partida	No hay aspersión combustible moja electrodos
	Sistema de control y nivel de flujo	McDonnell	El caldero no arranca	EL McDonnell marca nivel bajo de agua	No activa el ingreso de agua al caldero
		Visor cilíndrico de vidrio	Fuga de agua y vapor del caldero	El visor de vidrio se trizó	desprendimiento de vidrios en el área
A1-AA1	Sistema de regeneración	Conducto de salida de sal	Baja eficiencia del sistema	Taponamiento de conducto de salida de sal	No se activa la resina
		Flotador	Llenado excesivo de tanque	Flotador flojo	Al haber demasiada agua en el tanque salero las sal no rinde
		Válvula múltiple	Fuga de agua	Desgaste de sellos	Trabajo ineficiente
A2-MC1	Sistema de transmisión	Motor	Alta vibración	Rodamientos en mal estado	El rotor roza con el estator

CONTINUACIÓN DEL CUADRO N° 28 EFECTOS DE LOS MODOS DE FALLO

A2-ML1	Sistema de transmisión	Bandas trapeciales	Transmisión deficiente al eje central	Bandas tostadas y sin agarre	El eje central disminuye velocidad y la mezcla es deficiente
		Chumacera	Ruido excesivo	Rodamientos de chumaceras deteriorados	El eje central pierde su centricidad
A2-ML2	Sistema de mezcla	Hélice de aspas inclinadas	Rozamiento de hélice en fondo de tanque	Hélice deformada	Fondo de tanque debilitado
		Tanque de acero inoxidable	Fuga de producto líquido en el tanque	Fisura en tanque de acero inoxidable	Producto incompleto
	Sistema de descarga	Válvula de descarga de 2"	Fuga en Válvula de descarga	Sellos de Válvula desgastado	Producto incompleto
A2-ML3	Sistema de descarga	Válvula de descarga de 2"	Fuga en Válvula de descarga	Sellos de Válvula desgastado	Producto incompleto
A3-MB1	Sistema de transmisión	Reductor	Engranajes deteriorados	Bajo nivel de aceite	Vibración excesiva
A3-MH1	Sistema de transmisión	Catalina dentada	Catalina expulsada de reductor	Prisionero no ajusta la chaveta de la catalina	No hay transmisión al sistema de mezcla
		Cadena de rodillo	Cadena se salta	Pasador de cadena suelto	No hay transmisión al sistema de mezcla

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

En este punto, se ha finalizado el “Análisis Funcional”, y una vez que conocemos los efectos de los modos de fallo, se procede a analizar la criticidad de los mismos, es decir, el impacto que su aparición conlleva en áreas como la seguridad, calidad, medio ambiente y producción.

La naturaleza y severidad de los efectos de los modos de fallos deben ser los aspectos que conduzcan la selección de las tareas de

mantenimiento a ejecutar sobre las máquinas a mantener. En el caso de modos de fallos altamente críticos, se deberán considerar tareas para prevenir la aparición de los mismos o actividades que permitan anticipar dicha aparición.

El criterio de evaluación de criticidad considerado en el proyecto es el siguiente:

Criticidad= Impacto Operacional + Frecuencia
+ Mantenibilidad + Detección.

Impacto Operacional= Seguridad + Medio Ambiente
+Calidad + Producción.

Para la evaluación de esta criticidad, nos basamos en la valoración definida de cada una de las situaciones que a continuación se presentan:

3.2.4.1. Cuadro de Valores Impacto-Ocurrencia

Seguridad (S): Analiza el impacto del modo de fallo en la seguridad de los trabajadores (riesgo de accidentes debido a fallos).

CUADRO N° 29
VALORES IMPACTO-OCURRENCIA
EN SEGURIDAD (S)

EFFECTO	DESCRIPCIÓN	VALOR
Ninguno	La ocurrencia del fallo no tiene ningún efecto.	0
Bajo	La ocurrencia del fallo puede crear riesgos sin baja o sin accidente.	1
Medio	La ocurrencia del fallo puede crear baja o indisponibilidad temporal.	2
Alto	La ocurrencia del fallo puede provocar muerte o indisponibilidad permanente.	3

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Medio Ambiente (A): Analiza el impacto del modo de fallo en el medio ambiente (riesgo de accidentes medioambientales debido a fallos).

**CUADRO N° 30
VALORES IMPACTO-OCURRENCIA
EN MEDIO AMBIENTE (A)**

EFFECTO	DESCRIPCIÓN	VALOR
Ninguno	Sin efectos.	0
Bajo	No tiene ningún efecto medioambiental.	1
Medio	Puede causar impacto interno de parámetros o especificaciones legales.	2
Alto	Puede causar impacto externo de parámetros o especificaciones legales.	3

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Calidad (C): Analiza el impacto del modo de fallo en la calidad final del producto.

**CUADRO N° 31
VALORES IMPACTO-OCURRENCIA
EN CALIDAD (C)**

EFFECTO	DESCRIPCIÓN	VALOR
Ninguno	No causa ningún efecto.	0
Bajo	Puede causar un reproceso de la producción.	1
Medio	Puede causar disconformidades con posibilidad de rechazo de un lote.	2
Alto	Puede causar rechazo directamente por parte del consumidor final.	3

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Producción (P): Analizar el impacto del modo de fallo en la producción.

**CUADRO N° 32
VALORES IMPACTO-OCURRENCIA
PRODUCCION (P)**

EFFECTO	DESCRIPCIÓN	VALOR
Ninguno	No causa ningún efecto	0
Bajo	Puede crear paradas de < 30min	1
Medio	Puede crear paradas entre 30 y 120 min	2
Alto	Puede crear parada > 120 min o rechazo >2%	3

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Frecuencia (F): Analiza con qué frecuencia el modo de fallo ocurre en el equipo.

**CUADRO N° 33
VALORES IMPACTO-OCURRENCIA
FRECUENCIA (F)**

EFFECTO	DESCRIPCIÓN	VALOR
Ninguno	0 - 1 Fallos / año	0
Bajo	1 - 5 Fallos / año	1
Medio	5 - 10 Fallos / año	2
Alto	> 10 Fallos / año	3

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Mantenibilidad (M): Analiza la dificultad para reparar, el tiempo necesario para la reparación.

