

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA
CONFIABILIDAD EN LA EMPRESA CGW PLASTIC S.A.C. PARA LA
REDUCCIÓN DE COSTOS POR PARADA DE MÁQUINA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR
CESAR ENRIQUE GUEVARA GAMARRA**

**ASESOR
MGTR. JOSELITO SÁNCHEZ PÉREZ**

Chiclayo, 2019

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía y mi fortaleza en todo momento.

A mis padres: César Guevara y Rosa Gamarra, por ser mi ejemplo de superación, valentía y por darme su apoyo incondicional en todo momento.

A mi adorada hijita Daniela, por ser mi fuente de inspiración, mi fuente inagotable de energía, la razón más grande que tengo, para seguir adelante y superar las adversidades de cada día.

A mi compañera de vida, Pamela, por estar ahí siempre para guiarme por el camino de la verdad y la justicia.

A mi familia por creer en mí en todo momento y no dudar ni un segundo de que podría ser capaz de terminar mis estudios universitarios.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la vida y la posibilidad de conseguir mis metas trazadas.

A la empresa CGW PLASTIC S.A.C. por la oportunidad de desarrollar mis habilidades y empezar una vida laboral.

Al Ingeniero Manuel Albines y Joselito Sánchez Pérez, por la valiosa orientación brindada en la elaboración de esta tesis.

A nuestra prestigiosa Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo por recibirme en estos años y formarme no solo en conocimientos sino también en valores cívicos y religiosos.

PRESENTACIÓN

Actualmente, con cada vez más competencia en el medio; si una empresa desea sobresalir, debe encontrar el modo más adecuado de minimizar al máximo sus costos. Si una empresa desea ser altamente competitiva, es necesario implementar una gestión de mantenimiento preventivo, utilizando para esto diversas metodologías.

En el departamento de Lambayeque, son cada vez más las empresas que optan por implementar estas gestiones, adaptándolos a sus realidades. Cabe resaltar que no contar con una gestión de mantenimiento preventivo, trae como consecuencia un elevado costo de mantenimiento, y al ser este parte del costo de producción, traen como consecuencia una reducción de las utilidades de la empresa, la capacidad de producción y la calidad, así mismo eleva los tiempos de producción.

La presente busca resolver este problema en una empresa del rubro reciclaje dedicada a producir pellets de polipropileno, la cual no cuenta con una gestión de mantenimiento preventivo por lo que se hará uso de datos recolectados entre los meses de septiembre del 2015 y agosto del 2016, basados en mantenimientos correctivos con la finalidad de anticiparnos a las fallas y reducir los tiempos de mantenimiento, trabajos externos.

El Autor

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la Empresa C.G.W. Plastic S.A.C, la cual se dedica a la producción de pellets de polipropileno a partir de material reciclable, éste es la materia prima para la producción de sacos, bolsas, pallets y otros elementos de plástico.

Durante el proceso de producción, en esta empresa, se presentan diverso tipo de averías, se detiene el proceso productivo, generando un impacto en desmedro de las utilidades de la compañía. En la empresa C.G.W. Plastic S.A.C. no existe una cultura preventiva de mantenimiento y cada vez que suceden averías el personal se limita a efectuar el mantenimiento correctivo.

Para la realizar la presente investigación, inicialmente se identificó la situación en la que funcionan las Maquinarias de esta empresa, se recolectó datos durante un periodo de 12 meses. Se identificó la cantidad de mantenimientos correctivos y los costos que estos acarrear para determinar su impacto en la utilidad. El diagnostico se basó en 6 equipos de la línea de producción, donde se hallaron 105 averías que generaban 989 horas de parada de máquina y un costo por mantenimientos correctivos de S/. 29 130,00 soles, así mismo, identificamos 03 equipos como críticos: Molino 01, Molino 02 y Extractor / Pelletizador.

La presente propuesta de gestión de mantenimiento basada en confiabilidad propone reducir la cantidad de paradas de máquina en un 60,53%, así mismo, el costo de esta propuesta sería de S/ 56 555,60 Soles, del mismo modo se redujo las horas de parada de máquina durante el desarrollo de actividades de producción en un 95,75%, e incrementó la utilidad bruta en 16,98% anual.

Esta gestión mejoró los indicadores como la Confiabilidad que aumentó en un 97,29%, la Mantenibilidad fue reducida en un 90,56% y la Disponibilidad aumentó en un 4,04%. Finalmente, el análisis costo beneficio dio un resultado de 2,11.

Palabras clave: Mantenimiento, Confiabilidad, reducción de costos, parada de máquina.

ABSTRACT

This research was carried out in the Company C.G.W Plastic S.A.C, which is dedicated to the production of polypropylene pellets from recyclable material, this is the raw material for the production of sacks, bags, pallets and other plastic elements.

During the production process, in this company, there are different types of breakdowns, the production process is stopped, generating an impact in detriment of the company's profits. In the company C.G.W. Plastic S.A.C. There is no preventive maintenance culture and every time failures occur; staff is limited to performing corrective maintenance.

In order to carry out this investigation, initially the situation in which the machinery of this company works is identified, data was collected during a period of 12 months, the amount of corrective maintenance and the costs that they entail to determine its impact on Utility. The diagnosis was based on 6 equipment of the production line, where 105 breakdowns were found that generated 989 hours of machine shutdown and a cost for corrective maintenance of S /. 29 130.00 soles, likewise, we identify 03 teams as critics: Crusher 01, Crusher 02 and Extractor / Pelletizer.

This proposal for maintenance management based on reliability reduced the number of critical machinery stops by 60.53%, at an implementation cost of S / 56 555.60 Soles, as well as the machine stop hours during development of production activities by 95.75%, and gross profit increased by 16.98% per year.

This management improved indicators such as Reliability that increased by 97.29%, Maintainability was reduced by 90.56% and Availability increased by 4.04%. Finally, the cost benefit analysis gave a result of 2.11.

Keywords: Reliability Centered Maintenance, cost reduction, machine shutdown.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
PRESENTACIÓN.....	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA.....	14
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	14
2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	20
2.2.1. Mantenimiento.....	20
2.2.2. Objetivos del Mantenimiento.....	20
2.2.3. Tipos de mantenimiento.....	20
2.2.4. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).....	22
2.2.5. Costos de mantenimiento.....	24
2.2.6. Definición de Avería.....	24
2.2.7. Definición de Fallas.....	24
2.2.8. Definición de Paradas.....	25
2.2.9. Definición de Costos.....	25
2.2.10. Definición de Gasto.....	25
2.2.11. Proceso de implantación del R.C.M.....	25
2.2.12. Sistemas para la codificación de equipos.....	26
2.2.13. Análisis de Criticidad.....	28
2.2.14. Diagrama de Pareto.....	29
2.2.15. Análisis de modo y efectos de fallas (AMEF).....	29
2.2.16. Planilla de información RCM.....	31
2.2.17. Hoja de trabajo de Decisiones RCM.....	31
2.2.18. Indicadores.....	32
2.2.19. Indicadores para evaluación de Proyectos.....	36
III. RESULTADOS.....	39
3.1. DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	39

3.1.1.	Reseña histórica.....	39
3.1.2.	Organigrama de la Empresa.	40
3.1.3.	Funciones en la Empresa.	40
3.1.4.	Operarios de Producción.	42
3.1.5.	Máquinas.	43
3.1.6.	Descripción del sistema de producción.	44
3.1.7.	Descripción de la situación actual.	51
3.2.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	72
3.2.1.	Mejoras en la Organización.....	72
3.2.2.	Creación de registros y documentos de mantenimiento.	75
3.2.3.	Identificación de máquinas y equipos.	82
3.2.4.	Plan de Mantenimiento Basado en Confiabilidad. (RCM).....	86
3.2.5.	Planeamiento de Herramientas y materiales.....	110
3.2.6.	Subcontratación de empresas.	116
3.2.7.	Capacidad Humana.....	118
3.2.8.	Costo de la Implementación de la Propuesta de Gestión de mantenimiento basado en RCM.	122
3.2.9.	Comparación del estado actual versus la Gestión de mantenimiento basado en RCM.	123
3.2.10.	Nuevos indicadores.....	125
3.2.11.	Cuadro comparativo de indicadores.....	128
3.3.	ANÁLISIS DE BENEFICIO – COSTO.....	130
3.3.1.	Análisis Económico Financiero de la Inversión.....	130
3.3.2.	Indicadores para Evaluación de Proyectos.....	132
3.3.3.	Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)	133
IV.	CONCLUSIONES.....	134
V.	RECOMENDACIONES	135
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	136
VII.	ANEXOS.....	139
	Anexo 01: Parámetros para Hallar el Nivel de Criticidad.....	139
	Anexo 02: Escala para evaluar el grado de severidad en el AMEF	141
	Anexo 03: Escala para evaluar el grado de ocurrencia en el AMEF.....	141
	Anexo 04: Escala para evaluar el grado de detección en el AMEF	142
	Anexo 05: Formato de Planilla de Información:.....	142
	Anexo 06: Formato de Hoja de Decisiones:.....	143

Anexo 07: Formato de Plan de Mantenimiento:	143
Anexo 08: Diagrama de Decisión RCM	144
Anexo 09: Política Actual de Días Laborables:	145
Anexo 10: Política Propuesta de Días Laborables:	145
Anexo 11: Calculo de la Rentabilidad de la Situación Actual:	146
Anexo 12: Formato de Descripción Puesto de Trabajo.....	147
Anexo 13: Cronograma de Mantenimiento:.....	148
Anexo 14: Tiempos para Mantenimiento (Situación Actual)	151
Anexo 15: Tiempos para Mantenimiento (Propuesta de Gestión de Mantenimiento)	152
Anexo 16: Calculo de Rentabilidad Propuesta por la Gestión de Mantenimiento Basada en Confiabilidad.....	153

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Calificación de los valores de la Disponibilidad según el tipo de proceso.	35
Tabla 2: Interpretación del resultado del VAN.	36
Tabla 3: Interpretación del resultado del TIR.....	37
Tabla 4: Interpretación del resultado del coeficiente (B/C).	38
Tabla 5: Distribución de operarios de producción.....	42
Tabla 6: Maquinarias de la línea de producción,.....	43
Tabla 7: Producción Real (Kg.).....	45
Tabla 8: Costos de producción (S/):	54
Tabla 9: Capacidad (Kg):	56
Tabla 10: Lista Fallos y Averías.....	57
Tabla 11: Costo de Mantenimientos Correctivos (S/)	62
Tabla 12: Duración de mantenimientos correctivos (Horas).....	63
Tabla 13: Frecuencia de avería.....	64
Tabla 14: Ingresos (S/):	65
Tabla 15: Rentabilidad (S/)	67
Tabla 16. Confiabilidad Actual (Horas)	68
Tabla 17. Mantenibilidad Actual (Horas).....	69
Tabla 18. Disponibilidad Actual (%).....	70
Tabla 19. Costo Promedio de parada de máquina (S)	70
Tabla 20. Pérdida de Oportunidad por parada de máquina (S/)	71
Tabla 21. Costo total de Mano de obra (S/)......	74
Tabla 22: Identificación de Equipos y componentes.....	82
Tabla 23: Codificación para equipos	84
Tabla 24: Codificación para Componentes	84
Tabla 25: Ponderaciones de los parámetros del Análisis de criticidad	87
Tabla 26: Análisis de Criticidad	88
Tabla 27: Análisis De Modo Y Efecto De Falla.....	91
Tabla 28: Hoja de Trabajo de Información RCM.....	96
Tabla 29: Hoja de Decisiones.....	99
Tabla 30: Plan De Mantenimiento.....	102
Tabla 31: Análisis detallado del Plan de Mantenimiento	107
Tabla 32: Actividades de Mantenimiento que Requieren Parada de Máquina.....	109
Tabla 33: Actividades de Mantenimiento que No Requieren Parada de Máquina.....	109
Tabla 34: Materiales para la gestión de mantenimiento	113
Tabla 35: Herramientas para la gestión de mantenimiento	114
Tabla 36: Útiles y activos de Oficina para la gestión de mantenimiento	114
Tabla 37: Costo de mantenimientos subcontratados	116
Tabla 38: Costos de Capacitación	121
Tabla 39: Costo de la implementación de la propuesta de gestión de mantenimiento basada en RCM.....	122
Tabla 40: Situación Actual vs. Propuesta de Gestión.....	123
Tabla 41: Confiabilidad de Propuesta	125
Tabla 42: Mantenibilidad de Propuesta	126
Tabla 43: Disponibilidad de Propuesta.....	127
Tabla 44: Comparación de indicadores Totales	128

Tabla 45: Determinación de la tasa de Aceptación de Rendimiento Global.	130
Tabla 46: Determinación del Flujo de caja económico	131
Tabla 47: Determinación Indicadores para evaluación de Proyectos.....	132
Tabla 48: Determinación del Periodo de recuperación de la inversión.	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Taxonomía del mantenimiento	21
Figura 2: Flujograma de implantación del RCM.....	26
Figura 3: Organigrama de la empresa CGW PLASTIC SAC	40
Figura 4: Diagrama de Análisis del Proceso de producción de pellets de polipropileno	49
Figura 5: Diagrama de máquinas del proceso de producción de pellets de polipropileno	50
Figura 6: Organigrama para la Gestión de Mantenimiento	73
Figura 7: Procedimiento para el Desarrollo de Registros y Documentos.....	76
Figura 8: Formato de Orden de Trabajo	78
Figura 9: Formato de Informe Técnico	79
Figura 10: Formato de Mantenimientos mensuales.....	81
Figura 11: Diagrama de Pareto	89
Figura 12: Procedimiento de compras	111
Figura 13: Procedimiento de Subcontratación.....	117
Figura 14: Procedimiento para Capacitación de personal	120

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el desarrollo del mantenimiento va enfocado, a optimizar costos, aumentar la disponibilidad y confiabilidad operacional, optimizar el rendimiento, reducir paradas de máquinas y aumentar el período de vida útil de los activos, entre otros. La presente investigación tiene como objetivo proponer una metodología preventiva, para una empresa del rubro del reciclaje, que permita conocer si es pertinente la implementación de un sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, como filosofía para la gestión del mantenimiento y determinar, si es posible realizar esta implementación en ese momento.

La empresa “CGW PLASTIC S.A.C.” es una empresa del rubro reciclaje ubicada en la ciudad de Chiclayo, situada en el distrito de La Victoria, en la zona industrial de Chosica del Norte. Fundada a mediados del año 2011 por el Wilmer Gallardo y Gilmar Gallardo, quienes optaron por dedicarse a la transformación y comercialización en primera instancia de hojuelas de plástico reciclado (scrap), para luego a inicios del 2014 comercializar pellets de plástico reciclado (polipropileno o PP). Para la obtención de pellets de polipropileno se utiliza como materia prima residuos plásticos (no residuos médicos) o plástico reciclado, el cual es traído desde distintos centros de acopio en el departamento de Lambayeque, como la Empresa Comercializadora y Prestadora de Servicios de Residuos Vida Verde S.A.C, Recicladora Mari Cielo E.I.R.L, y Empresa Recicladora Manayalle E.I.R.

Entre los principales compradores de pellets tenemos Agrícola Cerro Prieto, GBS, Pretel y Los Ángeles, entre otros, los cuales utilizan el los pellets en la producción de envases, sacos, pallets, etc.

La empresa cuenta con un total de 6 máquinas que componen las áreas de molido (2 máquinas), el área de lavado (1 máquinas) el área de secado (2 máquinas) y el área de extruido-pelletizado (1 máquina). El presente trabajo abordará el mantenimiento en el área de molido y pelletizado pues son las áreas que presente mayor número de inconvenientes mecánicos en cada una de sus partes.

La empresa puede alcanzar sus objetivos, cumpliendo rigurosamente todos los trabajos mediante la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo Centrado en la Confiabilidad. Pueden existir algunos inconvenientes con el seguimiento de la propuesta de este tipo de mantenimiento, pero los resultados serán positivos, ya que,

se reducirán las horas de paradas y costos de mantenimiento por causa de todo tipo de averías y fallas de los componentes de las máquinas.

Garcia (2013), indica que a veces el tiempo es muy corto para analizar los modos de fallo exhaustivamente, por ello es aceptable como paso inicial, la creación de un plan de mantenimiento rápido o básico, basándose en instrucciones genéricas, hasta la creación de un plan de mantenimiento detallado.

Amendola (2006) afirma que “Un aspecto clave RCM es reconocer que el mantenimiento asegura que un activo continúe cumpliendo su misión de forma eficiente en el contexto operacional”

Para la realización de esta investigación, se diagnosticarán las máquinas críticas y su avería, generando indicadores de la situación actual, analizando los efectos de las paradas de máquinas sobre la utilidad. Consecutivamente se elaborará la gestión de mantenimiento basada en RCM que consiste en mejoras a la organización, capacitaciones, documentación y un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas críticas que intervienen en el proceso de producción. Seguidamente se evaluarán los indicadores de mantenimiento después de la implementación del plan. Finalmente se realizará un análisis costo-beneficio de la implementación.

Esta gestión permitirá disminuir las fallas y averías existentes de las máquinas, aumentando la Disponibilidad de los equipos, demostrando que no sólo es económicamente factible, sino también aumentará el porcentaje de operatividad de las máquinas y las utilidades.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

- Beryer et al. [1] “Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en motores de combustión interna de las embarcaciones pesqueras de la serie intrépido de una empresa pesquera”, tiene por objetivo aplicar la metodología Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC o RCM) para incrementar la vida útil y disponibilidad de los equipos, incrementando así las ventas de harina de pescado a un menor costo de mantenimiento. En primera instancia se realizó la identificación de los problemas que dificultan la maximización de la función de los motores de combustión interna, a través del análisis de modo, fallas, causas y efectos (AMEF). Al definirse los modos y las causas de las fallas fue posible establecer la criticidad de cada una ellas y el impacto en la operación, mantenimiento, salud y medio ambiente, así como su priorización. De acuerdo al AMEF y la clasificación obtenida a través del NPR (Número de Prioridad de Riesgo), de los 73 modos de falla analizados, se obtuvieron 10 fallas inaceptables (13.7 %), 13 fallas de reducción deseable (17.8 %) y 50 fallas aceptables (68.5 %). La disponibilidad inherente está por encima del 90 % de todos los motores de 5 combustión interna de las embarcaciones pesqueras. Mediante la determinación del tiempo medio entre fallas (MTBF) ha sido posible determinar la frecuencia óptima de intervención de cada uno de los motores analizados.
- Según Viveros et al. [2], en su investigación: “*Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo*” basada mejora continua en el tiempo; el modelo que se presenta se compone de siete principales etapas, las cuales deben desarrollarse progresivamente según el escenario actual de la organización, siendo estas:
 1. Análisis de la situación actual.
 2. Jerarquización de equipos.
 3. Análisis de puntos débiles las máquinas de alto impacto.
 4. Diseño de planes de mantenimiento y recursos necesarios.
 5. Programación del mantenimiento y optimización en la asignación de recursos.

6. Evaluación y control de la ejecución del mantenimiento.

7. Análisis del ciclo de vida y de la posible renovación de equipos.

Concluyendo que, organizaciones con alta dotación de activos indica que las necesidades de mantenimiento han ido aumentando durante los últimos años, por lo cual se estima conveniente que la evaluación de estrategias de mantenimiento, la selección de tareas y por ende la gestión global del mantenimiento en la organización se deba manejar de manera formal y responsable, dejando de lado la improvisación y aleatoriedades. Las estrategias de mantenimiento deben estar siempre alineadas con los planes de negocio de la empresa ya que de esto depende la consecución de los objetivos del mantenimiento y, también, los del propio plan de negocio de la organización.

- Según Zambrano et al. [3], en su investigación: “*metodología para identificación de fallos críticos en procesos industriales basada en técnicas de confiabilidad operacional*”, desarrolla una metodología para la identificación de fallos en una planta de Cracking Catalítico Fluidizado (FCC) modelo UOP, inicialmente mediante un análisis de confiabilidad que permite definir el nivel de criticidad de cada uno de los equipos de la unidad e identificar modos de fallo potenciales y su efecto sobre la operación de la planta, esta metodología consta de 9 pasos :
 - ✓ Consolidación de Información,
 - ✓ Cálculo de Riesgo para la Unidad de Cracking Catalítico FCC.
 - ✓ Cálculo de Criticidad
 - ✓ Análisis de confiabilidad
 - ✓ Selección de equipos que requieren Sistema de Detección y Diagnóstico de Fallas.
 - ✓ Determinación de problemas recurrentes o de impacto.
 - ✓ Selección de la tecnología a ser implantada
 - ✓ Análisis costo beneficio riesgo
 - ✓ Implantar la metodología desarrollada

Obteniendo que es posible mediante esta metodología seleccionar y aplicar diferentes técnicas que permitan detectar y diagnosticar diferentes tipos de fallos característicos de una unidad de proceso industrial.

- Solís [4], en su investigación: “*Diseño de un sistema de mantenimiento centrado en confiabilidad, en el área de manufactura, mediante el análisis estadístico de fallas y criticidad en los equipos*”, busca determinar mediante una función, la probabilidad de falla y un patrón de comportamiento histórico de esa falla, y que sirva como una manera de visualizar la ocurrencia en un futuro de esta, mediante la utilización de indicadores numéricos, ya que la Ingeniería de Confiabilidad se basa en funciones matemáticas, es decir que se ajustan a una distribución de probabilidad establecida o a una función matemática específica. obteniendo de esta manera la reducción de los costos de reparación de fallas y de mantenimiento, al determinar el tipo de mantenimiento adecuado para cada equipo, ya sea preventivo, predictivo o en determinados casos correctivo y reduce los costos operativos, al disminuir los paros dentro del proceso los costos de producción se reducen.

Finalmente, al aplicar esta metodología para la solución de problemas de mantenimiento de equipos, los beneficios obtenidos son los siguientes:

- ✓ Se incrementa la disponibilidad de los activos; debido a la adecuada estrategia de mantenimiento siempre estarán en condiciones de ser operados, no importando en qué momento sean necesarios dentro del proceso.
 - ✓ Se reducen los costos de reparación de fallas y de mantenimiento, al determinar el tipo de mantenimiento adecuado para cada equipo, ya sea preventivo, predictivo o en determinados casos correctivo.
 - ✓ Reducen los costos operativos, al disminuir los paros dentro del proceso los costos de producción se reducen.
 - ✓ Se reduce el número de accidentes que involucran a los colaboradores, al reducir las fallas en los equipos y determinar los planes de operación de los mismos, lo operadores tendrán un mejor manejo y sobre todo de una forma más segura.
 - ✓ Se reduce el número de incidentes ambientales.
- Méndez et al. [5], en su investigación “*La gestión del mantenimiento una oportunidad de cambio*”, presenta una reflexión de los autores sobre la gestión del mantenimiento a nivel internacional nacional y local, mediante la utilización de fuentes de información como opiniones de diferentes expertos nacionales e internacionales, bases de datos bibliográficas internacionales especializadas

como ProQuest, Scielo, obteniendo así que la Gestión de Mantenimiento es el modo de administrar, dirigir, planear, ejecutar y controlar las operaciones, recursos, activos, controles y mecanismos, cuidados técnicos y modelos necesarios para que la industria pueda seguir funcionando adecuadamente, es decir que se permitan minimizar el número de fallos en los equipos, elevar los índices de productividad y a su vez hacer más eficientes y eficaces los diferentes procesos industriales, siendo este el ideal de cualquier empresa. Ante tal afirmación, surge el interrogante de si ¿acaso no es función del gerente de la planta o del ingeniero industrial? Pues bien, resulta que el mantenimiento va de la mano con producción, es decir, no puede existir el uno sin el otro si se quiere conseguir el ideal anteriormente nombrado, esto hace que así como en las grandes industrias es indispensable un gerente de producción, también se torne necesaria la figura del gerente de mantenimiento, persona encargada de tomar las banderas del departamento y trabajar mancomunadamente con producción; concluyendo que por medio de una adecuada Gestión de Mantenimiento se puede minimizar el número de fallas en la Maquinaria y equipos de las planta industriales, que dichos activos sean más confiables, permitiendo de esta manera elevar los índices de productividad y competitividad, contribuyendo así con procesos industriales más eficientes y eficaces; además de que Un ingeniero de mantenimiento debe tener conocimientos y competencias en liderazgo, gestión de mantenimiento, manejo de herramientas informáticas (Software de mantenimiento), manejo de personal, planeación y programación de mantenimiento, mantenimiento de clase mundial y buenas prácticas de mantenimiento.

- By Altaf [6] ,in her investigation “Study Reliability Centered Maintenance (RCM) of rotating equipment through predictive maintenance” This paper presents ABC Automobile Company case, where planned maintenance is possible with application of predictive maintenance strategy, which enables to take decision of maintenance action with evidence and reduce unneeded maintenance. The main principle of predictive maintenance is examining the important performance characteristics of equipment to select the most indicative parameters of condition which reflects functional failures. In proposals, vibration is selected as an important performance characteristic of rotating components. Through vibration monitoring several mechanical failures can be effectively predicted.

Signals (such as through the use of vibration monitoring) emanating from the condition monitoring of equipment are frequently interpretative as per manufacturer's recommendations, use of an expert system, or the threshold values established through the experience of inspectors are used (Wiseman and Jardine, 1999).

The maintenance strategy adopted by ABC Automobile Company is preventive maintenance with manually collected condition monitoring data. That data usually indicates abnormality when actually failure occurs. This paper includes determination of the effectiveness of existing maintenance strategy and its comparisons with other strategies with improvement proposals. It outlines RCM analysis process and a test case of fans of paint booth process.

This study concludes that RCM enables to evaluate planned maintenance action and incase of rotating components the vibration monitoring technique can be effectively used in predictive maintenance strategy. The paper reveals that the ABC Automobile Company can achieve enhanced manufacturing performance leading to competitive advantage with successful RCM implementation through predictive maintenance.

- Ramli [7], in his investigation "Reliability Centered Maintenance in Schedule Improvement of Automotive Assembly Industry", describes that today, in many automotive manufacturing companies, maintenance management is an important factor to maintain the plant operation and production equipments. In this study, they present an implementation of Reliability Centered Maintenance (RCM) practice in one of the automotive manufacturing company in Malaysia. The RCM practice was used to assist the company in focusing their maintenance activities based on the criticalities of the equipments by applying the Failure Modes and Effects Analysis (FMEA). The implementation of RCM was carried out in 4 stages; preparation, system analysis, decision making and feedback. The aim of RCM was to reduce the number of maintenance checklist and to improve significantly the integrity of maintenance practice. And the results: As a result, the new RCM framework was generated where Class A equipment was at the top of the monthly maintenance frequency priority, followed by Class B and Class C equipment which had lesser critical value.

Concluding that, the new RCM framework is used to conduct visible guideline and propose a new maintenance schedule. The guideline is useful for future maintenance strategy improvement. After the implementation, it can be ascertained that our proposed RCM is useful in reducing maintenance personnel burden and this leads to improvement of productivity.

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1. Mantenimiento.

Mantenimiento son todas las actividades que deben ser desarrolladas en orden lógico, con el propósito de conservar en condiciones de operación segura, efectiva y económica, los equipos de producción, herramientas y demás activos físicos, de las diferentes instalaciones de una empresa [8].

Definimos habitualmente mantenimiento, como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento [9].

De una manera más simple, el mantenimiento es “lo que hay que hacer para que las cosas funcionen correctamente o, en su defecto, para que las averías duren menos” [10].

2.2.2. Objetivos del Mantenimiento.

Garcia [9], indica que, en el mantenimiento, su organización e información debe estar encaminada a la permanente ejecución de los siguientes objetivos:

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida de la máquina.

2.2.3. Tipos de mantenimiento.

Dounce [11], el trabajo típico del mantenimiento es la búsqueda y reforzamiento de los eslabones más débiles de la cadena de servicio que proporciona un ítem. El mantenimiento se divide en dos ramas llamadas estrategias Generales, estas a su vez, se subdividen, como se muestra en la figura 01.

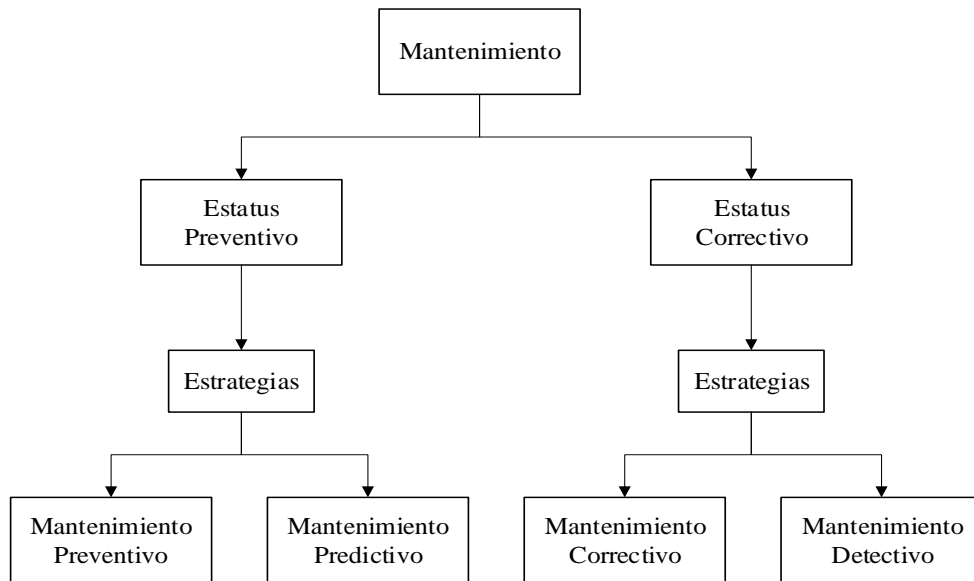


Figura 1: Taxonomía del mantenimiento

Fuente: Daounce, 2009

a) Estrategias de mantenimiento preventivo:

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un servicio determinado de los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.

Son labores documentadas, usadas para aplicar el mantenimiento preventivo y su división es la siguiente:

- Mantenimiento Preventivo, conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que un sistema pueda seguir funcionando adecuadamente y no llegue a la falla.
- Mantenimiento Predictivo, servicio de seguimiento del desgaste de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios (sistemas), a través del análisis de síntomas o estimación mediante evaluación estática, supervisión del funcionamiento y determinación del punto exacto del cambio.

b) Estrategias de mantenimiento Correctivo:

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios mismos.

Son labores documentadas, usadas para aplicar el mantenimiento correctivo y su división es la siguiente:

- Mantenimiento Correctivo, servicios de inspección, control, preservación y restauración de un ítem que opere abierto con la finalidad de prevenir, detectar o corregir fallas.
- Mantenimiento Detectivo, servicios de inspección, control, preservación y restauración de un ítem que opere como sistema cerrado, con la finalidad de prevenir, detectar o corregir errores o defectos que provoquen fallas.

2.2.4. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).

Para Parra [12], el RCM, sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional. Esta no es una fórmula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de los activos de un determinado contexto operacional, realizado por un equipo natural de trabajo.

La definición formal del RCM, es la propuesta en la norma SAE - JA 1011: “El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es una filosofía de gestión de mantenimiento, en la cual un equipo de trabajo multidisciplinario, se encarga de optimizar la Confiabilidad Operacional de un sistema productivo, que funciona bajo condiciones de operación definidas, estableciendo las actividades más efectivas en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, considerando los posibles efectos que originan los modos de fallas de estos activos, en la seguridad, el ambiente y las funciones operacionales” [13].

Así mismo, para García [8], el RCM es un enfoque sistémico para diseñar planes y programas que aumenten la confiabilidad de los equipos con un mínimo costo y riesgo; para lo cual combinas técnicas de AM (Mantenimiento Autónomo), CM (Correctivo), PM (Preventivo) y CBM, mediante estrategias justificadas técnica y económicamente. La información almacenada en las hojas de trabajo del RCM minimiza los efectos de rotación de personal y de falta de experiencia.

Para Pérez [14], el objetivo primario del RCM es conservar la función de sistema, antes que la función del equipo. La metodología lógica del RCM, que se deriva de múltiples investigaciones, se puede resumir en seis pasos:

- Identificar los sistemas básicos de la planta y definir sus funciones principales.
- Identificar los modos de falla que puedan producir cualquier falla funcional.
- Jerarquizar las necesidades funcionales de los equipos mediante el Análisis de Criticidad.
- Determinar la criticidad de los efectos de las fallas funcionales.
- Emplear el diagrama de árbol lógico para establecer la estrategia de mantenimiento.
- Seleccionar las actividades proactivas, más convenientes, u otras acciones que conserven la función del sistema.

Las premisas básicas para el diseño de un proyecto de RCM que busque la optimización del mantenimiento, deben ser:

- Lo fundamental es la Disponibilidad de los Equipos.
- El interés principal debe ser la función que estos desempeñan.
- Se debe cuestionar todo plan de mantenimiento no sustentado por un Análisis de Confiabilidad.
- El análisis debe ser sistémico y sistemático, tanto en extensión como en profundidad.

De acuerdo con la norma SAE – JA 1011 [13], un programa de RCM debe garantizar que las siguientes siete preguntas básicas sean contestadas satisfactoriamente en la secuencia mostrada:

- ¿Cuáles son las funciones principales asociadas al activo en su actual contexto operacional? (funciones).
- ¿De qué manera no se satisfacen sus funciones? (fallas funcionales).
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional? (modos de fallo).
- ¿Qué sucede cuando ocurren las fallas? (efectos de las fallas).
- ¿De qué manera puede afectar cada tipo de fallas? (consecuencias de las fallas).
- ¿Qué puede hacerse para prevenir, o para predecir las fallas? (tareas probables e intervalos de las tareas).
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada? (acciones preestablecidas).

Finalmente, para Para Garcia [8], el resultado de cada análisis de RCM, es una lista de responsabilidades de mantenimiento que permiten aumentar la efectividad, Confiabilidad, Disponibilidad, y rendimiento operativo del equipo, con un alto nivel de eficacia en costos. El éxito del RCM se debe a que esta filosofía permite establecer los requerimientos necesarios de los distintos sistemas en su contexto operacional. Por lo anterior, el RCM se convierte hoy en día, en una estrategia principal de las empresas de Clase Mundial.

2.2.5. Costos de mantenimiento.

Según Ochoa et al. [15], los costos de mantenimiento se pueden clasificar en dos categorías:

- a. Los costos que tienen relación directa con las operaciones de mantenimiento, como son: costos administrativos, de mano de obra, de materiales, de repuestos o refracciones, de subcontrataciones, de almacenamiento y costo de capital.
- b. Costos por pérdida de producción a causa de las fallas de los equipos, por disminución de la tasa de producción y pérdidas por falla en la calidad del producto debido al mal funcionamiento de los equipos.

2.2.6. Definición de Avería.

Olarte et al. [16], es el estado de no funcionamiento de uno o algunos elementos. Es un estado en que se encuentra un equipo, que no cumple con las condiciones de funcionamiento.

Boero [17], una avería es la falla que impide que la instalación mantenga el nivel productivo. En otras palabras, avería es el resultado de un fallo, bien del elemento mismo o de cualquier etapa precedente del ciclo de vida (especificación, diseño, fabricación, mantenimiento o mala utilización). El tipo de avería puede asociarse a un tipo de fallo (por ejemplo, avería por desgaste o fallo por desgaste).

2.2.7. Definición de Fallas.

Olarte et al. [16], afirman que falla es el “Deterioro o daño presentado en una de las piezas de una máquina el cual produce perturbación en su funcionamiento” .

2.2.8. Definición de Paradas.

Son las “Interrupciones ocasionadas por fallas presentadas en las máquinas que conforman un proceso de producción” [16].

2.2.9. Definición de Costos.

Conjunto de erogaciones que se hacen para producir un bien o prestar un servicio, como, por ejemplo: materia prima, mano de obra, insumos, servicio público, depreciación de máquina [18].

2.2.10. Definición de Gasto.

Conjunto de erogaciones que se hacen para distribución o venta de un producto, prestación de un servicio y administración del mismo, como, por ejemplo: salarios del personal administrativo, papelería, correo, teléfono, vendedores, capacitadores [18].

2.2.11. Proceso de implantación del R.C.M.

El proceso parte con el conocimiento del tipo de activos que existen y la selección de los cuales serán sometidos a revisar por RCM, mediante registros completos de los equipos. Con esto ahora es posible seguir el orden lógico de implantación del RCM; el cual comprende 2 fases [12]:

➤ **Fase inicial:**

- Formación del equipo natural de trabajo.

➤ **Fase de implantación:**

- Selección del sistema y definición del contexto operacional.
- Análisis del modo y efectos de fallos (AMEF).
- Aplicación de la lógica RCM (árbol de decisión de estrategias de mantenimiento).

La figura 2, muestra el orden de los pasos del proceso de implantación del RCM.

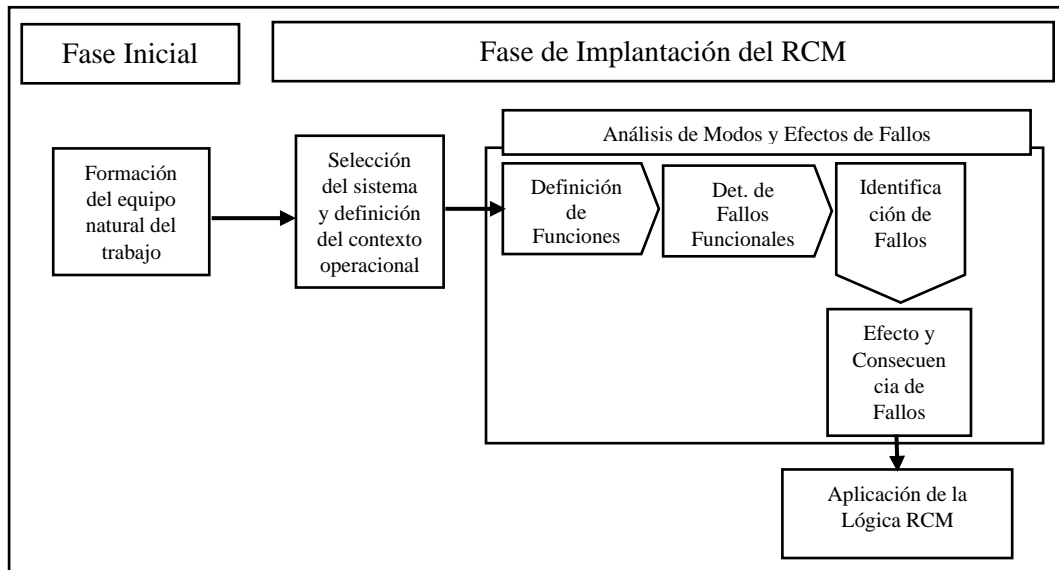


Figura 2: Flujograma de implantación del RCM.

Fuente: Parra, 2012.

2.2.12. Sistemas para la codificación de equipos

Para Garcia [9] es muy importante identificar cada uno de los equipos con un código. Esto facilita su localización, permite la obtención de registros históricos de intervenciones y permite calcular los indicadores referidos a equipos, sistemas, etc.

Existen dos opciones al momento de codificar:

- Sistema de codificación no significativo: este sistema asigna un número o un código correlativo a cada equipo, sin embargo, no aporta ninguna información adicional.
- Sistema de codificación significativo: sistema en el que el código asignado aporta información.

El modelo que emplearemos está referido a un sistema de codificación significativo, por tanto, la información útil que debe contener el código de una máquina debería ser el siguiente:

- Área al que pertenece dentro de la planta.
- Tipo de Máquina.
- Número correlativo.

Modelo de formulación de Código de Máquinas

Área		Máquina o equipo		# Correlativo	

Mientras que los elementos que forman parte de un equipo deben contener información adicional como:

- Los seis primeros caracteres identificarían al equipo, tal como se detalló en el apartado anterior.
- Un carácter más alfabético que identificaría la familia a la que pertenece el elemento. Ver anexo 10.
- Los tres caracteres siguientes identificarían al sistema.
- Con un máximo de siete caracteres alfanuméricos, empleados para identificar las características del componente.
- Un último carácter, de aplicación exclusiva para el caso de redundancia o cuando haya dos o más elementos iguales.