CUADRO N° 34
VALORES IMPACTO-OCURRENCIA
MANTENIBILIDAD (M)

EFEECTO	DESCRIPCIÓN	VALOR
Ninguno	< 30 min / Tiempo de restauración	0
Bajo	30 min - 2 horas / Tiempo de restauración	1
Medio	2 horas - 4 horas / Tiempo de restauración	2
Alto	> 4 horas / Tiempo de restauración	3

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Detección (D): Analiza la dificultad de detectar diferentes tipos de fallo antes de que ocurran.

CUADRO N° 35
VALORES IMPACTO-OCURRENCIA
DETECCION (D)

EFEECTO	DESCRIPCIÓN	VALOR
Ninguno	El fallo es fácilmente detectable por el operador con una inspección visual y no es necesario un plan de mantenimiento.	0
Bajo	El fallo puede ser detectado por el operador durante las tareas de revisión.	1
Medio	El fallo solo puede ser detectado a de una intervención técnica de inspección de mantenimiento.	2
Alto	El fallo no puede ser detectado a través de las técnicas conocidas.	3

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

De esta manera obtenemos un valor de criticidad para cada modo de fallo, con el cual poder tener una buena aproximación cuantitativa del impacto de cada uno sobre los sistemas de las máquinas.

CUADRO N° 36
ANÁLISIS DE LA GRAVEDAD DE LOS MODOS DE FALLOS

SISTEMA / MÁQUINA	ELEMENTO	MODO DE FALLO	IMPACTO				OCURRENCIA			CRITICIDAD
			S	A	C	P	F	M	D	
Sistema de adición de agua A1-CV1	Tanque condensado	Fisura por corrosión	0	1	2	0	1	2	2	NINGUNO
Sistema de quemador A1-CV1	Transformador de ignición	Sobretensión en transformador	1	0	1	3	1	2	2	BAJO
	Chimenea de evacuación	Corrosión, deterioro de chimenea	1	0	3	2	1	3	2	MEDIO
	Electrodos	Electrodos sucios	0	1	0	2	2	1	1	NINGUNO
	Boquilla pulverizadora	Boquilla pulverizadora partida	0	1	0	3	1	2	2	BAJO
Sistema de control y nivel de flujo A1-CV1	McDonnell	EL McDonnell marca nivel bajo de agua	0	0	0	2	1	1	3	BAJO
	Visor cilíndrico de vidrio	El espesor de visor no es el adecuado para altas temperaturas	2	1	0	3	0	3	2	ALTO
Sistema de regeneración A1-AA1	Conducto de salida de sal	Taponamiento de conducto de salida de sal	0	0	1	2	1	1	3	BAJO
	Flotador	Flotador flojo	0	0	1	2	1	1	1	BAJO
	Válvula múltiple	Desgaste de sellos	0	0	1	1	1	1	2	BAJO
Sistema de transmisión A2-MC1	Motor	Rodamientos en mal estado	1	0	0	1	1	2	2	NINGUNO

CONTINUACIÓN DEL CUADRO N° 36
ANÁLISIS DE LA GRAVEDAD DE LOS MODOS DE FALLOS

Sistema de transmisión A2-ML1	Bandas trapeciales	Bandas tostadas y sin agarre	0	1	2	0	1	2	2	NINGUNO
	Chumacera	Rodamientos de chumaceras deteriorados	1	0	1	3	1	2	2	BAJO
Sistema de mezcla A2-ML2	Hélice de aspas inclinadas	Hélice deformada	1	0	3	2	1	3	2	MEDIO
	Tanque de acero inoxidable	Fisura en tanque de acero inoxidable	1	1	1	2	1	3	3	MEDIO
Sistema de descarga A2-ML2	Válvula de descarga de 2"	Sellos de Válvula desgastado	1	1	1		2	1	2	NINGUNO
Sistema de descarga A2-ML3	Válvula de descarga de 2"	Sellos de Válvula desgastado	1	1	1		2	1	2	NINGUNO
Sistema de transmisión A3-MB1	Reductor	Bajo nivel de aceite	0	2	0	0	1	1	2	BAJO
Sistema de transmisión A3-MH1	Catalina dentada	Prisionero no ajusta la chaveta de la catalina	2	0	1	2	2	1	3	MEDIO
	Cadena de rodillo	Pasador de cadena suelto	2	0	1	2	1	1	3	MEDIO

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Mediante este análisis comprobamos que la máquina con más factores críticos es el Caldero Vertical (A1-CV1) el cual tiene ocho factores críticos distribuidos en dos sistemas que es el sistema del quemador (ANEXO N° 2) y el sistema de control de flujo (ANEXO N° 3).

3.2.5. Determinación de Medidas Preventivas (Fase 6)

Definidos los modos de fallo de los sistemas que se analizan y clasificados estos modos de fallo según su criticidad, la siguiente fase es definir las medidas preventivas que permiten bien impedir el fallo o bien minimizar sus efectos.

Las medidas preventivas que se pueden tomar son: tareas de mantenimiento, mejoras y procedimiento de operación.

Tareas De Mantenimiento

Son las actividades que podemos realizar para cumplir el objetivo de impedir el fallo o minimizar sus efectos. Las actividades de mantenimiento pueden, a su vez, ser de los siguientes tipos:

- Inspecciones visuales.
- Verificación de correcto funcionamiento
- Lubricación
- Limpieza Técnica sistemática
- Ajuste sistemático
- Sustitución sistemático

Una vez designadas las tareas, es necesario determinar con qué frecuencia se las debe realizar esto depende del sistema de la máquina.

Mejoras

Definidos los fallos pueden prevenirse más fácilmente modificando la instalación, o implementando mejoras. Las mejoras pueden ser, entre otras, de los siguientes tipos:

- Cambios en los materiales
- Cambios en el diseño de una pieza.
- Instalación de sistemas de detección.
- Cambios en el diseño de una instalación.
- Cambios en las condiciones de trabajo del equipo.

Procedimiento de Operación

El personal que opera suele tener una alta incidencia en los problemas que presenta una máquina.