Código para elementos de las máquinas

Área	Equipo	# Correlat.	Familia	Sistema	Características	Redundancia

Códigos y familias de los componentes

Código	Familia
B	Bomba
M	Motor
V	Válvula
I	Instrumento
C	Componente de cuadro eléctrico
E	Elemento eléctrico
P	Pieza mecánica
T	Tubería
F	Filtro
N	Cilindro y actuadores neumáticos
O	Brida
K	Cojinetes

Fuente: Garcia 2003

2.2.13. Análisis de Criticidad

Según García [8], es una técnica que permite jerarquizar sistemas, equipos e instalaciones, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. El análisis de criticidad permite así mismo identificar las áreas sobre las cuales se tendrá una mayor atención del mantenimiento en función del proceso que se realiza.

Según García [9], no todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial, es un hecho que unos equipos son más importantes que otros, por lo que debemos destinar la mayor parte de los recursos a dichos equipos dejando una pequeña porción del reparto para los equipos que menos pueden influir en los resultados de la empresa.

Gasca [19], define al análisis de criticidad como una metodología que establece jerarquías entre de instalaciones, sistemas, equipos y elementos de los equipos; facilita la toma de decisiones y permite tener un objetivo claro en poner mayor esfuerzo en la gestión de mantenimiento. Las variables para trabajar en el análisis de criticidad y categorizar los equipos son las siguientes:

- a. Nivel de uso de la Maquinaria
- b. Frecuencia de falla
- c. Tiempo promedio para reparar (MTTR)
- d. Impacto sobre la producción
- e. Dependencia logística con respecto a los repuestos
- f. Costos de reparación (miles de nuevos soles)
- g. Impacto ambiental
- h. Impacto en salud y Seguridad de personal
- i. Impacto en la calidad del producto final
- j. Asistencia técnica
- k. Reemplazo de equipos / accesorios

Seguidamente, procedemos a hallar la criticidad, mediante el cálculo previo de la frecuencia de falla y la consecuencia:

- Frecuencia de Falla, obtenida del punto “B” (Frecuencia de falla).
- Consecuencia, es obtenida mediante el siguiente calculo:

$$\text{CONSECUANCIA} = (F + G + H + I) + (C \times D)$$

- Criticidad, es el producto de operar la frecuencia de falla por la consecuencia, es decir:

$$\textbf{Criticidad} = \textbf{Frecuencia} \times \textbf{Consecuencia}$$

2.2.14. Diagrama de Pareto

Según Parra y Crespo [12], a finales del siglo XIX, el ingeniero Wilfredo Pareto (1842-1923), construyó histogramas sobre la base de la distribución de la riqueza en Italia, concluyendo que el 80% de la riqueza del país se encontraba en manos del 20% de la población total, separando los problemas muy importantes de los menos importantes. En su aplicación a la ingeniería de mantenimiento, el análisis Pareto es utilizado para identificar aquellos equipos con fallas más críticas ya sea en términos del costo de mantención, confiabilidad o disponibilidad de los equipos. Este diagrama es importante a la hora de determinar los equipos con mayor criticidad y lo representa de forma gráfica.

2.2.15. Análisis de modo y efectos de fallas (AMEF)

Para Parra [12], el AMEF es la principal herramienta del RCM que permite identificar los problemas antes de su ocurrencia. Es por ello que con la información que se recolecta es posible establecer los modos de fallas de los componentes de un equipo o sistema, el impacto y frecuencia con que se presentan. Las etapas de desarrollo del AMEF son:

- Identificar a los equipos y componentes a evaluar.
- Definir las funciones de cada equipo; las funciones son el propósito de los activos en un contexto operacional.
- Determinar las fallas funcionales; se denomina como fallo funcional a la ocurrencia no previsible, haciendo que el activo no realice el funcionamiento esperado.
- Determinar los modos de fallas; son las causas físicas de las fallas funcionales, estas causas pueden ocasionar tanto fallas funcionales totales como parciales.
- Determinar los efectos de falla; efectos que ocurren cuando se produce la falla, se evalúa cómo afecta a la seguridad humana, medio ambiente y producción.

- Cálculo del número de prioridad de riesgo (NPR); es el producto de la valoración de la gravedad, ocurrencia y detección. Este valor se utiliza para ordenar los problemas de diseño o de proceso por orden de importancia.
- Determinar la acción recomendada a realizar; esta se deriva luego de haber encontrado la causa potencial.
- Asignación de responsabilidades.
- Evaluación de los valores mejorados del NPR.

A. Criterios de valoración del Número de Prioridad de Riesgo (NPR)

AIAG [20] , establece los siguientes criterios de para la valoración de la Gravedad, Ocurrencia y Detección:

- a) **Índice de gravedad, Su determinación comprende los siguientes criterios:**
- La insatisfacción del cliente.
 - La degradación de las prestaciones.
 - Coste y tiempo de la reparación del perjuicio ocasionado (ver anexo 02).
- b) **Índice de ocurrencia,** Hace referencia a la probabilidad de que la falla ocurra. Para reducirla es necesario incrementar o mejorar los sistemas de control para impedir que se produzca la causa de fallo y cambiar el diseño de modo que se reduzca la probabilidad de fallo (ver anexo 03).
- c) **Índice de detección,** se refiere al grado de detección de la falla antes de que llegue al cliente. Para reducir este índice se puede incrementar o mejorar los sistemas de control de calidad o modificar el diseño (ver anexo 04).

Finalmente, el NPR se obtiene mediante la siguiente formula:

$$NPR = GRAVEDAD \times OCURENCIA \times DETECCIÓ$$

El valor obtenido se clasifica de acuerdo a las siguientes prioridades:

- $NPR > 200$ Inaceptable (I)
- $200 \geq NPR > 125$ Reducción deseable (R)
- $125 \geq NPR$ Aceptable (A)

2.2.16. Planilla de información RCM.

La Hoja de trabajo de la información RCM, es un formato el cual tiene como función jerarquizar los problemas de mantenimiento asignándoles caracteres alfanuméricos según el criterio del usuario. Este formato está dividido en cuatro columnas en donde las funciones son enumeradas en orden de importancia, o primarias y secundarias. Las Funciones y los Modos de Falla son registrados numéricamente mientras que las Fallas Funcionales son registradas mediante letras (ver anexo 06) [21].

2.2.17. Hoja de trabajo de Decisiones RCM.

Para Parra [12], la Hoja de Decisión de RCM está dividida en dieciséis columnas, como se aprecia en anexo 06. Las columnas tituladas F, FF y MF identifican el modo de falla que se analiza en esa línea. Se utilizan para correlacionar las referencias entre las Hojas de trabajo de Información y las Hojas de trabajo de Decisión.

Los encabezados en las siguientes 10 columnas hacen referencia a las preguntas del diagrama de decisión de R.C.M. del siguiente modo:

- Las columnas encabezadas H, S, E, O y N se utilizan para registrar las respuestas a las preguntas referidas a las consecuencias de cada modo de falla.
- Las siguientes tres columnas (encabezadas H1, H2, H3 etc.) registra si una tarea proactiva ha sido seleccionada, y de ser así, el tipo de tarea.
- Si fuera necesario responder a cualquier de las preguntas “a falta de”, se debe utilizar las columnas encabezadas H4 y H5, o S4 para registrar las respuestas.

Las últimas tres columnas registran la tarea que ha sido seleccionada (si la hubiera), la frecuencia con que se utiliza esto y quien ha sido seleccionado para hacerlo. La columna “tarea propuesta” también se utiliza para registrar los casos donde se requiere el rediseño, o en que se ha decidido que el modo de falla no necesita mantenimiento programado.

El Diagrama de Decisión de RCM, presentado en el Anexo 07, integra todos los procesos de decisión en un marco de trabajo estratégico y estructurado; y da respuesta a las preguntas formuladas en el:

- Que mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con qué frecuencia será realizado y quién lo hará.
- Que fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño.
- Casos en los que se toma una decisión deliberada de dejar que ocurran las fallas.

Los ítems describen paso a paso cómo realizar la evaluación de las consecuencias de las fallas, la factibilidad técnica de asignársele tareas y que debe hacerse si no se encuentra una tarea apropiada.

2.2.18. Indicadores.

Según Garcia [9], para conocer la marcha del departamento de mantenimiento, decidir si vamos a realizar cambio o determinar algún aspecto en concreto, debemos decidir una serie de parámetros que nos permitan evaluar los resultados que se están obteniendo en el área de mantenimiento.

Es decir, que, a partir de una serie de datos, que procesaremos con la finalidad de obtener información, una serie de indicadores en los que no basaremos para tomar decisiones sobre la evolución del mantenimiento.

Indicadores de Mantenimiento

Según Garcia [8], Son indicadores técnicos de control que están relacionados con la calidad de la gestión o con la productividad del departamento, que permiten ver el comportamiento y el rendimiento operacional de las instalaciones, sistemas y equipos, y que además miden la calidad de los trabajos y el grado de cumplimiento de los planes de mantenimiento.

a. Confiabilidad o Fiabilidad:

Mean Time To Fail (MTBF) o el Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF), es un indicador técnico que mide el tiempo promedio que es capaz de operar un equipo sin interrupciones, es el indicador básico de Fiabilidad o continuidad operacional por antonomasia [12].

$$MTTF = \frac{\sum TTF}{n}$$

Donde:

TTF= Tiempo operativo hasta el fallo

n= Número total de fallos en el periodo evaluado.

Durante la primera fase de esta investigación utilizaremos el MTBF, para hallar la confiabilidad de forma paramétrica, pero tras el desarrollo de la propuesta de gestión el indicador con el que se comparará será el tiempo medio entre acciones de mantenimiento MTBM, que nos proporciona una medida de que tan frecuente el sistema o equipo entra en estado de parada por acciones de mantenimiento tanto preventivas como correctivas y lo podemos calcular con la siguiente expresión:

$$MTBM = \frac{\sum TBM}{n}$$

Donde:

TBM= Tiempo operativo hasta la actividad de mantenimiento Preventivo.

n= Número total de mantenimientos preventivos.

b. Mantenibilidad:

Mantenibilidad es el Mean Time To Repair (MTTR) o el Tiempo Promedio Para Reparar (TPPR), es un indicador técnico que mide el tiempo promedio que se tarda en restituir un componente a condiciones adecuadas de operación, después de un fallo. Es el indicador más importante de la Mantenibilidad [12].

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{n}$$

Donde:

TTR= Tiempo para Reparar Fallos

n= Número total de fallos en el periodo evaluado.

Cabe resaltar que este indicador se utilizara de la misma forma, tanto en la primera fase de evaluación de la situación actual, como en la fase de propuesta de mejora, pero enfocándolo a paradas de maquia durante el desarrollo de actividades

de producción, para realización de mantenimientos preventivos, mediante la siguiente formula:

$$MTTM = \frac{\sum TTM}{n}$$

Donde:

TTM= Tiempo para Realizar Mantenimiento Preventivo.

n= Número total de mantenimientos preventivos.

c. Disponibilidad:

El indicador de disponibilidad, es un indicador técnico que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total que un equipo está en condiciones para cumplir su función requerida, suponiendo que se le brindan los medios exteriores necesarios para su operación (combustible, potencia, etc.). A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad (MTTF y MTTR), es posible para gerencia evaluar distintas alternativas para incrementar la disponibilidad de los activos de producción [12].

Unidad de medición: % (relación de tiempos operativos y tiempos fuera de servicio).

$$Disponibilidad (\%) = \frac{MTTF}{(MTTF + MTTR)} \times 100$$

Adicionalmente se indica algunos valores típicos de disponibilidad respecto a los cuales se puede hacer una comparación luego de haber evaluado los equipos del proceso:

Tabla 1: Calificación de los valores de la Disponibilidad según el tipo de proceso.

CUARTIL DE CALIFICACIÓN				
TIPO DE PROCESO	PEOR	TERCERO	SEGUNDO	MEJOR
CONTINUO	<78%	78% - 84%	85% - 91%	>91%
BACH	<72%	72% - 80%	81% - 90%	> 90%
QUIMICO, REFINERIA, ENERGÍA	<85%	85% - 90%	91% - 95%	> 95%
PAPEL	<83%	83% - 86%	87% - 94%	> 94%

Fuente: Fluor Global Services, Estudio de Benchmarking - NA, AP, EU-1999. Extraído de Emerson Process Management, 2002.

d. Costo Promedio de Parada de máquina (CPM):

Este indicador nos permite estimar en forma global el costo promedio que se genera cuando la máquina para o se detiene por alguna avería.

Esto se consigue de la siguiente manera:

$$CPPM (S/) = \frac{\sum CRF}{n}$$

Donde:

CRF= Costo para Reparar Fallo

n= Número total de fallos en el periodo evaluado.

e. Perdida de oportunidad Promedio por Parada de máquina (POPPM):

Este indicador nos permite estimar en forma global la perdida promedio de oportunidad que se genera cuando la máquina para o se detiene por alguna avería.

Esto se consigue de la siguiente manera:

$$POPPM(S/) = \frac{UNP}{n}$$

Donde:

UNP= Utilidad no percibida

n= Número total de fallos en el periodo evaluado.

Nota: La utilidad no percibida es obtenida de la resta de la utilidad estimada con la utilidad real.

2.2.19. Indicadores para evaluación de Proyectos.

a. Valor Actual Neto (VAN)

El VAN se obtiene de la suma de todos los flujos actualizados de efectivo futuro de una inversión, a esto se restan los egresos para saber el valor actual de dinero que va a recibir el proyecto para futuro, relacionado a una tasa de interés y en cierto periodo de tiempo [22].

- El Valor Actual Neto Económico (VANE)

El VANE requiere de realizar una evaluación efectuada sobre la base del flujo de caja económico.

En la tabla 2 se detalla la toma de decisión según el valor del VAN que se obtiene:

Tabla 2: Interpretación del resultado del VAN.

RESULTADO	INTERPRETACIÓN	TOMA DE DECISIÓN
$VAN > 0$	Indica que los flujos de efectivo cubrirán los costos totales de inversión y quedará un excedente.	Ejecutar proyecto
$VAN = 0$	Tanto ingresos como egresos son iguales, no hay pérdida y no hay ganancias.	Indiferente
$Van < 0$	Los ingresos son inferiores a los egresos, quedando una fracción pendiente de pago	Rechazar proyecto

Fuente: Hamilton y Pezo, 2005.

b. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es aquella tasa de actualización máxima que reduce a cero el VAN del proyecto. El TIR es la tasa más alta de actualización que se exige a un proyecto; es decir, mientras más alto sea la TIR, el proyecto tiene mayor posibilidad de éxito [22].

- Tasa Aceptada de Rendimiento

Esta tasa sirve de referencia para la comparación con la Tasa de Interés de Retorno (TIR). Para hallarla se utiliza la tasa de inflación más actual según el reporte del Banco Central de Reserva del Perú.

$$\% \text{ TMAR} = \% \text{ Tasa inflacionaria} + \% \text{ lo que se desea ganar}$$

$$\% \text{ TMAR GLOBAL} = (\% \text{ de inversión} \times \% \text{ TMAR})$$

- Tasa Interna de Retorno Económico (TIRE)

El cálculo de la TIR se sustenta en el VANE. En la tabla 3 se detalla la toma de decisión según el valor de la TIR que se obtiene:

Tabla 3: Interpretación del resultado del TIR

RESULTADO	INTERPRETACIÓN	TOMA DE DECISIÓN
$TIR > TMAR$	Significa que la rentabilidad del proyecto es mayor al costo de oportunidad.	Ejecutar proyecto
$TIR = TMAR$	La TIR y la tasa de actualización son iguales por lo que la rentabilidad es cero.	Indiferente
$TIR < TMAR$	Significa que la rentabilidad de proyecto es inferior al costo de oportunidad de la inversión	Rechazar proyecto

Fuente: Hamilton y Pezo, 2005.

c. Coeficiente Beneficio-Costo

Este coeficiente (B/C) es un criterio agregado que atribuye y que adiciona importancia en la toma de decisiones sobre invertir o no en un proyecto [22].

En la tabla 4 se detalla la interpretación con referencia al valor que se obtiene como resultado y la sugerencia de decisión.

Tabla 4: Interpretación del resultado del coeficiente (B/C).

RESULTADO	INTERPRETACIÓN	TOMA DE DECISIÓN
$B/C > 1$	Si el coeficiente es mayor a la unidad, quiere decir que el beneficio es superior al costo de inversión.	Ejecutar proyecto
$B/C = 1$	Si el coeficiente es igual a la unidad, quiere decir que el proyecto no presenta pérdidas ni beneficios.	Indiferente
$B/C < 1$	Si el coeficiente es menor a la unidad, quiere decir que no existe beneficio y se registran pérdidas.	Rechazar proyecto

Fuente: Hamilton y Pezo, 2005.

d. Periodo de recuperación de la inversión (PRI)

Es el periodo de recuperación de una inversión como el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial de un proyecto. El PRI se determinarse con la siguiente formula:

$$\text{PRI} = \text{inversión inicial} / \text{flujo neto de efectivo del primer periodo}$$

Este criterio es sencillo y se ha empleado ampliamente, pues da referencia de que las mejores inversiones son aquellas que tienen un plazo de recuperación más corto.

III. RESULTADOS

3.1. DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

La empresa CGW PLASTIC S.A.C. con número de RUC 20487608212 y ubicada en la Mza. D lote. 05 P.J. Chosica del Norte, en el distrito de La Victoria, en la ciudad de Chiclayo, en el departamento de Lambayeque. Esta empresa actualmente se dedica a la producción de scrap (hojuelas de Polipropileno), aglomerado (polietileno de baja densidad) y pellets (de polietileno y polipropileno), el cual es el resultado de la recuperación del plástico posconsumo o industrial y residuos sólidos urbanos (RSU), mediante el reciclado mecánico.

3.1.1. Reseña histórica.

CGW PLASTIC S.A.C fue fundada en el año 2010, el inicio de sus operaciones fue de manera manual y únicamente se dedicaban a la recolección de plásticos. Hasta que, a mediados del 2011, tras una creciente demanda de plástico reciclado procesado, fueron adquiridos dos molinos que se encargarían por primera vez de procesar el plástico triturando la materia prima para producir hojuelas de plástico llamadas Scraps, al mismo tiempo se adquirió una lavadora centrífuga que era la encargada de despojar de cualquier impureza orgánica e inorgánica sujeta al plástico.

En un primer momento el secado se realizaba de manera artesanal en extensas mantas de polipropileno, similar al proceso de secado del maíz, pero conforme la empresa aumentaba sus ventas, el espacio utilizado para el secado fue requerido para almacenamiento de materia prima, dando lugar a la implementación de nuevas máquinas que reemplazaron el secado artesanal, por ende a inicios del 2012, se implementó una secadora centrífuga y una secadora térmica, cuya función era la de reducir hasta un 40 % la humedad de la etapa de lavado en un primer momento y mediante la secadora térmica permitía obtener un producto seco y sin humedad. Finalmente, frente a las nuevas exigencias y requerimientos del mercado CGW Plastic SAC, decidió implementar, en marzo del 2014, la máquina Extrusora/Pelletizadora, la cual permitía generar un producto en forma de granos, similar al arroz, llamado Pellet, el cual no solo permitía mejorar los márgenes de ganancia, sino que también el almacenamiento y el empaclado.

3.1.2. Organigrama de la Empresa.

En la figura 3, se muestra la distribución organizacional de la empresa, la cual resalta por ser muy básica, esto se debe a que, a pesar de llevar buen tiempo en el mercado, aun les faltan implementar temas de gestión y planificación.