Como impedimento, todos los cambios suelen tener una inercia alta para llevarlos a cabo, por lo que es necesario poner mucha atención al proceso de implantación de cualquier novedad en un proceso.

3.2.5.1. Medidas Preventivas para los Sistemas de la Maquinaria

Caldero Vertical (A1-CV1)

Sistema de adición de agua: Realizar Semanalmente Limpieza técnica del tanque de condensado con inhibidores de corrosión.

Sistema de quemador: Sustitución del transformador de ignición por uno de especificaciones correctas para el buen funcionamiento en el quemador.

Sistema de quemador: Construir una nueva Chimenea con material resistente a la corrosión ya que la actual está bastante deteriorada, su material no ha sido el adecuado. Realizar semanalmente Limpieza técnica del Conducto de la chimenea.

Sistema de quemador: Realizar semanalmente Limpieza técnica a los electrodos de ignición.

Sistema de quemador: Realizar el cambio de la boquilla pulverizadora cada año.

Sistema de control y nivel de flujo: Realizar Diariamente Inspección visual mediante purgas del McDonnell del caldero. Revisión y Ajuste sistemático Mensual de flotador interno del McDonnell. No introducir agua en el caldero si ha perdido el nivel visual, si esto ocurre, parar el caldero esperar a que se enfríe y llenar de agua hasta que se alcance el nivel.

Sistema de control y nivel de flujo: Realizar anualmente el cambio del visor cilíndrico de vidrio. Indicar las especificaciones correctas para la adquisición de visores de vidrio resistentes a la temperatura y a la presión.

Ablandador de Agua (A1-AA1)

Sistema de regeneración: Limpieza semanal del conducto de salida de sal. La sal que se agrega al tanque salero debe ser de granulometría mayor a 5 mm para que solo se disuelva y no pase a través del filtro.

Sistema de regeneración: Inspección visual diaria del nivel de agua en tanque salero. Ajuste mensual del flotador.

Sistema de regeneración: Realizar cada cuatro meses el cambio de sellos a la válvula múltiple. Regular correctamente la presión de agua de entrada.

Mezclador de Crema (A2-MC1)

Sistema de Transmisión: Realizar cada año el cambio de Rodamientos del motor del Mezclador. Lubricar mensualmente los rodamientos. La cantidad de materia prima a elaborar (cremas) no debe sobrepasar la capacidad de 400 kg para no afectar la potencia del motor.

Mezclador 1 de Líquido (A2-ML1)

Sistema de transmisión: Realizar cada seis meses la Sustitución de Bandas Trapeciales de las poleas del mezclador.

Sistema de transmisión: Realizar cada año la Sustitución de los Rodamientos de las chumaceras del eje del mezclador. Lubricación a chumaceras cada tres meses.

Mezclador 2 de Líquido (A2-ML2)

Sistema de mezcla: Sistema de Mezcla: Realizar mensualmente el Ajuste de la Hélice (ANEXO N° 4) en el bocín del eje del Mezclador. Verificación semanal del correcto funcionamiento del sistema.

Sistema de mezcla: Inspección visual cada mes de fugas con agua.

Mezclador 3 de Líquido (A2-ML3)

Sistema de descarga: Realizar cada mes el cambio de los sellos en la Válvula de descarga del mezclador. Debe designarse un

mezclador de líquido para cada familia de productos alcalinos o ácidos que se elaboran .

Mezclador Bicónico de Polvos (A3-MB1)

Sistema de transmisión: Realizar cada tres meses el cambio de aceite del Motoreductor del Mezclador Bicónico. Realizar semanalmente la Inspección visual del nivel de aceite del reductor. Cambiar empaques y sellos para evitar fugas de aceite. La cantidad de materia prima a elaborar no debe sobrepasar la capacidad de 200 kg para no afectar la potencia del motor.

Mezclador Horizontal de Polvos (A3-MH1)

Sistema de transmisión: Cambiar el prisionero de 1/4 por uno de 3/8 de diámetro para mayor sujeción de chaveta. La cantidad de materia prima a elaborar no debe sobrepasar la capacidad de 400 kg.

Sistema de transmisión: Realizar cada mes Ajuste a la cadena del sistema de transmisión del mezclador (ANEXO N° 5). Realizar semanalmente lubricación.

3.2.6. Agrupación de las Medidas Preventivas, Elaboración de Plan de Mantenimiento (Fase 7)

Determinadas las medidas preventivas para evitar los fallos potenciales de un sistema, el siguiente paso es agrupar estas medidas por tipos (tareas de mantenimiento, mejoras, procedimientos de operación,), lo que luego nos facilitará su implementación. A continuación veremos en el siguiente cuadro la agrupación de las medidas preventivas adoptadas a los modos de fallos en los sistemas de las máquinas estudiadas.

CUADRO N° 37
AGRUPACIÓN DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS

SISTEMA / MÁQUINA	MODO DE FALLO	MEDIDAS PREVENTIVAS		
		TAREAS DE MANTENIMIENTO FRECUENCIA	MEJORAS	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN
Sistema de adición de agua A1-CV1	Fisura por corrosión en tanque de condensado	Limpieza técnica del tanque de condensado con inhibidores de corrosión (Semanal)		
Sistema de quemador A1-CV1	Sobretensión en transformador de ignición		Sustitución del transformador por uno de especificaciones correctas	
	Corrosión, deterioro de chimenea de evacuación de humos	Limpieza técnica del Conducto de la chimenea (Semestral)	Construir Chimenea con material resistente a la corrosión	
	Electrodos sucios	Limpieza técnica a los electrodos (Semanal)		
	Boquilla pulverizadora partida	Sustitución de la boquilla (Anual)		
Sistema de control y nivel de flujo A1-CV1	EL McDonnell marca nivel bajo de agua	Inspección visual mediante purgas (Diario) Ajuste sistemático de flotador interno del McDonnell (Mensual)		No introducir agua en el caldero si ha perdido el nivel visual, para el caldero esperar a que se enfríe y llenar de agua hasta que se alcance el nivel.
	El visor de nivel de agua de vidrio se trisó	Sustitución del visor (Anual)	Indicar las especificaciones correctas para la adquisición de visores de vidrio resistentes a temperatura y presión.	

CONTINUACIÓN DEL CUADRO N° 37
AGRUPACIÓN DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS

Sistema de regeneración A1-AA1	Taponamiento de conducto de salida de sal	Limpieza técnica de conducto (semanal)		La sal que se agrega al tanque salero debe ser de granulometría mayor a 5 mm para que solo se disuelva y no pase a través del filtro
	Flotador flojo	Inspección visual del nivel de agua en tanque salero (Diario) Ajuste sistemático del flotador (mensual)		
	Desgaste de sellos en Válvula múltiple	Sustitución de sellos (Cuatrimestral)	Regular correctamente la presión de agua de entrada	
Sistema de transmisión A2-MC1	Rodamientos en mal estado	Sustitución de Rodamientos (Anual) Lubricación (Mensual)		La cantidad de materia prima a elaborar (cremas) no debe sobrepasar la capacidad de 400 kg
Sistema de transmisión A2-ML1	Bandas tostadas y sin agarre	Sustitución de Bandas Trapeciales (Semestral)		
	Rodamientos de chumaceras deteriorados	Sustitución de Rodamientos (Anual) Lubricación (Mensual)		
Sistema de mezcla A2-ML2	Hélice deformada	Ajuste de Hélice en bocín (Mensual) Verificación del correcto funcionamiento (Semanal)		
	Fisura en tanque de acero inoxidable	Inspección visual de fugas con agua (Mensual)		

CONTINUACIÓN DEL CUADRO N° 37
AGRUPACIÓN DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS

Sistema de descarga A2-ML3	Sellos de Válvula desgastado	Sustitución de sellos (Mensual)	Debe designarse un mezclador de líquido para cada familia de productos alcalino o ácidos que se elaboran	
Sistema de transmisión A3-MB1	Bajo nivel de aceite	Lubricación de Motoreductor (Trimestral) Inspección visual del nivel de aceite (diario)	Cambiar empaques y sellos de motoreductor para evitar fugas de aceite	La cantidad de materia prima a elaborar no debe sobrepasar la capacidad de 200 kg
Sistema de transmisión A3-MH1	Prisionero no ajusta la chaveta de la catalina		Cambiar el prisionero de 1/4 por uno de 3/8 de diámetro para mayor sujeción de chaveta	La cantidad de materia prima a elaborar no debe sobrepasar la capacidad de 400 kg
	Pasador de cadena suelto	Ajuste de cadena (Mensual) Lubricación (Semanal)		Verificar que materia prima (polvos) no esté muy compactada

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

3.2.6.1. Diseño de Formato para Mantenimientos Preventivos y Correctivos

En este punto es Fundamental establecer un formato que nos muestre las tareas que se elabora en cada tipo de mantenimiento con el fin de elaborar un correcto historial para toda la maquinaria.

Se plantea una codificación de los procedimientos a realizar buscando que estos queden estandarizados, es decir, que para realizar una tarea se cuente con actividades determinadas en base a un código fijo ya establecido y de fácil empleo, el mismo que se valorará por medio de un nivel Estándar, Regular y la opción de solicitar una Reparación ó un cambio de repuesto.

- **Nivel Estándar:** Al calificar con este nivel destaca que la tarea de mantenimiento que se efectuó tiene valores de definiciones técnicas óptimas para el correcto funcionamiento de la máquina ya sean estos valores de niveles de aceite, presión, torque de pernos, etc.
- **Nivel Regular:** Cuando se califica con este nivel nos señala que la tarea de mantenimiento antes ejecutada tiene valores de especificaciones técnicas normales.
- **Reparar / Cambiar:** Con este nivel advierte que al mecanismo de la máquina que se ha inspeccionado se le debe remplazar un repuesto ó en su defecto reparar pero en el momento de la inspección, en este caso la máquina ya no podrá seguir trabajando, deberá ser parada en ese momento.

Al calificar con el nivel Reparar / Cambiar, automáticamente equivale al cambio de formato para registrar las nuevas tareas de mantenimiento correctivo este formato se llamará Formato de Mantenimiento Correctivo.

El formato para mantenimientos correctivo nos sirve para registrar todas las tareas que se realicen en la respectiva máquina, a su vez facilitará información muy importante sobre el tipo de avería que se presentó.

CUADRO N° 38
FORMATO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

N°				
ELABORADO POR:				
MÁQUINA:				
FECHA:				
HORAS DE TRABAJO:				
CÓDIGO	INSPECCIONES	NIVEL ESTÁNDAR	NIVEL REGULAR	REPARAR CAMBIAR
M	INSPECCIONES MECÁNICAS			
MA	Revisión de nivel de aceite			
MB	Revisión de vibraciones excesivas			
MC	Revisión de torque en pernos y tuercas			
MD	Chequeo de tensión de bandas			
ME	Chequeo de límite de presión			
MF	Cambio de aceite			
MG	Grasa en puntos de lubricación			
E	INSPECCIONES ELÉCTRICAS			
EA	Revisión de Niveles de Corriente y Voltaje			
EB	Chequeo de potencia			
EC	Chequeo de fuente de alimentación			
G	INSPECCIONES GENERALES			
GA	Revisión y Limpieza de elemento			
GB	Revisión de nivel y purga de fluido			
GC	Chequeo de dureza del agua			
GD	Revisión de fugas			
GE	Detección de fisuras			
OBSERVACIONES:				
Técnico		Jefe de Planta		

Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CUADRO N° 39
FORMATO DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS

Elaborado por:		Nº :
Máquina:		
Fecha:		
Horas de Trab.:		
Descripción del Daño:		
Solución al Daño:		
Causa del Daño:		
Tiempo Total de reparación (H):		
Costo de la Reparación (\$):		
Técnico		Jefe de planta

Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

3.2.6.2. Diseño de Plan de Inspecciones Preventivas

El diseño del Plan de Inspecciones Preventivas es un punto muy importante de este trabajo ya que este mostrará todas las tareas que se debe efectuar a la maquinaria en un determinado tiempo. Las inspecciones de mantenimiento a realizar especificadas en el plan están codificadas de acuerdo al CUADRO N° 38, de modo queden estandarizadas.