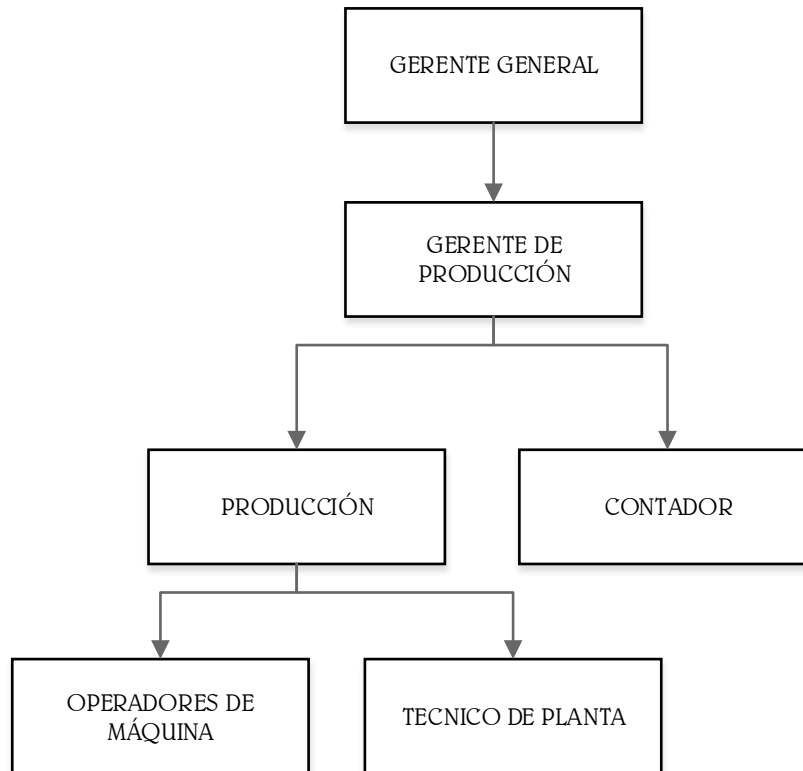


Figura 3: Organigrama de la empresa CGW PLASTIC SAC
Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C

3.1.3. Funciones en la Empresa.

- Gerente General: Al ser una empresa pequeña esta posición es cubierta por el dueño de la empresa cumple con las siguientes funciones: contratar personal y fijar sueldos de los mismos, girar y cobrar cheques, gestionar trámites municipales, contactar con proveedores, entre otras.
- Gerente de Producción: Es aquel que tiene a su cargo el manejo del departamento técnico, la secretaría, contabilidad y el área de producción. Es el encargado de supervisar la producción. Del mismo modo, planea y ejecuta cualquier cambio, modificación o mejora. Tiene total autoridad en el manejo del personal a su cargo

autoriza la subcontratación de empresas especializadas para mitigar las averías en las máquinas. Adicionalmente tiene autoridad total en el manejo de las ventas dentro de la responsabilidad del negocio. Tiene la libertad para negociar con los clientes y otorgar crédito tomando en cuenta ciertos criterios como: el financiamiento recibido por los proveedores, el tiempo del proyecto, el monto de la venta, la rentabilidad de la producción y el efecto en la liquidez de la empresa.

- Contador: cumple las siguientes funciones:
 - Las aperturas de los libros de contabilidad.
 - Establecimiento de sistema de contabilidad.
 - Estudios de estados financieros y sus análisis.
 - La elaboración de reportes financieros para la toma de decisiones.
- Producción: es un área conformada por los operadores de las máquinas, sus asistentes de operación y el técnico de planta.
 - Las funciones de los operadores se resumen a la producción de la materia prima,
 - Los asistentes de operadores, apoyan en las funciones de producción, como acercando la materia prima a procesar a la Maquinaria.
 - El técnico de planta, es el encargado de solucionar todas las averías que se presentan durante las operaciones, ciertos casos no se abastecen con los mantenimientos correctivos y se tiene que subcontratar a empresas especializadas.

3.1.4. Operarios de Producción.

La empresa cuenta en total con 19 operadores de producción, los cuales laboran en jornadas de 8 horas en 2 turnos diarios, de acuerdo a la política de días laborables mostrada en el anexo 09; el técnico de planta labora en jornadas de 8 horas de lunes a sábado; el contador presta sus servicios independientemente a la empresa.

Por otro lado, los gerentes que siempre se encuentran presentes durante los procesos de producción apoyando en situaciones operativas.

Tabla 5: Distribución de operarios de producción

CARGO	CÓDIGO
Gerente General	GGA1
Gerente de Producción	GPA2
Encargado de Corte y Selección	CS01
Encargado de Corte y Selección	CS02
Encargado de Corte y Selección	CS03
Encargado de Corte y Selección	CS04
Conductor Camión	CC01
Asistente del Conductor	CC02
Operador Molino 1	OM01
Asistente Molino 1	AM01
Operador Molino 2	OM02
Asistente Molino 2	AM02
Operador Lavadora	OL01
Asistente Lavadora	AL01
Asistente Lavadora	AL02
Operador Secadora Centrifuga	SC01
Operador Secadora Térmica	CT01
Asistente de Secadoras	AS01
Operador de Pelletizador	PE01
Asistente de Pelletizador	AP01
Operador de Embolsado - Sellado	OE01
Técnico de planta	TP01

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

En la tabla 05, detallamos los puestos que actualmente se ocupan en la empresa.

3.1.5. Máquinas.

Las máquinas que examinaremos son las principales interventoras en el proceso de producción de pellets de polipropileno, como detallamos en la tabla 06.

Tabla 6: Maquinarias de la línea de producción,

Máquinas	Operación normal (Horas/día)	Capacidad Normal (kg/día)	Operación Max. (Horas/día)	Capacidad máx. (kg/día)	Año de adquisición	Procedencia
Molino 1	14	1500	16	1 731	Julio de 2011	Empírica
Molino 2	14	2 000	16	2 308	Julio de 2011	Empírica
Lavadora	14	3 500	16	4 038	Julio de 2011	Empírica
Secadora centrifuga	14	3 500	16	4 038	Febrero de 2012	Empírica
Secadora térmica	14	3 500	16	4 038	Febrero de 2012	Empírica
Extrusora / pelleti_zadora	14	3 000	16	4 038	Marzo de 2014	Empírica

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

La capacidad de la Maquinaria se clasifica de dos maneras:

- Capacidad Normal, la cual representa a la jornada diaria de 14 horas de trabajo ininterrumpido.
- Capacidad Máxima, que representa al tiempo máximo que la máquina puede estar en funcionamiento. Esto equivale a 16 horas de trabajo ininterrumpido.

La gerencia creyó conveniente implementar estos parámetros para disminuir costos, entre ellos tenemos: alargar la vida útil de la Maquinaria; ya que la planta no cuenta con un sistema de alumbrado, solo se trabaja en horario diurno, evitar la contratación de más personal.

3.1.6. Descripción del sistema de producción.

CGW Plastic SAC, se basa en un sistema de producción es continua, ya que produce un determinado producto, sin cambios, por un largo período. El ritmo de producción es acelerado y las operaciones se ejecutan sin interrupción. Como el producto es el mismo, el proceso de producción no sufre cambios seguidos y puede ser perfeccionado continuamente.

3.1.6.1. Productos

a. Descripción del producto

Polipropileno (PP), es sintetizado por la polimerización del propileno, lo cual resulta en dos tipos principales de polipropileno con aplicaciones comerciales.

El polipropileno presenta una variedad de propiedades que lo hacen muy atractivo para ser utilizado en la fabricación de productos manufacturados. Entre estas propiedades podemos citar: buena resistencia física a la humedad y al calor, baja densidad ($0,90 - 0,91 \text{ g/cm}^3$), buena dureza superficial y estabilidad dimensional, buenas características aislantes posee gran resistencia al calor pues se ablanda a una temperatura más elevada de los $150 \text{ }^\circ\text{C}$).

El polipropileno posee una flexibilidad notable, lo que aconseja su uso en productos que requieran ser articulados. Estas características explican el crecimiento de este material en diferentes sectores.

Las principales aplicaciones comerciales del pellet PP se dan en la manufactura de productos moldeados por inyección como productos para el hogar, electrodomésticos, envases, tubos, hojas y fibras textiles para las alfombras.

Durante el periodo de toma de datos, la producción de pellets de polipropileno, fue de la siguiente manera:

Tabla 7: Producción Real (Kg.)

MES	TOTAL / MES
Sep-15	72 382,69
Oct-15	80 530,77
Nov-15	79 178,85
Dic-15	60 909,62
Ene-16	78 082,69
Feb-16	78 594,23
Mar-16	82 357,69
Abr-16	82 101,92
May-16	80 055,77
Jun-16	73 917,31
Jul-16	79 800,00
Ago-16	60 909,62
Total anual	908 821,15

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

Encontramos en la tabla 7, la producción total, durante el periodo de toma de datos como, por ejemplo, en octubre se produjo 80 530,77 Kg, o en forma anual con 908 921,15 kg de pellet.

b. Sub Productos:

- Debido a que se trata de un proceso de reciclaje de plástico de polipropileno, este proceso no tiene sub productos.

c. Desechos:

- Material particulado: polvo generado en la etapa de molienda.
- Lodo, generado en el proceso de lavado.

d. Desperdicios:

- Material particulado de plástico generado en los procesos de secado centrifugo.
- otros tipos de plásticos, obtenidos en el enjuague posterior al lavado.
- Sacos rotos.

3.1.6.2. Materiales e Insumos:

Los materiales utilizados para la obtención de pellet de polipropileno (PP) reciclado, proveniente de centros de acopio o de distintas industriales del sector, tales como:

- Bebidas: botellas y cajas.
- Farmacéutica: envases para medicamentos.
- Pesca: cajas, mantas y sacos.
- Agricultura: cajas cosechadoras, sacos y mangueras.
- Construcción: tuberías y accesorios de tubería.
- Comercio: Artículos de uso doméstico e industrial.

Así mismo, podemos mencionar los siguientes insumos:

- Detergente
- Soda caustica.

3.1.6.3. Análisis para el Proceso de Producción

A continuación, analizaremos las operaciones realizadas en el proceso de producción de pellets de plástico reciclado, esquematizadas en la figura 04, de la empresa CGW Plastic SAC, el cual estará basado en una cantidad inicial de 1000 Kg. con la finalidad de tener una mejor idea de la eficiencia del proceso.

El proceso da inicio con el ingreso de 1000 Kg. de materia prima a la planta, la misma que, en su primera etapa, es seleccionada manualmente, ya que, por tratarse de material reciclado este viene mezclado con otros tipos de plásticos y materiales. Este proceso nos deja un aproximado de 930 Kg. de materia prima para procesar y 70 Kg. de otros materiales y desechos, entre ellos: polietileno, PET, restos orgánicos y minerales.

La siguiente etapa sería la del cortado, la cual tiene por finalidad separar, mediante el uso de cuchillos, restos de materiales adheridos o incrustados en los envases de polipropileno, así mismo en este proceso se reduce el tamaño de los envases u objetos de polipropileno con la finalidad de no ejercer daños a la Maquinaria de la siguiente etapa. Esta etapa nos deja aproximadamente 910 kg de material para seguir procesando y 20 kilogramos de materiales no necesarios para este proceso.

Continuando con el proceso, llegamos a la etapa de molido, en la cual el plástico cortado es reducido al tamaño de hojuelas o también llamadas Scraps, mediante el uso de molinos eléctricos, este proceso desprende mucho material particulado. Esta etapa está conformada por 02 molinos de distinta capacidad.

En esta parte del proceso, es obtenido aproximadamente 900 Kg. para seguir procesando, el material perdido es aproximadamente 10 Kg. y está conformado por tierra pegada dentro de los envases o material orgánico que es desprendido con la vibración de esta etapa.

Después de que el material es molido, el siguiente paso es lavarlo, esta etapa es realizada mediante el uso de una lavadora centrífuga, que tiene una capacidad máxima de 3500 kg, este proceso tiende a separar las distintas escorias con las que viene el plástico reciclado, tales como tierra o restos orgánicos, para esta etapa se utiliza detergente y soda caustica.

Esta etapa consta de 2 partes, la primera es el lavado propiamente dicho, y la segunda es el enjuagado, en la cual el material lavado aun con presencia de limpiadores, es soltado en piscinas de sedimentación, en donde es obtenido el polipropileno propiamente dicho, ya que este tiende a flotar a diferencia de otro tipo de plásticos y materiales que suelen hundirse al fondo de esta piscina.

De este proceso se obtienen aproximadamente 870 kg de material para seguir procesando, así mismo casi 30 kg de material son restos de otros pasticos y polvo que en este caso se convierte en lodos activados.

El siguiente paso es el secado centrífugo, el cual está compuesto por un tambor de acero inoxidable con agujeros de 2 milímetros de diámetros, y que gira a altas revoluciones con la finalidad de extraer la mayor cantidad de humedad del material lavado.

De este proceso se obtienen casi 860 Kg, de material semiseco para seguir con el proceso, aproximadamente 10 kg de material (plástico particulado) se pierde a consecuencia del giro de la centrifuga.

Mediante el uso de turboventiladores, el material semiseco obtenido de la secadora centrífuga es llevado por una tubería hacia un secador térmico

compuesto por un horno y un ciclón de aire, el horno proporciona temperaturas controladas de 85 grados que es dirigida hacia el ciclón mediante el uso de turboventiladores, en el ciclón el aire caliente recircula junto con el material ya seco. Así mismo esta etapa también genera una pérdida de 5 kg por material particulado de plástico que se desprende durante el trascurso de la tubería. Finalmente es obtenido un aproximado de 855 kg como producto final de esta etapa.

Las hojuelas de plástico reciclado molidas, limpias y secas, son transportada manualmente en sacos hacia la siguiente etapa, compuesta de dos partes: Extrusión y Pelletización, en donde un operador y su asistente son los responsables de obtener los pellets.

Las hojuelas son vaciadas en una máquina extrusora que, mediante el uso de energía eléctrica y unas resistencias, genera calor para derretir las hojuelas, estas ya homogenizadas son extruidas en forma de hilos largos de plástico, enfriados en una piscina para recuperar su dureza, finalmente los hilos son llevados a la segunda parte de esta etapa, en donde son pelletizados o convertidos en pequeños granos en forma de arroz, obteniendo el producto final.

Esta etapa casi no tiene muchas pérdidas de material, se calcula que puede perder un aproximado de 5 Kg. cada 1000 Kg.

Los pellets son empacados en sacos de 50 Kg. y almacenados a la espera del recojo de los compradores. De procesar 1000 Kg de plástico reciclado, se obtienen aproximadamente 17 sacos de 50 Kg. cada uno.

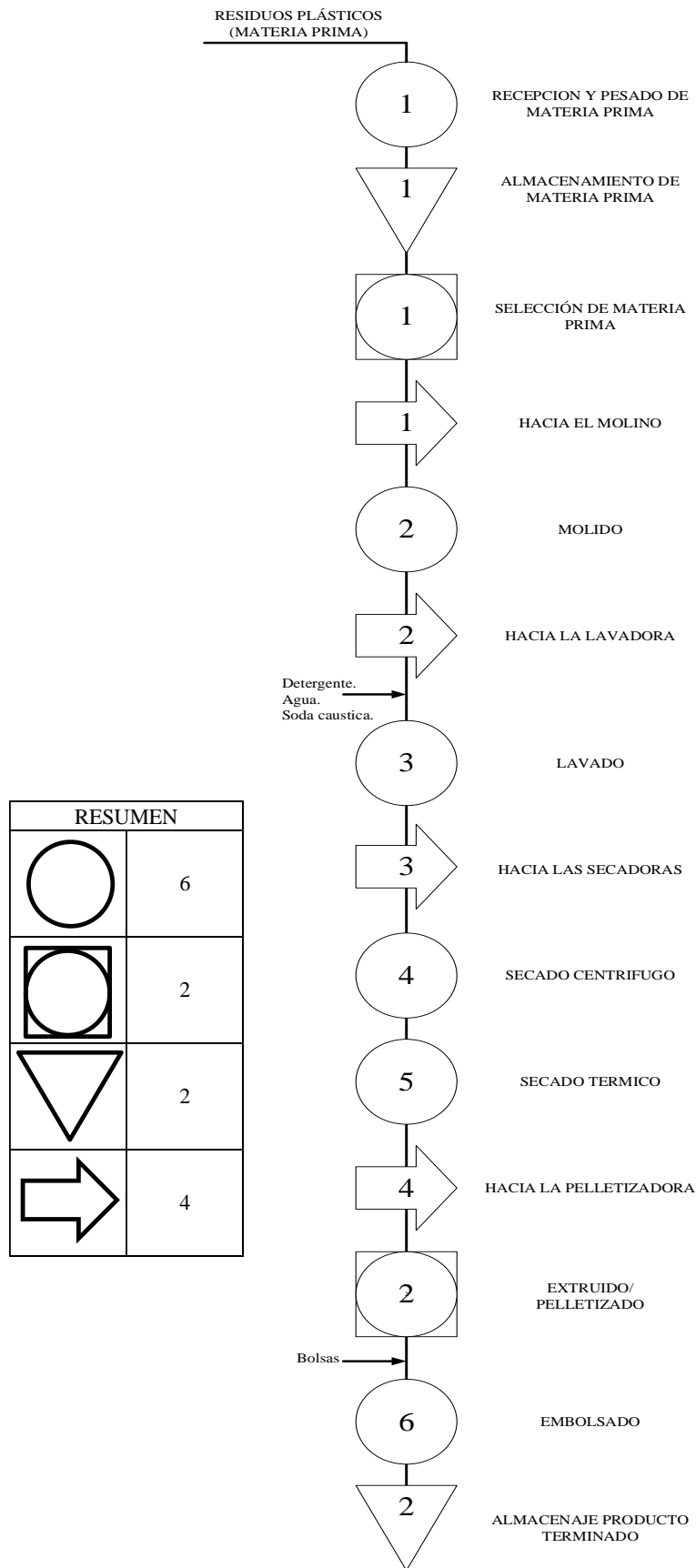


Figura 4: Diagrama de Análisis del Proceso de producción de pellets de polipropileno
 Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

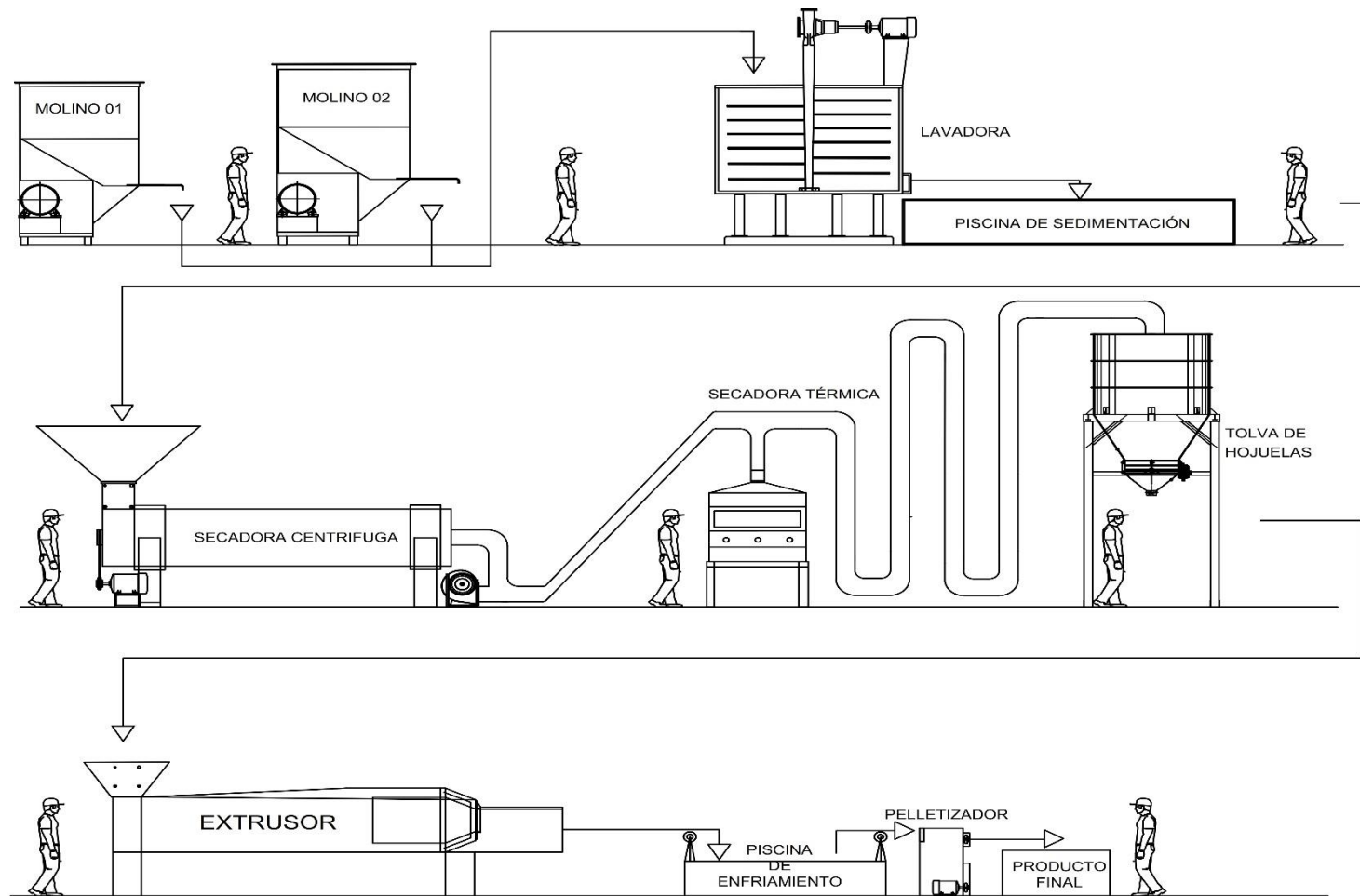


Figura 5: Diagrama de máquinas del proceso de producción de pellets de polipropileno
Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

3.1.7. Descripción de la situación actual.

Actualmente, la empresa presenta una serie de una serie de paradas de máquina inesperadas por mantenimiento, las cuales son contrarrestadas a través de medidas correctivas ínsitas o mediante servicios especializados de mantenimiento (tercerizaciones).