CUADRO N° 40
INSPECCIONES PREVENTIVAS PARA CALDERO

PLAN DE INSPECCIONES PREVENTIVAS						
CALDERO VERTICAL A1-CV1						
ELEMENTOS	PERIODOS					
	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Tanque de condensado	GD	GA/GB				
Motor	MB	EA/EC	MC/MG		EB	
Bomba	MB		MC/MG	ME		
Válvulas de paso	GD					
Tanque reservorio de diesel	GD	GE			GA	
Electroválvula			EA/EC			
Ventilador		MB	GA/MC/MG			
Transformador de ignición		EA/EC	MC/EB			
Fotocélula		GA				
Electrodos de ignición		GA/MC	EA			
Relais			EA/EC			
Deflector				GA		
Boquilla pulverizadora				GA		
Chimenea de evacuación			GE			GA
McDonnell	GB				GA	
Presostato			ME	EC	EA	
Válvula de seguridad						ME

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CUADRO N° 41
INSPECCIONES PREVENTIVAS PARA ABLANDADOR

PLAN DE INSPECCIONES PREVENTIVAS						
ABLANDADOR DE AGUA A1-AA1						
ELEMENTOS	PERIODOS					
	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Cabezal automático			EA/EC	ME		MC
Tanque de presión	GC/GD	GB				GA
Resina Catiónica		GA				
Válvula múltiple	GD		MC	ME		
Tanque salero	GD	GB		GA		
Flotador			MC	GA		
Conducto de salida de sal		GA				

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CUADRO N° 42
INSPECCIONES PREVENTIVAS PARA MEZCLADOR DE CREMAS

PLAN DE INSPECCIONES PREVENTIVAS						
MEZCLADOR DE CREMAS A2-MC1						
ELEMENTOS	PERIODOS					
	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Motor	MB	EA/EC	MC/MG		EB	
Reductor	MA/MB		MC/MG	MF		
Chumacera	MB		MG	MC		
Eje central	MB		MC			
Tanque de acero inoxidable	GD	GE		GA		
Paletas planas				MC	GA	
Camisa calefactable		GE				GA
Válvulas de las camisa		GD				
Válvula tajadera descarga		GD	GA			
Tornillo sin fin			MG	MC		
Manivela			MG			

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CUADRO N° 43
INSPECCIONES PREVENTIVAS PARA MEZCLADOR 1 DE LÍQUIDOS

PLAN DE INSPECCIONES PREVENTIVAS						
MEZCLADOR 1 DE LIQUIDOS A2-ML1						
ELEMENTOS	PERIODOS					
	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Motor	MB	EA/EC	MC/MG		EB	
Poleas				MC		
Bandas Trapecial				MD		
Chumaceras	MB		MG	MC		
Eje central	MB		MC			
Hélices de aspas vertical				MC		GA
Turbina de aspas tipo licuadora				MC		GA
Camisa calefactable		GE				GA
Válvulas de camisa		GD				
Tanque de acero inoxidable	GD	GE		GA		
Válvula de bola de descarga	GD					

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CUADRO N° 44
INSPECCIONES PREVENTIVAS DE MEZCLADOR 2 Y 3 DE LÍQUIDOS

PLAN DE INSPECCIONES PREVENTIVAS						
MEZCLADORES 2 y 3 DE LÍQUIDOS A2-ML2 / A3-ML3						
ELEMENTOS	PERIODOS					
	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Motor	MB	EA/EC	MC/MG		EB	
Poleas				MC		
Bandas				MD		
Chumaceras	MB		MG	MC		
Eje central	MB		MC			
Hélice de aspas inclinadas				MC		GA
Turbina de aspas tipo licuadora				MC		GA
Tanque de acero inoxidable	GD	GE		GA		
Válvulas de camisa		GD				
Camisa calefactable		GE				GA
Válvula de bola de descarga	GD					

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CUADRO N° 45
INSPECCIONES PREVENTIVAS PARA MEZCLADOR 1 DE POLVO

PLAN DE INSPECCIONES PREVENTIVAS						
MEZCLADOR BICÓNICO A3-MB1						
ELEMENTOS	PERIODOS					
	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Motor	MB	EA/EC	MC/MG		EB	
Reductor	MA/MB		MC/MG	MF		
Catalinas			MG	MC		
Cadena de rodillos		MB/MG	MC			GA
Chumaceras	MB		MG	MC		
Cilindro bicónico	GD	GE	GA			
Válvulas Tajaderas descarga		GD	GA			
Tornillo sin fin			MG	MC		
Manivela			MG			

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CUADRO N° 46
INSPECCIONES PREVENTIVAS PARA MEZCLADOR 2 DE POLVO

PLAN DE INSPECCIONES PREVENTIVAS						
MEZCLADOR HORIZONTAL A3-MH1						
ELEMENTOS	PERIODOS					
	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Motor	MB	EA/EC	MC/MG		EB	
Reductor	MA/MB		MCMG	MF		
Catalinas			MG	MC		
Cadena de rodillos		MB/MG	MC			GA
Chumaceras	MB		MG	MC		
Eje horizontal	MB		MC			
Platinas espirales			GA	MC		
Deposito interno de acero inoxidable	GD	GE	GA			
Válvula tajadera descarga		GD	GA			
Tornillo sin fin			MG	MC		
Manivela			MG			

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

3.2.6.3. Capacitación Técnica para el Personal de Mantenimiento

La capacitación técnica para el personal de mantenimiento se ha considerado con el objetivo de aumentar el nivel técnico en la resolución de problemas sobre todo en las reparaciones y calibraciones de la maquinaria de la empresa.

Luego de que el personal de mantenimiento esté capacitado están en la obligación de ofrecer asistencia técnica a los operadores sobre procedimientos y aplicaciones que las máquinas realizan.

A continuación se muestra un cuadro con las horas de capacitación, el facilitador y el valor de los cursos.