Durante las paradas de equipos, el aplicar mantenimientos correctivos eleva los costos de producción, incrementa las horas hombre ociosas y reduce la producción.

Las consecutivas tareas de mantenimientos correctivos generan paradas de máquina, lo que reduce la confiabilidad de estas, elevando el índice de mantenibilidad y, por ende, disminuyendo la disponibilidad.

3.1.7.1. Costo de producción:

Llamados costos de operación, son los necesariamente utilizados para mantener la línea de producción en funcionamiento.

El cálculo de los costos es un sistema de información con el que se constituye el costo incurrido al efectuar un producto y la forma como fue creado, para cada una de las actividades en las que se desarrolla el proceso productivo.

Cabe mencionar que para efectos didácticos se han separado de los costos de producción, los costos de mantenimiento, los que más adelante serán explicados de manera detallada.

Clasificamos a los costos según su comportamiento. Los cuales son Costos Fijos y Variables. La asignación se muestra a continuación:

Costos Fijos, Son aquellos en los que incurre la empresa y que en el corto plazo o para ciertos niveles de producción, no dependen del volumen de productos, por ejemplo: Salario del Técnico de planta (1), Salario de los operarios (19) y Planilla de gerencia

Costos Variables, Son aquellos costos que incurre la empresa y guarda dependencia importante con los volúmenes de producción: Materia Prima, Insumos Directos, Insumos Indirectos, Energía Eléctrica y Agua.

- Costo Fijo:
 - Planilla de Trabajadores:

Es donde se verifican los salarios de los trabajadores y de gerencia. Son detallados en la tabla 8, donde podemos apreciar que la planilla de operarios, incluyendo al técnico de planta, es de S/ 191 642,40 Soles Anual, y la planilla de Gerencia es de S/ 78 000,00 Soles Anual, dando un costo total de S/ 269 642,40 Soles Anual. También se especifica de manera mensual, como, por ejemplo: en el mes de noviembre se pagó S/16 030,40 Soles a los operarios, y para la Gerencia fue de S/ 6 500,00 Soles.

- Costos Variables:
 - Materia Prima:

Es el costo que genera la adquisición de material base o materia prima necesaria para la producción de pellets, expresada en Soles (S/) por Kilogramo (Kg), ver tabla 8,

Se muestran los datos obtenidos durante la recolección de datos. De esta manera encontramos lo siguiente:

Materia Prima, es la cantidad de material base obtenida en una determinada cantidad de tiempo (mes o año), utilizado para la obtención de pellets de polipropileno, es expresado en Kilogramos (Kg.).

Costo de materia prima, es el promedio cotizado para la compra de materia prima durante la toma de datos. El cual es expresado en Soles (S/) por kilogramo (Kg.).

Costo total de materia prima, es la cantidad de materia prima adquirida en un determinado tiempo por el costo de la misma (S/), de esta manera obtenemos un costo total expresado en Soles (S/) por una determinada cantidad de tiempo (mes o año),

El precio unitario promedio de materia prima es de S/ 1,00 Soles / Kg.

De esta manera podemos obtener que en el mes de agosto del 2016 se adquirieron 70 046,06 Kg. Materia prima (plástico reciclado) a un precio de S/ 1,00 sol/Kg. el cual dio un total de S/ 70 046,06 en dicho mes.

Así mismo la cantidad de materia prima obtenida durante el periodo de toma de datos fue de 1 045 144,33 Kg. a un costo total de S/ 1 045 144,33 soles.

➤ Servicio Eléctrico:

Es el costo que genera el consumo de energía eléctrica por las máquinas para la producción de pellets de polipropileno.

El costo de energía se detalla en la tabla 8, en donde mostramos que el total de energía eléctrica consumida durante el periodo de toma de datos es de S/ 54 472,74 Soles

➤ Servicio de Agua:

Es el costo que genera el consumo de agua empleado para el lavado de hojuelas de plástico reciclado, necesario para la producción de pellets de polipropileno.

El costo del servicio de agua se detalla en la tabla 8, en donde mostramos que el total de energía eléctrica consumida durante el periodo de toma de datos es de S/ 4 544,11 Soles.

➤ Insumos de producción:

Este costo se genera por la adquisición de productos y materiales necesarios para el proceso de producción.

El costo de los insumos se detalla en la tabla 8, en donde se expone que el total de insumos utilizados en el periodo de toma de datos es de S/ 11 968,34 Soles.

Tabla 8: Costos de producción (S/):

MES	Costos Fijos (S/)		Costos Variables (S/)				Total / Mes (S/)
	Operarios y técnico de planta (S/)	Planilla de Gerencia (S/)	Materia Prima (S/)	Energía Eléctrica (S/)	Agua (S/)	Insumos (S/)	
Sep-15	15 101,60	6 500,00	83 240,10	4 338,45	361,91	10 821,21	120 363,27
Oct-15	15 927,20	6 500,00	92 610,38	4 826,83	402,65	12 039,35	132 306,41
Nov-15	16 030,40	6 500,00	91 055,67	4 745,80	395,89	11 837,24	130 565,00
Dic-15	12 556,00	6 500,00	70 046,06	3 650,78	304,55	9 105,99	102 163,38
Ene-16	14 551,20	6 500,00	89 795,10	4 680,10	390,41	11 673,36	127 590,17
Feb-16	14 895,20	6 500,00	90 383,37	4 710,76	392,97	11 749,84	128 632,14
Mar-16	16 168,00	6 500,00	94 711,35	4 936,33	411,79	12 312,48	135 039,95
Abr-16	17 888,00	6 500,00	94 417,21	4 921,00	410,51	12 274,24	136 410,96
May-16	17 888,00	6 500,00	92 064,13	4 798,36	400,28	11 968,34	133 619,11
Jun-16	16 236,80	6 500,00	85 004,90	4 430,43	369,59	11 050,64	123 592,36
Jul-16	16 512,00	6 500,00	91 770,00	4 783,03	399,00	11 930,10	131 894,13
Ago-16	17 888,00	6 500,00	70 046,06	3 650,78	304,55	9 105,99	107 495,38
Total Anual (S/)	191 642,40	78 000,00	1 045 144,33	54 472,72	4 544,11	135 868,76	1 509 672,32

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

Resumen de costos:

Finalmente calculamos en la tabla 8, el total de costos de producción, obtenido durante la toma de datos, y tenemos que se generaron costos de producción de hasta S/ 1 509 672,32 Soles por año, para la producción de pellet de polipropileno.

3.1.7.2. Capacidad

La cantidad de producto que es capaz de producir la empresa, para esto lo clasificamos según su desempeño, como vemos en la tabla 09:

- Capacidad de Diseño, refleja condiciones ideales de funcionamiento. Es obtenida mediante la multiplicación de la producción máxima de pelletizado diario (4 038 Kg/día), mostrado en la tabla 06 ya cantidad de días del año (365 días), de esta manera obtenemos que la producción de diseño anual de 1 576 800 Kg.
- Capacidad Efectiva, refleja condiciones típicas de funcionamiento. Es obtenida mediante la multiplicación de la producción de un día normal de 14 horas, mostradas en la tabla 6, por los días laborables del mes, mostrado en el anexo 08, de este modo obtenemos que en el mes de diciembre del 2015 la producción efectiva de la planta fue de 108 500,00 Kg. Así mismo la producción efectiva durante el periodo de toma de datos fue de 1 277 500,00 Kg.
- Capacidad Real, es la cantidad real de pellets obtenidos en el proceso de producción, pese a imprevistos de parada de máquina por mantenimientos correctivos, mermas u otros problemas de planta. Es expresado en Kg por unidad de tiempo (mes o año). Dado el caso, tenemos que en diciembre del 2015 la producción real de pellets de polipropileno fue de 60 909,62 Kg. Y la producción total durante el periodo de toma de datos fue de 908 821,15 Kg. De pellets.
- Capacidad no realizada, es la cantidad de pellets que no se producen o que se dejan de producir ya sea por parada de máquina u algún otro problema en la planta. Es expresado en Kg. Por unidad de tiempo. Esta cantidad es obtenida restando la producción utilizada de la producción real o efectiva. así tenemos que en junio del 2016 la producción efectiva fue de 105 000 kg y la producción utilizada fue de 73 917,31 kg, generando 31 082,69 kg de producción ociosa o no utilizada.

Tabla 9: Capacidad (Kg):

Mes	Capacidad de Diseño (Kg.)	Capacidad Efectiva (Kg.)	Capacidad real (Kg.)	Capacidad no realizada (Kg.)
Sep-15	129 600	105 000	72 382,69	32 617,31
Oct-15	133 920	108 500	80 530,77	27 969,23
Nov-15	129 600	105 000	79 178,85	25 821,15
Dic-15	133 920	108 500	60 909,62	47 590,38
Ene-16	133 920	108 500	78 082,69	30 417,31
Feb-16	120 960	98 000	78 594,23	19 405,77
Mar-16	133 920	108 500	82 357,69	26 142,31
Abr-16	129 600	105 000	82 101,92	22 898,08
May-16	133 920	108 500	80 055,77	28 444,23
Jun-16	129 600	105 000	73 917,31	31 082,69
Jul-16	133 920	108 500	79 800,00	28 700,00
Ago-16	133 920	108 500	60 909,62	47 590,38
Total Anual	1 576 800	1 277 500,00	908 821,15	368 678,85

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

3.1.7.3. Mantenimientos

Como habíamos mencionado anteriormente, en esta empresa, durante el proceso de producción de pellets de polipropileno suelen suscitarse paradas inesperadas por avería o fallo de un equipo o máquina.

Sumado a que la empresa nunca ha contado con un programa de gestión de mantenimiento.

Resultando en un incremento en los costos de producción reduciendo de esta forma las utilidades esperadas.

Como veremos en la tabla 10, detallamos las acciones tomadas por la empresa para subsanar los fallos y averías ocurridos en el transcurso del tiempo de toma de datos. Así mismo, detallamos la fecha de inicio y de fin de los mantenimientos, la Maquinaria a la que se realiza el mantenimiento, las horas necesarias para realizar los mantenimientos, la acción correctiva que se realizó y el costo que esta acarrea.

Así mismo, de la tabla 10 obtenemos tres datos muy importantes para la obtención de nuestros indicadores:

- El costo de los mantenimientos correctivos.
- La frecuencia con que estos ocurren.
- El tiempo que demora corregir los fallos.

Tabla 10: Lista Fallos y Averías

FECHA		TIEMPO	Maquinaria	Ubicación	Averías	Acción Actual	COSTOS				
Inicio	Final	Horas de Mantto.					Mano de obra (s/)	Nueva pieza (s/)	Mejora_miento de pieza (s/)	Otros (s/)	Costo total (s/)
02/09/2015	02/09/2015	4	LAVADORA	Rotor	Fractura de unión de paletas	Apuntalado de paletas al Eje del Rotor	40,00	0,00	0,00	0,00	140,00
03/09/2015	03/09/2015	3	MOLINO 1	Estructura	Roturas de cubiertas	Apuntalado de cubiertas de estructura	40,00	0,00	30,00	20,00	90,00
07/09/2015	10/09/2015	48	MOLINO 1	Motor	Cortocircuito en el embobinado	Rebobinado de motor	0,00	0,00	1500,00	20,00	1520,00
07/09/2015	07/09/2015	4	MOLINO 1	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	30,00	50,00	0,00	10,00	90,00
10/09/2015	11/09/2015	3	MOLINO 2	Polea de Motor	Fractura del cubo de polea	Reemplazo de polea del motor	40,00	70,00	0,00	40,00	150,00
14/09/2015	17/09/2015	48	MOLINO 2	Motor	Cortocircuito en el embobinado	Rebobinado de motor	0,00	0,00	1500,00	20,00	1520,00
18/09/2015	18/09/2015	1	MOLINO 2	Malla selectora	Desoldado de malla	Apuntalado de malla selectora	20,00	0,00	10,00	10,00	40,00
21/09/2015	21/09/2015	3	MOLINO 2	Estructura	Roturas de cubiertas	Apuntalado de cubiertas de estructura	40,00	0,00	30,00	20,00	90,00
23/09/2015	23/09/2015	4	SECADORA CENTRIFUGA	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinetes del rotor	20,00	0,00	10,00	20,00	50,00
23/09/2015	23/09/2015	4	SECADORA TÉRMICA	turboventilador	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinetes de turboventilador	20,00	0,00	30,00	20,00	70,00
28/09/2015	28/09/2015	5	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Granulador	Fractura de cubo	Reemplazo de granulador	40,00	180,00	0,00	30,00	250,00
02/10/2015	02/10/2015	3	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Tanque de enfriamiento	Corrosión del tanque	Parchado con soldadura de tanque de enfriamiento	50,00	0,00	40,00	20,00	110,00
09/10/2015	10/10/2015	15	LAVADORA	Motor	Cortocircuito	Rebobinado del motor	300,00	700,00	0,00	0,00	1000,00
09/10/2015	09/10/2015	3	MOLINO 2	Base de Estructura	Fractura de Tornillos de Sujeción	Reemplazo de tuercas de sujeción al piso	20,00	35,00	0,00	15,00	70,00
12/10/2015	12/10/2015	14	MOLINO 1	Rotor	Desgaste de Dientes	Rellenado de dientes del rotor del molino	120,00	0,00	270,00	20,00	410,00
13/10/2015	14/10/2015	14	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Actuador Neumático	Corrosión del vástago	Reemplazo del actuador neumático	150,00	800,00	0,00	20,00	970,00
13/10/2015	13/10/2015	14	MOLINO 2	Rotor	Desgaste de dientes	Rellenado de dientes del rotor del molino	120,00		270,00	20,00	410,00
14/10/2015	14/10/2015	4	MOLINO 1	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	30,00	50,00	0,00	10,00	90,00
19/10/2015	19/10/2015	4	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Estructura	Fractura de cubiertas	Apuntalado de estructura del extrusor	100,00	0,00	100,00	30,00	230,00
19/10/2015	19/10/2015	4	MOLINO 1	Cuadro Eléctrico	Cortocircuito	Reemplazo de contactores y relés	60,00	140,00	0,00	15,00	215,00
19/10/2015	19/10/2015	4	MOLINO 2	Cuadro Eléctrico	Cortocircuito	Reemplazo de contactores y relés	60,00	140,00	0,00	15,00	215,00

20/10/2015	22/10/2015	40	SECADORA CENTRIFUGA	Tornillo sinfín	Desgaste y desbalance de hilos	Balanceo de tornillo sinfín	500,00	0,00	700,00	0,00	1200,00
21/10/2015	22/10/2015	23	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Resistencia del Extrusor	Sobretensión	Reemplazo de resistencias del extrusor	150,00	250,00	0,00	50,00	450,00
21/10/2015	21/10/2015	3	MOLINO 2	Estructura	Roturas de cubiertas	Apuntalado de cubiertas de estructura	40,00	0,00	30,00	20,00	90,00
04/11/2015	07/11/2015	35	SECADORA CENTRIFUGA	turboventilador	Cortocircuito	Reemplazo de turboventilador	100,00	250,00	0,00	0,00	350,00
09/11/2015	09/11/2015	5	LAVADORA	Transmisión	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de transmisión de lavadora	50,00	0,00	15,00	35,00	100,00
13/11/2015	13/11/2015	24	MOLINO 1	Cámara de Trituración	Desgaste de Dientes	Rellenado de dientes de cámara de trituración	120,00	0,00	280,00	30,00	430,00
14/11/2015	13/11/2015	3	MOLINO 2	Malla selectora	Desgaste de Malla	Reemplazo de rejilla selectora	30,00	30,00	10,00	10,00	80,00
23/11/2015	23/11/2015	3	MOLINO 1	Motor	Rotura de Faja	Reemplazo de faja	30,00	70,00	0,00	15,00	115,00
23/11/2015	23/11/2015	3	MOLINO 2	Motor	Rotura de Faja	Reemplazo de faja	30,00	70,00	0,00	15,00	115,00
23/11/2015	23/11/2015	2	SECADORA TÉRMICA	turboventilador	Dobladura de aleta de ventilador	Cambio aletas del Ventilador	30,00	0,00	0,00	20,00	50,00
30/11/2015	30/11/2015	1	MOLINO 1	Malla selectora	Desoldado de malla	Apuntalado de malla selectora	20,00	0,00	10,00	10,00	40,00
06/12/2015	06/12/2015	3	MOLINO 1	Estructura	Roturas de cubiertas	Apuntalado de cubiertas de estructura	40,00	0,00	30,00	20,00	90,00
07/12/2015	07/12/2015	4	MOLINO 2	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	30,00	50,00	0,00	10,00	90,00
11/12/2015	11/12/2015	3	LAVADORA	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete del eje de la lavadora	20,00	0,00	0,00	30,00	50,00
11/12/2015	11/12/2015	4	MOLINO 1	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	30,00	50,00	0,00	10,00	90,00
14/12/2015	14/12/2015	4	MOLINO 2	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	30,00	50,00	0,00	10,00	90,00
17/12/2015	17/12/2015	3	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Cuadro Eléctrico	Cortocircuito	Reemplazo de llave termomagnética	20,00	35,00	0,00	15,00	70,00
21/12/2015	21/12/2015	3	MOLINO 1	Malla selectora	Desgaste de Malla	Reemplazo de rejilla selectora	30,00	30,00	10,00	10,00	80,00
02/01/2016	02/01/2016	1	MOLINO 2	Malla selectora	Desoldado de malla	Apuntalado de malla selectora	20,00	0,00	10,00	10,00	40,00
05/01/2016	05/01/2016	3	MOLINO 2	Estructura	Roturas de cubiertas	Apuntalado de cubiertas de estructura	40,00	0,00	30,00	20,00	90,00
11/01/2016	12/01/2016	5	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Granulador	Fractura de cubo	Reemplazo de granulador	40,00	180,00	0,00	30,00	250,00
11/01/2016	11/01/2016	4	MOLINO 2	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	30,00	50,00	0,00	10,00	90,00
12/01/2016	12/01/2016	4	MOLINO 1	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	30,00	50,00	0,00	10,00	90,00
14/01/2016	14/01/2016	3	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Cuadro Eléctrico	Botón de control malogrado	Reemplazo de botonera on/off	20,00	50,00	0,00	15,00	85,00

18/01/2016	18/01/2016	1	MOLINO 1	Malla selectora	Desoldado de malla	Apuntalado de malla selectora	20,00	0,00	10,00	10,00	40,00
04/02/2016	04/02/2016	3	MOLINO 1	Malla selectora	Desgaste de Malla	Reemplazo de rejilla selectora	30,00	30,00	10,00	10,00	80,00
04/02/2016	04/02/2016	3	MOLINO 2	Malla selectora	Desgaste de Malla	Reemplazo de rejilla selectora	30,00	30,00	10,00	10,00	80,00
11/02/2016	11/02/2016	4	MOLINO 1	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	30,00	50,00	0,00	10,00	90,00
18/02/2016	18/02/2016	3	LAVADORA	Transmisión	Fractura de rótula	Reemplazo Rótula de transmisión de lavadora	50,00	0,00	15,00	25,00	90,00
22/02/2016	22/02/2016	3	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Cuadro Eléctrico	Cortocircuito	Reemplazo de llave termomagnética	20,00	35,00	0,00	15,00	70,00
28/02/2016	29/02/2016	13	SECADORA TÉRMICA	turboventilador	Dobladura de aleta de ventilador	Cambio aletas del Ventilador	50,00	0,00	50,00	20,00	120,00
09/03/2016	12/03/2016	40	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Tornillo sinfín	Fractura en eje	Reemplazo de tornillo sinfín del extrusor	200,00	700,00	0,00	50,00	950,00
21/03/2016	21/03/2016	3	MOLINO 2	Estructura	Roturas de cubiertas	Apuntalado de cubiertas de estructura	40,00	0,00	30,00	20,00	90,00
26/03/2016	26/03/2016	3	MOLINO 1	Estructura	Roturas de cubiertas	Apuntalado de cubiertas de estructura	40,00	0,00	30,00	20,00	90,00
05/04/2016	06/04/2016	15	LAVADORA	Transmisión	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de transmisión de lavadora	0,00	0,00	35,00	0,00	35,00
19/04/2016	19/04/2016	4	SECADORA CENTRIFUGA	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinetes de eje principal	40,00	70,00	0,00	20,00	130,00
20/04/2016	20/04/2016	4	MOLINO 1	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	30,00	50,00	0,00	10,00	90,00
21/04/2016	21/04/2016	4	MOLINO 2	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	30,00	50,00	0,00	10,00	90,00
22/04/2016	22/04/2016	3	SECADORA TÉRMICA	Base del horno	Corrosión	Reemplazo de base de horno	25,00	35,00	0,00	0,00	60,00
23/04/2016	23/04/2016	2	LAVADORA	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	20,00	0,00	0,00	40,00	60,00
07/05/2016	07/05/2016	3	MOLINO 1	Motor	Rotura de Faja	Reemplazo de faja	30,00	140,00	0,00	15,00	185,00
11/05/2016	12/05/2016	25	SECADORA CENTRIFUGA	Motor	Cortocircuito	Rebobinado de motor	0,00	0,00	750,00	20,00	770,00
17/05/2016	17/05/2016	3	MOLINO 2	Polea de Motor	Fractura del cubo de polea	Reemplazo de polea del motor	40,00	70,00	0,00	40,00	150,00
23/05/2016	24/05/2016	14	MOLINO 2	Rotor	Desgaste de Dientes	Rellenado de dientes del rotor del molino	120,00	0,00	270,00	20,00	410,00
24/05/2016	25/05/2016	15	SECADORA CENTRIFUGA	Estructura de centrifugado	Corrosión	Reemplazo de malla metálica	120,00	180,00	0,00	0,00	300,00
25/05/2016	26/05/2016	14	MOLINO 1	Rotor	Desgaste de Dientes	Rellenado de dientes del rotor del molino	120,00	0,00	270,00	20,00	410,00
25/05/2016	25/05/2016	4	MOLINO 1	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	30,00	50,00	0,00	10,00	90,00
25/05/2016	26/05/2016	15	SECADORA TÉRMICA	Chimenea	Corrosión	Reemplazo de codo de chimenea	120,00	130,00	0,00	0,00	250,00

27/05/2016	28/05/2016	25	LAVADORA	Motor	Cortocircuito	Rebobinado de motor	0,00	0,00	750,00	20,00	770,00
30/05/2016	31/05/2016	14	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Actuador Neumático	Corrosión	Reemplazo del actuador neumático	150,00	800,00	0,00	20,00	970,00
13/06/2016	13/06/2016	7	LAVADORA	Tendido Eléctrico	Cortocircuito	Reemplazo del tendido de cables de electricidad	80,00	120,00	0,00	0,00	200,00
16/06/2016	16/06/2016	3	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Base del tanque	Corrosión	Parchado con soldadura de tanque de enfriamiento	50,00	0,00	40,00	20,00	110,00
16/06/2016	16/06/2016	4	LAVADORA	Cuadro Eléctrico	Cortocircuito	Reemplazo de llave termomagnética	15,00	35,00	0,00	0,00	50,00
21/06/2016	21/06/2016	3	MOLINO 1	Estructura	Roturas de cubiertas	Apuntalado de cubiertas de estructura	40,00	0,00	30,00	20,00	90,00
23/06/2016	25/06/2016	25	LAVADORA	Motor	Cortocircuito	Rebobinado de motor	0,00	0,00	600,00	20,00	620,00
01/07/2016	02/07/2016	24	MOLINO 1	Cámara de Trituración	Desgaste de Dientes	Rellenado de dientes de cámara de trituración	120,00	0,00	280,00	30,00	430,00
04/07/2016	04/07/2016	3	MOLINO 2	Base de Estructura	Fractura de Tornillos de Sujeción	Reemplazo de tuercas de sujeción al piso	20,00	35,00	0,00	15,00	70,00
06/07/2016	06/07/2016	3	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Compresor Neumático	Desgaste de Estructura interna	Reemplazo de válvula de alivio	40,00	50,00	0,00	15,00	105,00
07/07/2016	07/07/2016	3	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Compresor Neumático	Desgaste de Estructura interna	Reemplazo de válvula presostato	40,00	50,00	0,00	15,00	105,00
09/07/2016	09/07/2016	4	MOLINO 2	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	30,00	50,00	0,00	10,00	90,00
11/07/2016	13/07/2016	25	SECADORA CENTRIFUGA	Motor	Cortocircuito	Rebobinado de motor	0,00	0,00	750,00	20,00	770,00
14/07/2016	14/07/2016	4	MOLINO 1	Polea de Motor	Fractura del cubo de polea	Reemplazo de polea del motor	40,00	120,00	0,00	15,00	175,00
16/07/2016	16/07/2016	4	MOLINO 2	Cuadro Eléctrico	Cortocircuito	Reemplazo de contactores y relés	60,00	140,00	0,00	15,00	215,00
18/07/2016	18/07/2016	3	MOLINO 2	Cuadro Eléctrico	Botón de control malogrado	Reemplazo de botón de parada de emergencia	20,00	50,00	0,00	10,00	80,00
18/07/2016	18/07/2016	8	SECADORA CENTRIFUGA	turboventilador	Dobladura de paleta de ventilador	Cambio de paletas de Turboventilador	50,00	0,00	30,00	20,00	100,00
18/07/2016	18/07/2016	8	SECADORA TÉRMICA	Horno	Desgaste de Material Refractario	Reemplazo de material refractario del horno	100,00	350,00	0,00	0,00	450,00
19/07/2016	19/07/2016	4	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Estructura	Fractura de Cubiertas	Apuntalado de estructura del extrusor	100,00	0,00	100,00	30,00	230,00
21/07/2016	21/07/2016	4	MOLINO 2	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	30,00	60,00	0,00	10,00	100,00
26/07/2016	26/07/2016	3	SECADORA CENTRIFUGA	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	20,00	0,00	0,00	20,00	40,00
30/07/2016	30/07/2016	1	MOLINO 2	Malla selectora	Desoldado de malla	Apuntalado de malla selectora	20,00	0,00	10,00	10,00	40,00
02/08/2016	02/08/2016	3	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Tanque de enfriamiento	Corrosión	Parchado con soldadura de tanque de enfriamiento	50,00	0,00	40,00	20,00	110,00
02/08/2016	02/08/2016	2	SECADORA CENTRIFUGA	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	20,00	0,00	0,00	30,00	50,00

02/08/2016	02/08/2016	2	SECADORA TÉRMICA	Base de Estructura	Fractura de Tornillos de Sujeción	Reemplazo de Tornillos de sujeción al piso	15,00	5,00	0,00	0,00	20,00
04/08/2016	04/08/2016	3	MOLINO 1	Malla selectora	Desgaste de Malla	Reemplazo de rejilla selectora	30,00	30,00	10,00	10,00	80,00
07/08/2016	07/08/2016	3	MOLINO 1	Estructura	Roturas de cubiertas	Apuntalado de cubiertas de estructura	40,00	0,00	30,00	20,00	90,00
08/08/2016	08/08/2016	4	MOLINO 1	Eje del Rotor	Desgaste de cojinetes	Reemplazo de cojinete de eje del molino	30,00	50,00	0,00	10,00	90,00
08/08/2016	09/08/2016	24	MOLINO 2	Cámara de Trituración	Desgaste de Dientes	Rellenado de dientes de cámara de trituración	120,00	0,00	280,00	30,00	430,00
10/08/2016	10/08/2016	5	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Granulador	Fractura de Cubo	Reemplazo de granulador	40,00	180,00	0,00	30,00	250,00
10/08/2016	10/08/2016	1	MOLINO 1	Malla selectora	Desoldado de malla	Apuntalado de malla selectora	20,00	0,00	10,00	10,00	40,00
12/08/2016	15/08/2016	48	MOLINO 1	Motor	Cortocircuito en el embobinado	Rebobinado de motor	0,00	0,00	1500,00	20,00	1520,00
14/08/2016	15/08/2016	23	EXTRUSORA / PELLETIZADORA	Resistencia del Extrusor	Sobretensión	Reemplazo de resistencias del extrusor	150,00	250,00	0,00	50,00	450,00
15/08/2016	19/08/2016	45	SECADORA CENTRIFUGA	Tornillo sinfín	Fractura de eje e hilos	Reemplazo de tornillo sinfín centrifugo	200,00	0,00	1500,00	100,00	1800,00
16/08/2016	19/08/2016	48	MOLINO 2	Motor	Cortocircuito en el embobinado	Rebobinado de motor	0,00	0,00	1500,00	20,00	1520,00
23/08/2016	23/08/2016	3	MOLINO 2	Motor	Rotura de Faja	Reemplazo de faja	30,00	140,00	0,00	15,00	185,00

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C

- Costo de mantenimientos correctivos (S/)

Es la cantidad de dinero en Soles (S/), utilizada para reparar o cubrir los costos por reparación de la máquina, con la finalidad de dejarla operativa, ver tabla 11.

Estos costos incluyen, los costos por Mano de obra a terceros, cuando el mantenimiento no se lleva a cabo en la planta, sino, mediante la contratación del servicio a otra empresa.

Los costos de Pieza nueva, cuando la pieza original de la máquina no puede ser reparada ni en planta ni por un tercero, se tiene que adquirir de forma inmediata.

Los costos por pieza mejorada o reparada, cuando la pieza puede ser reparada en planta y no necesita los servicios de un tercero ni la compra de una pieza nueva.

Tabla 11: Costo de Mantenimientos Correctivos (S/)

Mes	Molino 1	Molino 2	Lavadora	Secadora centri_fuga	Secadora térmica	Extru_sora/ Pelletiza_dora	Total / mes
Sep-15	1 700,00	1 800,00	140,00	50,00	70,00	250,00	4 010,00
Oct-15	715,00	785,00	1 000,00	1 200,00	0,00	1 760,00	5 460,00
Nov-15	585,00	195,00	100,00	350,00	50,00	0,00	1 280,00
Dic-15	260,00	180,00	50,00	0,00	0,00	70,00	560,00
Ene-16	130,00	220,00	0,00	0,00	0,00	335,00	685,00
Feb-16	170,00	80,00	90,00	0,00	120,00	70,00	530,00
Mar-16	90,00	90,00	0,00	0,00	0,00	950,00	1 130,00
Abr-16	90,00	90,00	95,00	130,00	60,00	0,00	465,00
May-16	685,00	560,00	770,00	1 070,00	250,00	970,00	4 305,00
Jun-16	90,00	0,00	870,00	0,00	0,00	110,00	1 070,00
Jul-16	605,00	595,00	0,00	910,00	450,00	440,00	3 000,00
Ago-16	1 820,00	2 135,00	0,00	1 850,00	20,00	810,00	6 635,00
total / máquina	6 940,00	6 730,00	3 115,00	5 560,00	1 020,00	5 765,00	29 130,00

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C

Otros costos, estos incluyen los precios de transporte para compras de piezas o para llevar las piezas a la empresa de terceros, así mismo incluye las compras mínimas de materiales para el mantenimiento correctivo que puede hacerse en planta.

Así tenemos que, al término del periodo de toma de datos, el molino 01 generó S/ 6 940,00soles, que en julio del 2016 el molino 02 generó costos por S/ 595,00 soles o que, en noviembre del 2015, los costos de mantenimiento correctivo fueron de S/ 1 280,00 nuevos soles.

- Duración de mantenimientos correctivos (Horas)

Es la cantidad de tiempo en Horas (H) utilizado para reparar averías o daños inesperados, que provocan que las máquinas paren. Ver tabla 12,

También es conocido con el tiempo total de fallas o averías, utilizado para la obtención del indicador de Mantenibilidad, el cual hallaremos más adelante.

Así tenemos que, al término del periodo de toma de datos, el molino 01 generó 245 Horas, que en mayo del 2016 el molino 02 generó costos por 17 Horas o que, en octubre del 2015, el tiempo utilizado para mantenimientos correctivos fue de 145 Horas.

Tabla 12: Duración de mantenimientos correctivos (Horas)

Maquina ria	Molino 1	Molino 2	Lavadora	Secadora centrifuga	Secadora térmica	Extru- sora/ Pelletiza- dora	Total /mes
Sep-15	55	55	4	4	4	5	127
Oct-15	22	24	15	40	0	44	145
Nov-15	28	6	5	35	2	0	76
Dic-15	10	8	3	0	0	3	24
Ene-16	5	8	0	0	0	8	21
Feb-16	7	3	3	0	13	3	29
Mar-16	3	3	0	0	0	40	46
Abr-16	4	4	17	4	3	0	32
May-16	21	17	25	40	15	14	132
Jun-16	3	0	36	0	0	3	42
Jul-16	28	19	0	36	8	10	101
Ago-16	59	75	0	47	2	31	214
Total Anual	245	222	108	206	47	161	989

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

- Frecuencia de mantenimientos correctivos.

Es la cantidad de veces en Unidades (Unid.), utilizada para cuantificar las averías o daños inesperados, que provocan que las máquinas paren, ver tabla 13.

También es conocido como el número total de fallas o averías detectadas, utilizado para la obtención del indicador de Mantenibilidad y confiabilidad, el cual hallaremos más adelante.

Así tenemos que, al término del periodo de toma de datos, en el molino 01 ocurrieron 29 fallas, que en agosto del 2016 el molino 02 falló 5 veces o que, en octubre del 2015, el total de fallas fue de 13.

Tabla 13: Frecuencia de avería

Equipos	Molino 1	Molino 2	Lavadora	Secadora centrifugadora	Secadora térmica	Extrusora /Pelletizadora	Total
Sep-15	3	4	1	1	1	1	11
Oct-15	3	4	1	1	0	4	13
Nov-15	3	2	1	1	1	0	8
Dic-15	3	2	1	0	0	1	7
Ene-16	2	3	0	0	0	2	7
Feb-16	2	1	1	0	1	1	6
Mar-16	1	1	0	0	0	1	3
Abr-16	1	1	2	1	1	0	6
May-16	3	2	1	2	1	1	10
Jun-16	1	0	3	0	0	1	5
Jul-16	2	6	0	3	1	3	15
Ago-16	5	3	0	2	1	3	14
Total Anual	29	29	11	11	7	18	105

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

3.1.7.4. Ingresos

Es la cantidad de dinero obtenido, posterior a la venta del producto terminado en un cierto periodo de tiempo (mes o año). Es expresada en Soles (S/) por unidad de tiempo, como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14: Ingresos (S/):

Mes	Estimados (S/)	Percibidos (S/)	No percibidos (S/)
Sep-15	367 500,00	253 339,42	114 160,58
Oct-15	379 750,00	281 857,69	97 892,31
Nov-15	367 500,00	277 125,96	90 374,04
Dic-15	379 750,00	213 183,65	166 566,35
Ene-16	379 750,00	273 289,42	106 460,58
Feb-16	343 000,00	275 079,81	67 920,19
Mar-16	379 750,00	288 251,92	91 498,08
Abr-16	367 500,00	287 356,73	80 143,27
May-16	379 750,00	280 195,19	99 554,81
Jun-16	367 500,00	258 710,58	108 789,42
Jul-16	379 750,00	279 300,00	100 450,00
Ago-16	379 750,00	213 183,65	166 566,35
TOTAL	4 471 250,00	3 180 874,04	1 290 375,96

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

- Precio de venta, es expresado en Soles por Kilogramos. Es el monto que fija la gerencia para comercializar los pellets de polipropileno con las empresas compradoras. Durante el periodo de toma de datos se mantuvo un precio de S/ 3,50 soles / Kg.
- Ingresos Percibidos, es el monto real de producción vendida, este monto es obtenido de la producción real ubicada en la tabla 14, multiplicado por el precio de venta. Así tenemos que, si en el mes de agosto del 2016 se produjeron 60 909,62 Kg de pellets de polipropileno, a un precio de venta de S/ 3,50 soles, se obtuvo un ingreso de S/ 213 183,65soles. Del mismo modo, tenemos que los ingresos obtenidos durante el periodo de recolección de datos fueron de S/ 3 180 874,04 soles.
- Perdida de oportunidad, o ventas no realizadas, es la cantidad de dinero que la empresa deja de percibir debido a problemas internos, entre ellos los más resaltantes son los problemas por mantenimientos correctivos a causa de las paradas de máquinas.

Así tenemos que, durante el periodo de toma de datos, se verifico que tenían estimado, en el mejor de los casos, generar ventas por S/ 4 471 250,00 Soles, pero se percibió S/ 3 180 874,04 Soles, de esta forma no se logró percibir ventas por S/ 1 290 375,96 Soles.

3.1.7.5. Rentabilidad

Es el rendimiento que se obtiene por la inversión. En otras palabras: la rentabilidad refleja la ganancia que genera cada Sol (S/) invertido, es conocida como la utilidad antes de impuesto. Ver tabla 15.

Esta es hallada mediante la siguiente formula,

$$R = \frac{P - C}{P} \times 100$$

- R es la rentabilidad que queremos calcular en una determinada cantidad de tiempo y nos referiremos a ella en términos de porcentaje. Por ejemplos: 10%, 30% 50%.
- P es el precio de venta al que se está ofreciendo el pellet de polipropileno a los clientes. Así que consideramos las ventas percibidas.
- C es el costo de cuanto nos cuesta producir el pellet de polipropileno. Así que consideramos el costo total de fabricación.

Los resultados obtenidos, se muestran la tabla 15 y se calculan detalladamente en el anexo 11.

La rentabilidad obtenida, ha sido clasificada de 2 formas: Rentabilidad mensual y rentabilidad anual, lo cual nos permite tener una percepción minuciosa del rendimiento de la producción.

- ✓ Así mismo, nos permite calcular cual sería nuestra rentabilidad bajo el criterio de una producción efectiva al 100%, sin ningún problema de parada de máquina. Esta es hallada tras multiplicar el porcentaje de rentabilidad con las ventas estimadas y es expresado en soles.

Tabla 15: Rentabilidad (S/)

Mes	Rentabilidad %	Estimada (S/)	Percibida (S/)	No Percibida (S/)
Sep-15	50,91%	187 081,27	128 966,15	58 115,12
Oct-15	51,12%	194 135,79	144 091,28	50 044,50
Nov-15	52,42%	192 658,79	145 280,96	47 377,83
Dic-15	51,81%	196 765,97	110 460,27	86 305,70
Ene-16	53,06%	201 504,92	145 014,25	56 490,66
Feb-16	53,05%	181 946,32	145 917,67	36 028,66
Mar-16	52,76%	200 356,44	152 081,97	48 274,47
Abr-16	52,37%	192 449,58	150 480,77	41 968,81
May-16	50,78%	192 820,74	142 271,08	50 549,65
Jun-16	51,81%	190 416,33	134 048,22	56 368,12
Jul-16	51,70%	196 341,31	144 405,87	51 935,44
Ago-16	46,46%	176 446,36	99 053,27	77 393,09
Anual	51,62%	2 308 206,28	1 642 071,78	666 134,50

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

3.1.7.6. Indicadores de Mantenimiento Iniciales:

Aunque actualmente esta empresa no utiliza indicadores como herramienta básica para el monitoreo de gestiones, pero para el desarrollo de esta tesis, se creyó conveniente hallar indicadores para una mejor concepción de la problemática actual de esta empresa.