CUADRO N° 47
CAPACITACIÓN TÉCNICA

Descripción	Facilitador	Duración en Horas	Capacitados	Valor Unitario	Valor Subtotal
Mecánica Básica	SECAP	24	3	90,00	270,00
Electricidad básica	SECAP	24	3	90,00	270,00
Mecánica Industrial 1	SECAP	16	3	125,00	375,00
Electricidad Industrial 1	SECAP	16	3	125,00	375,00
Soldadura Industrial	AGA	24	3	200,00	600,00
Mecánica Industrial 2	SECAP	16	3	150,00	450,00
Electricidad Industrial 2	SECAP	16	3	150,00	450,00
TOTAL \$					2790,00

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

3.2.6.4. Requerimiento de Repuestos para Stock de Bodega

Después de realizar encuestas a los mecánicos y operadores de las máquinas con respecto a los repuestos que se utilizan en la maquinaria se procede a tabular la información que veremos en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 48
REPUESTOS Y CONSUMIBLES PARA STOCK

Máquina	Repuesto y Consumibles	Cantidad
Caldero Vertical	Filtro de combustible	4 Und.
	Diesel	1040 Gal.
	Rodamientos del motor	2 Und.
	Grasa multiuso	2 Lbs.
	Empaques de la bomba	8 Und.
	Inhibidores de corrosión	21 Gal.
	Visor cilíndrico	1 Und.
	Boquilla pulverizadora	1 Und.
	Borneras de conexión eléctrica	10 Und.
	Interruptor automático	2 Und.
Ablandador de agua	Sal Industrial	80 Kg.
	Sellos de válvula	6 Und.
Mezclador de Cremas	Rodamientos de motor	2 Und.
	Borneras de conexión eléctrica	8 Und.
	Interruptor automático	2 Und.
	Chumaceras de 2"	3 Und.
	Grasa multiuso	4 Lbs.
	Aceite Sae 90	3 Gal.
3 Mezcladores de Líquidos	Bandas Trapeciales	18 Und.
	Rodamientos de motor	6 Und.
	Chumaceras de 2"	4 Und.
	Chumaceras de 1"1/4	2 Und.
	Borneras de conexión eléctrica	24 Und.
	Interruptor automático	3 Und.
	Grasa multiuso	12 Lbs.
	Sellos de Válvula de descarga	18 Und.
2 Mezcladores de polvos	Aceite Sae 90	8 Gal.
	Grasa multiuso	8 Lbs.
	Borneras de conexión eléctricas	16 Und.
	Interruptor automático	2 Und.
	Chumaceras de 2"1/2	2 Und.
	Chumaceras de 2"	3 Und.

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

3.2.6.5. Requerimiento de Herramientas y Materiales

Las herramientas que se requieren para el plan de mantenimiento son:

CUADRO N° 49
HERRAMIENTAS PARA EL TALLER DE MANTENIMIENTO

Herramienta	Cantidad	Valor
Amoladora Dewalt	1 Und.	110,00
Discos de amoladora	36 Und.	50,40
Electrodos 6011	10 Kg.	49,00
Juego de dados	1 Und.	40,00
Juego de llaves boca-corona	1 Und.	45,00
Juego de Llave Allen	1 Und.	15,00
Juego de destornilladores	1 Und.	20,00
Multímetro Fluke	1 Und.	150,00
Alicate	1 Und.	15,00
Limpiador de Contactos Eléctricos	1 Und.	60,00
Bomba de engrase	1 Und.	15,00
Aceitera industrial	1 Und.	12,00
Extractor de poleas	1 Und.	25,00
Taladro Dewalt	1 Und.	75,00
Brocas	60 Und.	40,00
Pintura anticorrosiva	8 Gal.	140,00
Compresor	1 Und.	250,00
Pistola de pintar	1 Und.	15,00
TOTAL \$		1126,40

Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

3.3. Presupuesto anual para Plan de Mantenimiento Preventivo de la Maquinaria

El cálculo del presupuesto de mantenimiento es una labor importante que asume el Responsable de Mantenimiento de una instalación como

una de sus funciones. De acuerdo al plan de mantenimiento preventivo tenemos que el valor para la capacitación técnica del personal de mantenimiento es de \$ 2.790,00 (CUADRO N° 47) y el valor de herramientas y materiales necesarios para implementar y renovar en el taller de mantenimiento es de \$ 1.126,40 (CUADRO N° 49). Ahora veremos en el CUADRO N° 50 el valor de todos los repuestos y consumibles para el plan de mantenimiento de las máquinas.

CUADRO N° 50
PRESUPUESTO DE REPUESTOS Y CONSUMIBLES

Repuesto y Consumibles	Cantidad	Valor Unitario	Valor Subtotal
Filtro de combustible	4 Und.	15,00	60,00
Diesel	1040 Gal.	1,04	1081,60
Rodamientos de motor	10 Und.	6,25	62,50
Grasa multiuso	26 Lbs.	6,50	169,00
Empaques de la bomba	8 Und.	4,60	36,80
Inhibidores de corrosión	18 Gal.	52,00	936,00
Visor cilíndrico	1 Und.	14,00	14,00
Boquilla pulverizadora	1 Und.	12,00	12,00
Borneras de conexión eléctricas	58 Und.	0,25	14,50
Interruptor automático	9 Und.	18,00	162,00
Sal Industrial	80 Kg.	0,35	28,00
Sellos de válvula	6 Und.	2,50	15,00
Chumaceras de 2"	10 Und.	70,00	700,00
Chumaceras de 1"1/4	2 Und.	45,00	90,00
Chumaceras de 2"1/2	2 Und.	95,00	190,00
Aceite Sae 90	11 Gal.	27,00	297,00
Bandas Trapeciales	18 Lbs.	10,00	180,00
Sellos de Válvula de descarga	18 Und.	4,00	72,00
TOTAL \$			4120,40

Fuente: Investigación Directa

Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

Luego de saber el costo de los repuestos realizamos la suma de los tres costos y tendremos:

CUADRO N° 51
PRESUPUESTO ANUAL PARA PLAN DE MANTENIMIENTO

Descripción	Valor
Costo de Capacitación	2.790,00
Costo de Repuestos	4.120,40
Costo de Herramientas	1.126,40
TOTAL \$	8.036,80

Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

La inversión para la implementación del diseño que se está proponiendo como solución al problema de las paradas continuas de la maquinaria es el valor total de \$ 8036,80.