A continuación, se presentan el conjunto de indicadores claves los cuales nos permiten tener una mejor perspectiva operacional de los equipos de la línea de producción de pellets de CGW Pastic SAC, tales como la Confiabilidad, la Mantenibilidad y la Disponibilidad, des mismo modo encontraremos el costo promedio de parada de máquina y la Perdida de oportunidad Promedio por Parada de máquina.

a. Confiabilidad (MTBF o TPDF):

Es la probabilidad de que un equipo, o sistema, cumpla su misión (Función Principal) bajo condiciones de uso determinadas, en un período determinado.

Tabla 16. Confiabilidad Actual (Horas)

Maquinaria	Tiempo Operativo hasta el fallo (Horas)	Σ número de fallas detectadas (Unid.)	Tiempo promedio entre fallas (TPPF)
Molino 1	3 765,00	29	129,83
Molino 2	3 850,00	29	132,76
Lavadora	3 305,00	11	300,45
Secadora centrifuga	3 801,00	11	345,55
Secadora térmica	3 763,00	7	537,57
Extrusora /Pelletizadora	3 824,00	18	212,44
TPPF anual	22 308,00	105	212,46

Fuente: CGW PLASTIC S.A.C

Como podemos observar en la tabla 16, cuando nos referimos a confiabilidad, obtenemos que la secadora térmica es el equipo más confiable ya que tarda 537,57 horas aproximadamente para fallar, así mismo el equipo con fallas más frecuentes es el molino 1, ya que suele fallar cada 129,83 horas aproximadamente.

b. Mantenibilidad (MTTR o TPRR)

Es la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas, en un cierto tiempo, utilizando procedimientos predeterminados.

Tabla 17. Mantenibilidad Actual (Horas)

Maquinaria	Tiempo total de fallas	Σ número de fallas detectadas	Tiempo promedio para reparar (TPPR)
Molino 1	245	29	8,45
Molino 2	222	29	7,66
Lavadora	108	11	9,82
Secadora centrifuga	206	11	18,73
Secadora térmica	47	7	6,71
Extrusora /Pelletizadora	161	18	8,94
TPPR Anual	989	105	9,42

Fuente: CGW PLASTIC S.A.C

En la tabla 17, la máquina que más tiempo lleva reparar es la secadora centrifuga que lleva 18,73 horas, así mismo la Maquinaria que menos horas lleva reparar es la secadora térmica, con casi 6,71 horas.

c. Disponibilidad (%)

Es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función principal para la cual fue destinado.

En cuanto a disponibilidad, como se muestra en la tabla 18, la Maquinaria con mayor disponibilidad es la secadora térmica con un 98,77% de disponibilidad, no obstante, la Maquinaria con menor disponibilidad, es la Molino 01 con un 93,89%.

La disponibilidad Total es de 95,75%.

Tabla 18. Disponibilidad Actual (%)

Maquinaria	Tiempo promedio entre fallas (TPEF)	Tiempo promedio para reparar (TPPR)	Disponibilidad (%)
Molino 1	129,83	8,45	93,89%
Molino 2	132,76	7,66	94,54%
Lavadora	300,45	9,82	96,84%
Secadora centrifuga	345,55	18,73	94,86%
Secadora térmica	537,57	6,71	98,77%
Extrusora /Pelletizadora	212,44	8,94	95,96%
Disp. Anual	276,43	10,05	95,75%

Fuente: CGW PLASTIC S.A.C

d. Costo Promedio de Parada de máquina (CPPM):

Hallamos el costo promedio que se genera cuando la máquina para o se detiene por alguna avería.

Tabla 19. Costo Promedio de parada de máquina (S)

Maquinaria	Costo para Reparar Fallo	Σ número de fallas detectadas (Unid.)	Costo Promedio de Parada de máquina (S/)
Molino 1	6 940,00	29	239,31
Molino 2	6 730,00	29	232,07
Lavadora	3 115,00	11	283,18
Secadora centrifuga	5 560,00	11	505,45
Secadora térmica	1 020,00	7	145,71
Extrusora /Pelletizadora	5 765,00	18	320,28
CPPM Anual	29 130,00	105	277,43

Fuente: CGW PLASTIC S.A.C

Obtenemos de la tabla 19 que anualmente, el costo promedio para reparar una avería de máquina es de S/ 277,43 soles.

e. Pérdida de Oportunidad Promedio por Parada de Máquina (POPPM):

Encontramos la pérdida promedio de oportunidad que se genera cuando la máquina para o se detiene por alguna avería.

Tabla 20. Pérdida de Oportunidad por parada de máquina (S/)

Mes	Utilidad no Percibida (S/)	Número de Averías (Unid.)	Pérdida de oportunidad Promedio por Parada de máquina (S/)
Sep-15	58 115,12	11	5 283,19
Oct-15	50 044,50	13	3 849,58
Nov-15	47 377,83	8	5 922,23
Dic-15	86 305,70	7	12 329,39
Ene-16	56 490,66	7	8 070,09
Feb-16	36 028,66	6	6 004,78
Mar-16	48 274,47	3	16 091,49
Abr-16	41 968,81	6	6 994,80
May-16	50 549,65	10	5 054,97
Jun-16	56 368,12	5	11 273,62
Jul-16	51 935,44	15	3 462,36
Ago-16	77 393,09	14	5 528,08
Total	666 134,50	105	6 344,14

Fuente: CGW PLASTIC S.A.C

Dado que la utilidad es hallada en periodos de tiempo, la obtención de este indicador se hará según se muestra en la tabla 20. En donde obtenemos que en promedio una parada de máquina nos está causando que dejemos de percibir S/ 6 344,14 soles de utilidad.

3.2. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

La siguiente propuesta tiene por finalidad gestionar el mantenimiento de la empresa CGW Plastic SAC, para lo cual se tendrá que implementar mejoras en esta área.

A la fecha, la modalidad de trabajo de esta empresa se basaba en el tradicional aislamiento de cada área, pero con la concepción de esta gestión redefiniremos esta forma de trabajar, haciendo que todas las áreas se concienticen de la realidad operacional garantizando el cumplimiento de los objetivos trazados.

En resumen, la gestión estará compuesta por un conjunto de mejora, las cuales se detallarán a continuación de manera ordenada:

- Mejoras en la Organización
- Creación de registros y documentos.
- Análisis de máquinas o equipos.
- Plan de mantenimiento basado en RCM.
- Planeamiento de Herramientas y materiales.
- Subcontratación de empresas.
- Capital humano

Finalmente, se verificará el costo de la implementación de la propuesta e indicadores de gestión de mantenimiento y si está dentro de los parámetros aceptables para la empresa.

3.2.1. Mejoras en la Organización.

La empresa ya cuenta con un organigrama general básico, establecido donde una sola persona tenía a cargo todas las actividades de mantenimiento, tal como se muestra en la figura 3.

Para esta propuesta de gestión se mantiene el organigrama, pero con cambios en el área de mantenimiento como se muestra en la figura 6, en donde evidenciamos que para el área mantenimiento se han incrementado dos puestos de trabajo.

Como se puede apreciar, el área de mantenimiento está formada por 3 colaboradores.

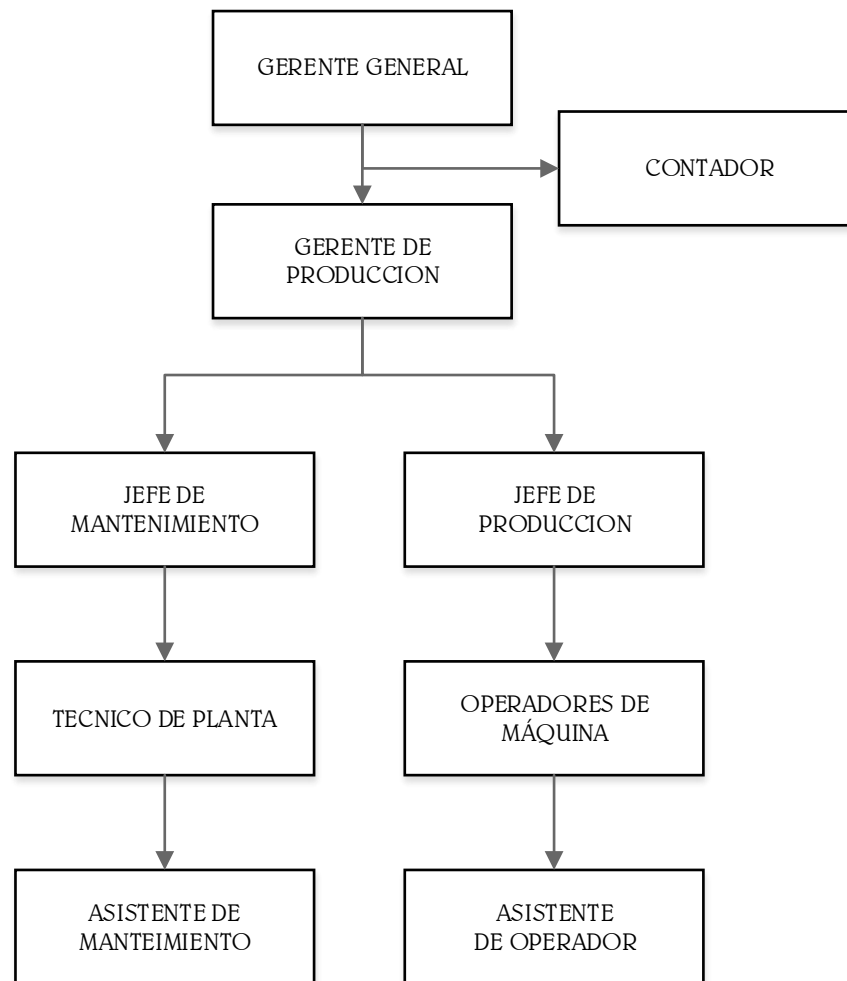


Figura 6: Organigrama para la Gestión de Mantenimiento
 Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C

Esto incluye al jefe de mantenimiento, cuya función será la de implementar y controlar la gestión de mantenimiento, esto incluye el control de costos, control de documentación y la implementación de horarios de trabajo para las actividades de mantenimiento que no afecten las el desarrollo de la actividad de producción.

El técnico de mantenimiento, encargado de dar solución a las averías presentadas durante el tiempo de operación y fuera del proceso de operación.

Así mismo, el asistente de mantenimiento, será el responsable de realizar tareas de mantenimiento mínimas y apoyar al técnico de mantenimiento con las tareas complejas de mantenimiento.

Tabla 21. Costo total de Mano de obra (S/).

Mano de obra de personal operativo				
Puesto	Días laborados /año	Horas/día	Costo de hora hombre	Costo/año
Encargado de corte y selección	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Encargado de corte y selección	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Encargado de corte y selección	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Encargado de corte y selección	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Conductor camión	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Asistente del conductor	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Operador molino 1	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Asistente molino 1	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Operador molino 2	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Asistente molino 2	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Operador lavadora	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Asistente lavadora	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Asistente lavadora	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Operador secadora centrifuga	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Operador secadora térmica	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Asistente de secadoras	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Operador de Pelletizador	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Asistente de Pelletizador	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Operador de embolsado - sellado	300,00	8,00	4,30	10 320,00
Total mano de obra personal operativo				196 080,00
Mano de obra de personal de mantenimiento				
Puesto	Días laborados /año	Horas/día	Costo de hora hombre	Precio total
Ingeniero de mantenimiento	250,00	8,00	9,00	18 000,00
Mecánico de planta	250,00	8,00	6,00	12 000,00
Asistente de mantenimiento	250,00	8,00	4,30	8 600,00
Total mano de obra de personal de mantenimiento				38 600,00
Sueldo de Gerencia				
Puesto	Días laborados /año	Horas/día	Costo de hora hombre	Precio total
Gerente general	250,00	8,00	17,00	34 000,00
Gerente de producción	250,00	8,00	14,00	28 000,00
Contador	250,00	8,00	8,00	16 000,00
Total Sueldo de Gerencia				78 000,00
Costo total de Mano de obra				312 680,00

Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo, los puestos de trabajo carecen de un documento formal donde se especifique en qué consisten cada uno de ellos.

Se debe desarrollar la descripción formal de cada puesto de trabajo para conocer las funciones y responsabilidades que poseen.

Estas descripciones se llevarán a cabo semanalmente donde se reunirán el jefe de mantenimiento y el técnico de planta para su elaboración.

El puesto de trabajo tal como el objetivo del puesto y los requisitos académicos y técnicos con los que debe contar la persona para cubrir ese puesto. Esto será de gran importancia para conocer cuáles son las habilidades con las que se cuenta el personal de mantenimiento, pudiendo proponer un plan de capacitación para cada puesto en caso de ser requerido.

Como se muestra en la tabla 21, la implementación de nuevo personal para la propuesta de gestión acarrea un costo: Los costos de mano de obra por el personal operativo de planta serán de S/ 196 080,00 Soles, los costos por el personal de mantenimiento será de S/ 38 600,00 Soles y la planilla de gerencia se mantiene con S/ 78 000,00 Soles dando un total de S/ 312 680,00 soles por año para la propuesta de la gestión de mantenimiento.

3.2.2. Creación de registros y documentos de mantenimiento.

La falta de registros es causa de que la organización sea ineficiente; vale decir, no se controlan las actividades que pueden originar la disminución de los ingresos en la empresa. Por ende, es necesaria la creación de registros y documentos que sirvan como base de control y como información histórica para la mejora de los procesos.

Uno de ellos es el Formato de descripción puesto de trabajo ubicado en el anexo 12, del cual hablamos en el tema anterior.

Así mismo, para desarrollar un registro o documento se deberá seguir el orden propuesto en la figura 07.

Como se puede apreciar, para el desarrollo de cada documento/registro se necesitará de la participación del jefe de mantenimiento por su experiencia en gestión de mantenimiento y del técnico de mantenimiento por su experiencia en planta. Además, cada registro o documento que se lance deberá ser anunciado y explicado a los trabajadores para que conozcan su importancia.

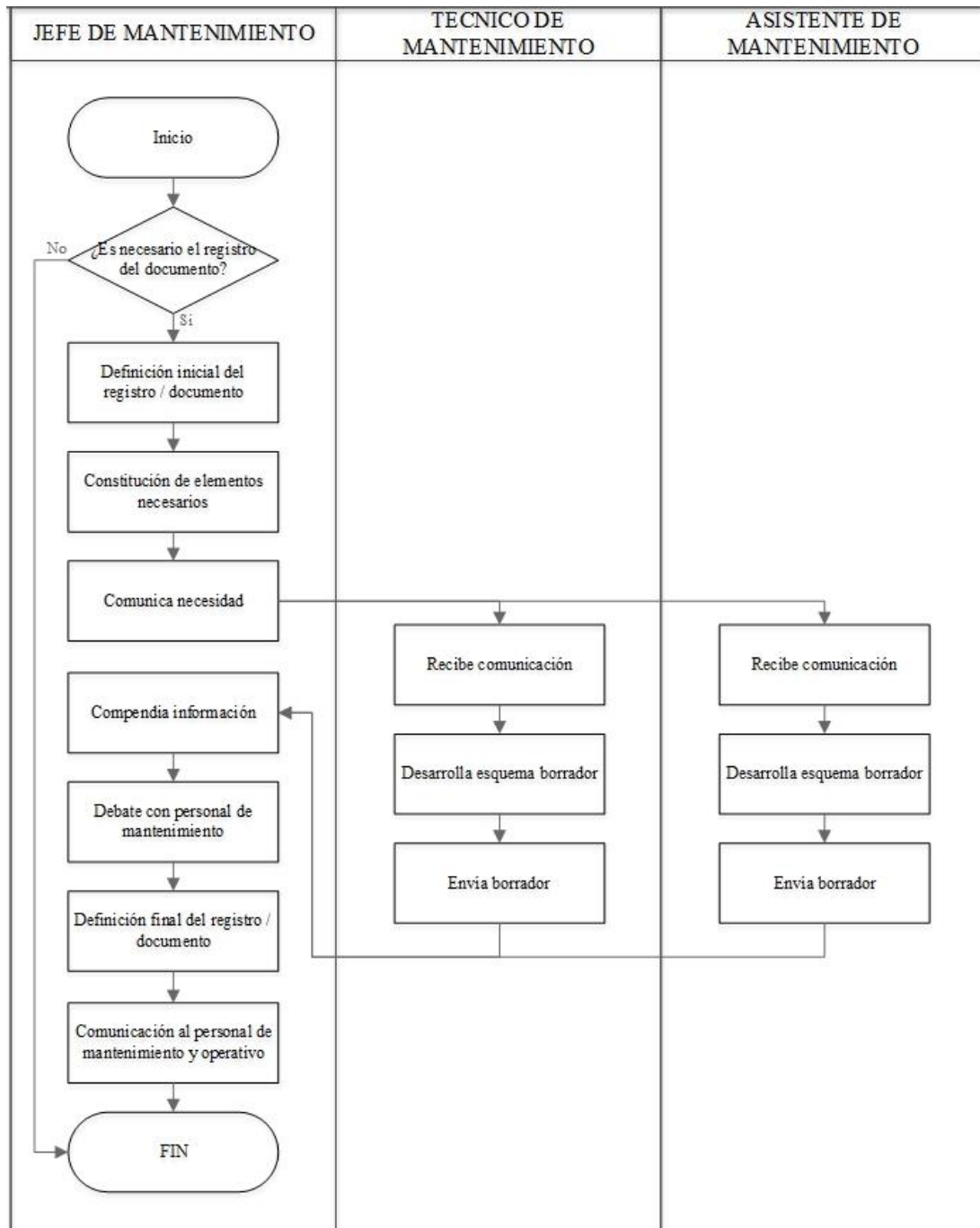


Figura 7: Procedimiento para el Desarrollo de Registros y Documentos

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C

Los documentos/registros se presentan a continuación:

- Ordenes de trabajo de mantenimiento.
- Informes técnicos de equipo.

También indicamos los tipos de archivos que deberán implementarse, para contener la información recolectada:

- Archivos técnicos.
- Archivos de mantenimiento.

Finalmente, se deberá publicar al personal de mantenimiento y operativo el listado de actividades de mantenimiento mensuales a realizar.

3.2.2.1. Órdenes de Trabajo de mantenimiento.

Actualmente no se manejan órdenes de trabajo y documentadas para las actividades de mantenimiento. Esto promueve la falta de información para la formulación y uso de indicadores de mantenimiento, así como un débil seguimiento de los trabajos. Por ello se debe desarrollar un formato de Orden de Trabajo formal que prevenga los inconvenientes mencionados en este punto.

Se presenta en la figura 8 un formato de orden de trabajo para las actividades de mantenimiento y de igual forma se ejemplifica el correcto llenado.

En este se detalla, el equipo al cual se efectuará la actividad de mantenimiento, la fecha en la que se solicita y para cuando se requerirá el mantenimiento. Así mismo, da opción a describir las circunstancias actuales en las que se encuentra el equipo y si a la fecha ha tenido problemas.

Seguidamente, se menciona al encargado del mantenimiento, el tiempo y las acciones tomadas para el desarrollo de esta actividad, así mismo podemos indicar la intervención de más personal de apoyo y finalmente, indicamos la cantidad de repuestos y materiales consumidos para el mantenimiento a realizar.

Este documento también tiene por finalidad registrar datos de fallos y averías solucionados mediante actividades de mantenimiento correctivo, para luego analizarlas estadísticamente y actualizar efectivamente el plan de mantenimiento.

Orden de Trabajo de Mantenimiento				Nro. De Orden: 2017 - 001	
Datos Generales					
Equipo	20MO01	Fecha de Solicitud	01/12/2017	Fecha Requerida	05/12/2017
Solicitante:	Julio Cabrejos		Cargo:	Operador de Molino 01	
DESCRIPCIÓN					
Trabajo Solicitado:	Limpieza de embobinado del motor.				
Motivo	Presencia de sonidos irregulares en el primer arranque del motor. Arranque lento.				
Posible Causa	Suciedad dentro de cavidades del motor. Cojinetes desgastados.				
Observaciones:	Durente el inicio de operaciones, el motor suele tomar entre 1 y 2 minutos para llegar a su velocidad de trabajo estandar, asi mismo el operarios ayuda girando de apocos el eje del motor.				
Fecha de Inicio:	03/12/2017	Fecha de Término	03/12/2017	Parada de equipo (Horas): 04 horas	
Responsable:	Carlos Diaz		Cargo:	Tecnico de Planta	
Descripción del problema	Motor presenta sonidos irregulares en el arranque, con un inicio de operaciones lento.				
Causas	Precencia de polvo y material particulado solidificado en el embobinado del motor, debido a que este no se encuentra protegido del ambiente laboral.				
Acciones Tomadas	Se procede a la limpieza interna del motor.				
Situación de la orden	Finalizada:			SI	NO
	Finalizada Provisionalmente:			SI	NO
	Pendiente:			SI	NO
Técnico		Hora de Inicio		Hora Final	
Carlos Diaz		07:00		11:00	
Total:				04:00	
REPUESTOS CONSUMIDOS					
Cantidad	Descripción			P. Unitario (S/)	Total (S/)
1	Desengrasante WD-40			22,80	22,80
3	trapo industrial			0,40	1,20
Total (S/):					24,00

Figura 8: Formato de Orden de Trabajo

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.2. Informes Técnico de Equipo.