3.4. Cronograma del Plan anual de Mantenimiento Preventivo

En este cronograma se presentan todas las actividades que se debe ejecutar a la maquinaria en periodos establecido para que estas aumenten su rendimiento y sobre todo que los fallos imprevistos disminuyan, basándonos específicamente en la prevención; el plan anual de mantenimiento se presenta en el ANEXO N° 6, donde en la primera columna están las ocho actividades de mantenimiento preventivo a realizar cada una con un color diferente, en la segunda columna se encuentra la maquinaria identificada con sus respectivos códigos, y las demás columnas equivalen a 26 semanas es decir un semestre, en estas celdas se marcarán el color de la actividad de mantenimiento en la fila de una determinada máquina, de acuerdo a la frecuencia de mantenimiento.

3.5. Conclusiones y Recomendaciones

3.5.1. Conclusiones

Después de la aplicación del RCM Mantenimiento Centrado en Confiabilidad a las máquinas de la empresa Quimicamp, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Al principio del trabajo se constata que dentro de las tareas de mantenimiento realizadas por el personal, no tenían un orden específico, ya que el trabajo era planificado mentalmente sin determinar periodos para ellos, trabajando solo con el mantenimiento correctivo que es trabajar hasta que surja la falla.
- La producción de la planta se ve afectada por la ocurrencia de fallas inesperadas.
- Existen varias técnicas para el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, al ser las paradas no programadas el mayor problema de la maquinaria de la empresa, se escogió la metodología del RCM Mantenimiento Centrado en Confiabilidad que está compuesto por siete fases en su proceso.
- La técnica del RCM Reliability Centered Maintenance al aplicar la fase de listado y codificación de las máquinas, se verifico que hay 29 sistemas distribuidos en las 8 máquinas de producción en la planta de la empresa.
- En la Fase 3 y 4 que es la determinación de los fallos funcionales y los modos de fallos respectivamente, se pudo observar que existen muchas paradas de la maquinaria por fallos repetitivos y mediante el diagrama de Pareto aplicado al número de paradas y también al

número de horas de para, se obtuvo que el 80% de las paradas y horas de para son causadas por 11 diferentes sistemas de las 8 máquinas de producción.

- En la Fase 5 mediante el análisis de criticidad se comprobó que el equipo con más sistemas crítico es el Caldero Vertical.
- En la Fase 6 se determinó las medidas preventivas para los sistemas críticos.
- En la Fase 7 se realizó la agrupación de las medidas preventivas y se elaboró el plan preventivo de mantenimiento para las 8 máquinas de la empresa.

3.5.2. Recomendaciones

De acuerdo a las conclusiones obtenidas podemos emitir las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda que la implementación de este plan de mantenimiento se encuentre acompañada de un entrenamiento previo al personal del mismo de manera que se comience a crear una conciencia de mantenimiento dentro del personal, desde la gerencia hasta los operadores.
- Para prevenir daños mayores en las máquinas y no tener pérdidas en la producción, se debe realizar el mantenimiento a los equipos en el tiempo establecido.
- Se recomienda planificar paros anuales, semestrales, mensuales e inspecciones diarias, de acuerdo con el plan de mantenimiento

3.6. Glosario de Términos

C.B.M.- Mantenimiento Basado en la Condición será disponer de la máxima cantidad de datos objetivos sobre la máquina, para poder identificar los posibles fallos que generen incidentes o paradas no deseadas antes de que aparezcan para ello utilizan el análisis de las tendencias de todos los datos recolectados.

Corrosión.- La corrosión se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico (oxidación) por su entorno. De manera más general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma más estable o de menor energía interna.

Equipos Estáticos.- Son equipos que permanece en un mismo estado, sin cambios como depósitos, recipientes, tanques, reactores, tuberías, etc.

Fallos Críticos.- Fallo que puede provocar lesiones corporales, daños al medio ambiente o daños materiales importantes.

Fallos Funcionales.- Una falla funcional es la incapacidad de un elemento (o el equipo que lo contiene) para cumplir con un estándar de rendimiento especificado. Una falla funcional por lo general es detectada por un operador durante su rutina diaria normal.

McDonnell de Caldero.- Diseñado especialmente para proteger las calderas contra los peligros de una condición de bajo nivel de agua, cuando están en operación, estos dispositivos interrumpirán la corriente eléctrica que llega al quemador si el agua en el sistema cae por debajo del nivel seguro mínimo.

Mezclador Bicónico.- El mezclador tipo bicónico realiza una mezcla homogénea de sólidos. El cuerpo mezclador está formado por dos conos unidos por sus bases a través de una sección cilíndrica. El eje de rotación es perpendicular al eje de los conos y atraviesa dicha sección cilíndrica.

Mezclador Horizontal.- Adecuado para mezclar polvo y los materiales de alta viscosidad, es aplicable ampliamente en industrias de pintura, masilla, mortero, pesticida, gel plástico, alimento, etc.; paletas espirales giran y empujan los materiales para la mezcla plena en el recipiente.

Modos de Fallos.- Podríamos definir ‘modo de fallo’ como la causa primaria de un fallo, o como las circunstancias que acompañan un fallo concreto.

R.C.M.- RCM o Reliability Centred Maintenance, es una técnica para elaborar un plan de mantenimiento en una planta industrial y que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, posteriormente fue trasladada al campo industrial, después de comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico.

Sistema Calefactable.- Que dispone de un dispositivo para aumentar de temperatura.

T.P.M.- El Mantenimiento Productivo Total es una técnica de trabajo en plantas productivas que se genera en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como son: Participación de todo el personal de la planta, Eficacia total, Sistema Total de Gestión del Mantenimiento de equipos desde su diseño hasta la corrección y la prevención.

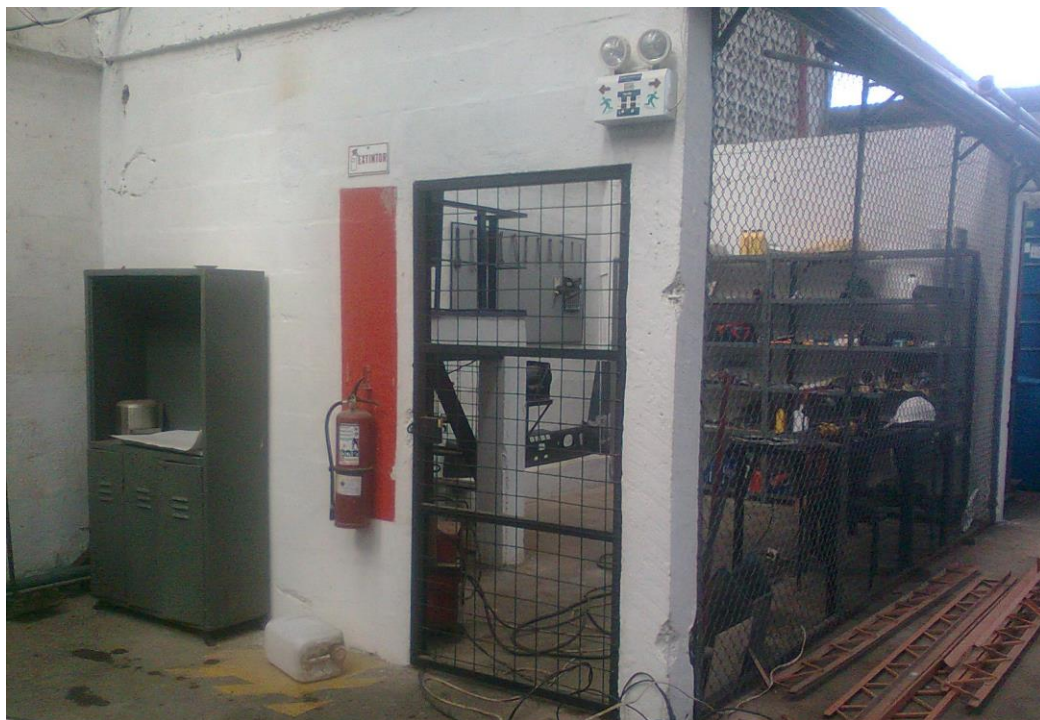
Transformador de Ignición.- El sistema de ignición es un dispositivo diseñado y desarrollado para generar una chispa eléctrica que permita iniciar la llama por medio de un combustible.

Válvula Tajadera.- Es una válvula pasante diseñada para actuar bajo condiciones difíciles, en fluidos cargados con sólidos en suspensión, también conocida como válvula de guillotina.

ANEXOS

ANEXO N° 1

TALLER DE MANTENIMIENTO



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

ANEXO N° 2

SISTEMA DE QUEMADOR DEL CALDERO



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

ANEXO N° 3

SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL DE FLUJO DEL CALDERO



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

ANEXO N° 4

HÉLICE DE MEZCLADOR DE LÍQUIDOS



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

ANEXO N° 5

CADENA DE MEZCLADOR HORIZONTAL DE POLVO



Fuente: Planta de Quimicamp del Ecuador S.A.
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

ANEXO N° 6

CRONOGRAMA DE PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ACTIVIDADES	MÁQUINAS	PRIMER SEMESTRE / SEMANAS																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Cambio de Aceite al Motor	A1-CV1			x	x	x			x			x	x	x			x	x		x	x		x				
Cambio de Filtros	A1-AA1			x		x	x									x		x									
Grasa en Puntos de Lubricación	A2-MC1	x			x	x		x	x	x							x	x			x				x		
Reemplazo de Sello, Retenes	A2-ML1	x			x	x	x		x			x					x	x					x		x		
Cambio de Bandas	A2-ML2	x			x	x	x		x			x					x	x					x		x		
Reemplazo de Rodamientos	A2-ML3	x			x	x	x		x			x					x	x					x		x		
Limpieza Técnica	A3-MB1		x			x		x		x								x	x	x	x						x
Retoque de Pintura	A3-MH1		x			x		x			x							x	x	x	x						x

Fuente: Investigación Directa
 Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

CRONOGRAMA DE PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEGUNDO SEMESTRE

ACTIVIDADES		MÁQUINAS	SEGUNDO SEMESTRE / SEMANAS																									
			27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Cambio de Aceite al Motor	A1-CV1	x	x	x			x			x	x		x		x	x		x	x				x	x			x	x
Cambio de Filtros	A1-AA1	x		x								x	x				x										x	
Grasa en Puntos de Lubricación	A2-MC1		x			x	x									x	x			x				x				x
Reemplazo de Sello, Retenes	A2-ML1		x			x						x	x				x					x			x			x
Cambio de Bandas	A2-ML2		x			x							x	x			x					x			x			x
Reemplazo de Rodamientos	A2-ML3		x			x							x	x			x					x			x			x
Limpieza Técnica	A3-MB1			x													x	x								x		
Retoque de Pintura	A3-MH1			x														x	x							x		

Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Romero Lozano Miguel Ángel

BIBLIOGRAFÍA

Amendola, L. J. (2006). Gestión de proyectos de activos industriales. Valencia: Editorial de la UPV.

Arias, F. (2006). Proyecto de Investigación Introduccion a la Metodología Científica. Caracas - Venezuela: Episteme, C.A.

Cárcel, J. (2014). La gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento industrial. Valencia: Omnia Publisher SL.

Cuatrecasas, L., & Torrel, F. (2010). TPM en un entorno Lean Management. Barcelona: Profit Editorial.

Dhillon, B. S. (2006). Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers. Londres: Taylor and Francis Group.

García, S. (2003). Organización y Gestión Integral del Mantenimiento . Madrid: Díaz de Santos.

García, S. (2011). La contratación del mantenimiento industrial. Madrid: Ediciones Días de Santos.

González, F. (2005). Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. Madrid: Fundación Confemetal.

McCarthy, D., & Rich, N. (2004). Lean TPM: A Blueprint for Change. Great Britain: Library of Congress.

www.renovetec.com. (2012). Obtenido de Renovetec.

www.ingeman.net. (2013). Obtenido de Asociación para el Desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento (INGEMAN).

www.interempresas.net. (2005). Obtenido de Interempresas.

www.mantenimientoplanificado.com. (2013). Obtenido de Mantenimiento Planificado.