Los informes serán de carácter interno; es decir, se manejarán para: resultados de auditorías internas hechas por la propia empresa, informes de trabajos realizados, informes en caso de accidentes de trabajadores, etc. Los informes se realizarán en base al formato presentado en la figura 9.

Este informe, tiene por finalidad indicar la situación actual del equipo, tras una inspección técnica, no obstante, el personal que opera los equipos también puede llenar este formato, ya que finalmente esta información será confirmada por el técnico de planta y elevada al jefe de mantenimiento.

El correcto llenado de este informe esta detallado en la figura 9, este contiene información del equipo, tal como el nombre del equipo, si ha tenido paradas por fallas, así mismo la fecha en la que se redacta el informe, la capacidad actual de la máquina, las observaciones que esta tiene, y recomendaciones necesarias para la mejora de la operatividad.

CGW Plastic SAC	Informe Técnico de Equipo				Nro. De Informe: 2017 - 001
Responsable:	Cesar Guevara Gamarra			Cargo:	Jefe de Mantenimiento
Equipo:	Nro. De paradas:	Fecha	Capacidad Actual:	Tipo de operación: Electrónica o electromecánica	Fabricante:
20MO01	2	01/12/2017	108 Kg/h	Electromecánica	Sin Registro
Detalles de las Observaciones:	A la Fecha la máquina ha presentado 02 paradas durante la operación, debido a sobrecalentamiento del motor, entre el 15 y 30 de noviembre del 2017.				
Recomendaciones :	Se recomienda programar una limpieza y testeado del motor, con la finalidad de evitar el deterioro de este,				

Figura 9: Formato de Informe Técnico

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.3. Archivos técnicos

Los archivos técnicos contendrán información de los equipos, referente a:

- Planos
- Manuales y Cartillas
- Manuales de operación de componentes.
- Cartillas de lubricación.

Cabe mencionar que, de no contar con esta información proveniente del fabricante, se deberá desarrollar cada uno de ellos indicando en la portada el número de equipo al que pertenece. Los planos se confeccionarán con la participación de los jefes de mantenimiento y producción, proveedores y el técnico de planta en la organización.

Con los manuales y cartillas deberá procederse de igual manera que con los planos.

3.2.2.4. Archivos de mantenimiento

Se debe desarrollar archivos de mantenimiento de cada ubicación y equipo donde se anexará la siguiente información:

- Reportes de trabajo realizados en ese equipo.
- Las OT's (ordenes de trabajo) de los trabajos realizados.
- Planes de mantenimiento.
- Informes de trabajo y diagnóstico.
- Costos de los trabajos realizados.
- Reporte de accidentes.

3.2.2.5. Listado de los mantenimientos mensuales.

El formato del listado de mantenimientos se desarrollará mensualmente donde se deberá indicar y enlistar los equipos que necesiten servicios de mantenimiento preventivo. Dicho formato se presenta en la figura 10:

LISTADO DE MANTENIMIENTO MENSUAL						
Jefe de mantenimiento		César Guevara			Mes	Diciembre
Equipo	Componente	Trabajos a realizar	Responsable	Requiere parada de equipo	Fecha de mante_	Tiempo de ejecución / mante_
					nimiento	nimiento (Horas)
Molino 01	Motor	Monitoreo	Operador del Molino 01	NO	10/12/2017	00:05:00
Molino 01	Motor	Limpieza	Técnico de Planta	SI	14/12/2017	00:30:00
Molino 01	Motor	Lubricación	Técnico de Planta	SI	16/12/2017	03:00:00
Molino 01	Rotor	Monitoreo	Operador del Molino 01	SI	16/12/2017	00:20:00
Molino 01	Rotor	Rellenado y balanceo	Técnico de Planta	SI	17/12/2017	13:00:00

Figura 10: Formato de Mantenimientos mensuales

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C

Este formato es realizado por el jefe de mantenimiento, y en este detalla el equipo al que se le realizara la actividad de mantenimiento, a que componente o parte del equipo, el encargado o responsable de realizar el mantenimiento, también, si esta actividad requiere que la máquina se detenga de sus actividades, así mismo la fecha en la que se realizará y el tiempo que debería tomarle.

3.2.3. Identificación de máquinas y equipos.

Actualmente los equipos que están bajo la responsabilidad de un Técnico de planta, el cual no cuenta con una base de datos con las características técnicas de estos (número de equipos, marca, modelo, descripción, etc.).

Por otro lado, deben registrarse la codificación de cada componente del equipo como información importante en caso de recambio o por temas de trazabilidad. Para ello debe realizarse una revisión completa de cada Maquinaria que interviene en el proceso de producción del pellet.

Tabla 22: Identificación de Equipos y componentes

CGW Plastic SAC	Lista de Equipos y Componentes		Revisión 2018 - 1
Maquinaria	Componentes	Cant	Especificaciones Básicas
Molino 1	•Motor Siemens	01	<ul style="list-style-type: none"> • 1200 RPM, 3Ø, 15HP 380 VAC. • 04 piezas removibles acero al carbón. • 02 piezas estáticas de acero al carbón. • 40 cm Ø • 10 cm Ø • Acero Galvanizado 1/32'. • Acero Galvanizado 1/16'. • Tablero de Comando 15x30x40. • 02 de 05cm Ø / 02 de 10 de 10 cm Ø.
	•Rotor	01	
	•Cámara de trituración.	01	
	•Polea Triple en V(Rotor)	01	
	•Polea Triple en V(Motor)	01	
	•Guardas	02	
	•Compuertas de acceso.	01	
	•Panel de Control	01	
	•Cojinete	04	
Molino 2	•Motor Siemens	01	<ul style="list-style-type: none"> • 1800 RPM, 3Ø, 15HP 380 VAC. • 06 piezas removibles acero al carbón. • 04 piezas estáticas de acero al carbón • 40 cm Ø • 10 cm Ø • Acero Galvanizado 1/32'. • Acero Galvanizado 1/16'. • Tablero de Comando 15x30x40. • 02 de 05cm Ø / 02 de 10 de 10 cm Ø.
	•Rotor	01	
	•Cámara de trituración.	01	
	•Polea Triple en V(Rotor)	01	
	•Polea Triple en V(Motor)	01	
	•Guarda	02	
	•Compuertas de acceso.	01	
	•Panel de Control	01	
	•Cojinete	04	
Lavadora	•Motor Siemens	01	<ul style="list-style-type: none"> • 1200 RPM, 3Ø, 15HP 380 VAC. • Acero inoxidable. • Acero Inoxidable. • 140 cm Ø • De “auto Tico” (adaptada) • Acero al carbono. • Acero galvanizado. • Tablero de Comando 15x30x40. • 02 de 05cm Ø / 02 de 10 de 10 cm Ø.
	•Rotor con paletas	01	
	•Paletas	08	
	•Cámara de lavado	01	
	•Transmisión	01	
	•Guarda	02	
	•Compuertas de acceso.	01	
	•Panel de Control	01	
	•Cojinete	04	

Secadora centrifuga	•Motor Siemens	01	<ul style="list-style-type: none"> • 1200 RPM, 3Ø, 15HP, 380 VAC. • 50 cm Ø • Acero Inoxidable 201. • 40 cm Ø • 10 cm Ø • Acero Galvanizado 1/32'. • Acero Galvanizado 1/16'. • Tablero de Comando 15x30x40. • 02 de 05cm Ø / 02 de 10 de 10 cm Ø • 1200 RPM, 1Ø, 2HP, 220 VAC.
	•Tornillo Sinfín (Rotor)	01	
	•Cámara de centrifugado	01	
	•Polea simple en V(Rotor)	01	
	•Polea simple en V(Motor)	01	
	•Guarda	02	
	•Compuertas de acceso.	01	
	•Panel de Control	04	
	•Cojinetes	02	
	•Turboventilador	02	
Secadora térmica	•Motor siemens	01	<ul style="list-style-type: none"> • 1200 RPM, 1Ø, 2HP, 220 VAC. • Temp. Max. 400 °C. • 50 Cm Ø • 20 metros. • Acero Galvanizado 1/32'. • Acero Galvanizado 1/32'. • Tablero de Comando 15x30x40. • 1200 RPM, 1Ø, 2HP, 220 VAC.
	•Horno de carbón mineral	01	
	•Cámara ciclón	01	
	•Tubería	01	
	•Guarda	02	
	•Compuertas de acceso.	02	
	•Panel de control	01	
	•Turboventilador	02	
Extrusora / Pelletizadora	•Compresor de aire	01	<ul style="list-style-type: none"> • 3000 PSI, 220 VAC. • 50 cm Ø • Temp. Max 300°C • Temp. Max 300°C • 160 Litros 40cmx200cmx20cm • Acero Galvanizado 1/32'. • Acero Galvanizado 1/16'. • Tablero de Comando 15x30x40. • Acero al Carbono. • 02 de 05cm Ø / 02 de 10 de 10 cm Ø. • 1200 RPM, 1Ø, 2HP, 220 VAC.
	•Rotor con tornillo sinfín	01	
	•Cámara de calor	01	
	•Resistencia	02	
	•Piscina de enfriamiento	01	
	•Guardas	02	
	•Compuertas de acceso.	02	
	•Panel de control	02	
	•Granulador	01	
	•Motor eléctrico	01	
	•Actuador neumático	01	

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

Se implementa un formato de toma de datos de equipos, tal como se muestra en la tabla 22 y como se puede apreciar, es necesario especificar cada componente que se ubique en el equipo, tanto los motores que generan la potencia, así como elementos constitutivos, por ejemplo, para el molino sería el rotor del molino, la cámara de trituración, las cubiertas y guardas, las poleas las fajas, entre otros. Cabe resaltar, que el ítem “marca”, es colocado porque el equipo ha sido configurado localmente o porque el fabricante reúne una serie de elementos de diversa procedencia, no todos los componentes de una máquina serán pertenecientes a esta misma marca.

3.2.3.1. Codificación de máquinas o equipos

El paso siguiente a la toma de datos es la codificación de cada una de las máquinas o equipo para su identificación. La forma de codificación sería la mostrada en el capítulo 2.2.12.

En la Tabla 23, se muestra lo obtenido, tras la codificación de equipos de la planta.

Tabla 23: Codificación para equipos

Maquinaria	Código
Molino 1	20MO01
Molino 2	20MO02
Lavadora	30LA01
Secadora centrifuga	40SC01
Secadora térmica	50ST01
Extrusora/Pelletizadora	60EP01

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3.2. Codificación de Componentes:

Posterior a la codificación de equipos, es necesario también codificar sus componentes para su identificación. La forma de codificación sería como se mostró en el capítulo 2.2.12:

En la Tabla 24, se muestra lo obtenido, tras la codificación de componente de los equipos de planta.

Tabla 24: Codificación para Componentes

	COMPONENTE	CÓDIGO				
Molino 1	-Motor Siemens	20MO01	M	PPP	ADQ	1
	-Rotor	20MO01	P	PPP	SES	1
	-Cámara de trituración.	20MO01	P	PPP	DFE	1
	-Polea Triple en V(Rotor)	20MO01	P	PPP	SDF	1
	-Polea Triple en V(Motor)	20MO01	P	PPP	TFD	1
	-Guardas	20MO01	P	PPP	SFG	1
	-Compuertas de acceso.	20MO01	P	PPP	ADQ	1
	-Panel de Control	20MO01	C	PPP	SES	1
	-Cojinete	20MO01	K	PPP	DFE	1
Mol	-Motor Siemens	20MO02	M	PPP	SDF	1
	-Rotor	20MO02	P	PPP	TFD	1

	-Cámara de trituración.	20MO02	P	PPP	SFG	1
	-Polea Triple en V(Rotor)	20MO02	P	PPP	ADQ	1
	-Polea Triple en V(Motor)	20MO02	P	PPP	SES	1
	-Guarda	20MO02	P	PPP	DFE	1
	-Compuertas de acceso.	20MO02	P	PPP	SDF	1
	-Panel de Control	20MO02	C	PPP	TFD	1
	-Cojinete	20MO02	K	PPP	SFG	1
Lavadora	-Motor Siemens	30LA01	M	PPP	ADQ	1
	-Rotor con paletas	30LA01	P	PPP	SES	1
	-Cámara de lavado	30LA01	P	PPP	DFE	1
	-Transmisión	30LA01	P	PPP	SDF	1
	-Guarda	30LA01	P	PPP	TFD	1
	-Compuertas de acceso.	30LA01	P	PPP	SFG	1
	-Panel de Control	30LA01	C	PPP	ADQ	1
-Cojinete	30LA01	K	PPP	SES	1	
Secadora centrífuga	-Motor Siemens	40SC01	M	PPP	DFE	1
	-Tornillo Sinfín (Rotor)	40SC01	P	PPP	SDF	1
	-Cámara de centrifugado	40SC01	P	PPP	TFD	1
	-Polea simple en V(Rotor)	40SC01	P	PPP	SFG	1
	-Polea simple en V(Motor)	40SC01	P	PPP	ADQ	1
	-Guarda	40SC01	P	PPP	SES	1
	-Compuertas de acceso.	40SC01	P	PPP	DFE	1
	-Panel de Control	40SC01	C	PPP	SDF	1
	-Cojinetes	40SC01	K	PPP	TFD	1
	-turboventilador	40SC01	M	PPP	SFG	1
Secadora térmica	-Motor Siemens	50ST01	M	PPP	ADQ	1
	-Horno de carbón Mineral	50ST01	P	PPP	SES	1
	-Cámara ciclón	50ST01	P	PPP	DFE	1
	-Tubería	50ST01	T	PPP	SDF	1
	-Guarda	50ST01	P	PPP	TFD	1
	-Compuertas de acceso.	50ST01	P	PPP	SFG	1
	-Panel de Control	50ST01	C	PPP	ADQ	1
	-turboventilador	50ST01	M	PPP	SES	1
Extrusora/Pelletizadora	-Compresor de aire	60EP01	N	PPP	DFE	1
	-Rotor con tornillo Sinfín	60EP01	P	PPP	SDF	1
	-Cámara de calor	60EP01	P	PPP	TFD	1
	-Resistencia	60EP01	E	PPP	SFG	1
	-Piscina de Enfriamiento	60EP01	P	PPP	ADQ	1
	-Guardas	60EP01	P	PPP	SES	1
	-Compuertas de acceso.	60EP01	P	PPP	DFE	1
	-Panel de Control	60EP01	C	PPP	SDF	1
	-Granulador	60EP01	P	PPP	TFD	1
	-Motor Eléctrico	60EP01	M	PPP	SFG	1
	-Actuador Neumático	60EP01	N	PPP	ADQ	1

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Plan de Mantenimiento Basado en Confiabilidad. (RCM)

3.2.4.1. Determinación del nivel de criticidad:

Tras haber sido codificado los equipos y sus principales fallos en el punto, se procedió a identificar cual o cuales son los equipos críticos, basándonos la información presentada en el Anexo 01.

Seguidamente, procedemos a hallar la criticidad, mediante el cálculo previo de la frecuencia de falla y la consecuencia:

- Frecuencia de Falla, obtenida del punto “B” (Frecuencia de falla) de la tabla 13, de ponderaciones de los parámetros del Análisis de criticidad
Así tenemos que durante el periodo de toma de datos para la frecuencia de fallas del molino 02, se le asignó un valor de 3 ya que sus parámetros van de entre 16 y 30 fallas por año.
- Consecuencia, es obtenida mediante el siguiente calculo:

$$\text{CONSECUANCIA} = (F + G + H + I) + (C \times D)$$

Ejemplo:

El molino 02, posee:

F= 25, G= 5, H=10, I=5, C=2 y D=0,75

Consecuencia = (25+5+10+5) + (2 x 0,75)

Consecuencia = 46,50

- Criticidad, es el producto de operar la frecuencia de falla por la consecuencia, es decir:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

Entonces, la criticidad en el molino 02, sería:

$$\text{Criticidad} = 3 \times 46.50$$

$$\text{Criticidad} = 139,50$$

De esta manera logramos obtener la criticidad y es mostrada en la parte inferior de la tabla 25, en el siguiente tema mostraremos la forma de priorizar los equipos en base a su criticidad.

Tabla 25: Ponderaciones de los parámetros del Análisis de criticidad

Parámetros	Molino 01	Molino 02	Lavadora	Secador centrifugo	Secador térmico	Extrusor-Pelletizador
A. NIVEL DE USO DE LA MAQUINARIA	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
No más de 4 horas por día	1	1	1	1	1	1
Entre 5 y 8 horas por día	2	2	2	2	2	2
Entre 9 y 12 horas por día	3	3	3	3	3	3
Entre 13 y 16 horas por día	4	4	4	4	4	4
Entre 17 y 24 horas por día	5	5	5	5	5	5
B. FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
No más de 1 por año	1	1	1	1	1	1
Entre 2 y 15 por año	2	2	2	2	2	2
Entre 16 y 30 por año	3	3	3	3	3	3
Entre 31 y 50 por año	4	4	4	4	4	4
Más de 50 por año	5	5	5	5	5	5
C. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
Menos de 4 horas	1	1	1	1	1	1
Entre 4 y 8 horas	2	2	2	2	2	2
Entre 8 y 24 horas	3	3	3	3	3	3
Entre 24 y 48 horas	4	4	4	4	4	4
Más de 48 horas	5	5	5	5	5	5
D. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
No afecta la producción	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
25 % de impacto	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
50 % de impacto	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
75 % de impacto	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
100 % de impacto	1	1	1	1	1	1
E. DEPENDENCIA LOGÍSTICA CON RESPECTO A LOS REPUESTOS	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
Stock propio	1	1	1	1	1	1
Local	2	2	2	2	2	2
Departamental	3	3	3	3	3	3
Nacional	4	4	4	4	4	4
Extranjero	5	5	5	5	5	5
F. COSTOS DE REPARACIÓN (MILES DE NUEVOS SOLES)	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
No origina ningún costo	0	0	0	0	0	0
Menos de mil	3	3	3	3	3	3
Entre mil y 3 mil	5	5	5	5	5	5
Entre 3 y 5 mil	10	10	10	10	10	10
Más de 5 mil	25	25	25	25	25	25
G. IMPACTO AMBIENTAL	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
No origina ningún impacto ambiental	0	0	0	0	0	0
Contaminación ambiental baja	5	5	5	5	5	5
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta	10	10	10	10	10	10
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad, procesos sancionatorios	25	25	25	25	25	25
H. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD DE PERSONAL	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
No origina heridas ni lesiones	0	0	0	0	0	0
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes	5	5	5	5	5	5
Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal Entre 30 días	10	10	10	10	10	10
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente	25	25	25	25	25	25
I. IMPACTO EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
No ocasiona pérdidas económicas en las áreas (producción, ventas)	0	0	0	0	0	0
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 100 < 500 nuevos soles	5	5	5	5	5	5
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 500 < 1000 nuevos soles	10	10	10	10	10	10
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 1000 mil nuevos soles	25	25	25	25	25	25
J. ASISTENCIA TÉCNICA	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
Si existe	1	1	1	1	1	1
Regular	2	2	2	2	2	2
Escasa	3	3	3	3	3	3
No existe	4	4	4	4	4	4
K. REEMPLAZO DE EQUIPOS / ACCESORIOS	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
Si existe	1	1	1	1	1	1
Regular	2	2	2	2	2	2
Escasa	3	3	3	3	3	3
No existe	4	4	4	4	4	4
Frecuencia de falla	3	3	2	2	2	2
Consecuencia	46,6	46,6	27,4	47,4	21,6	57,4
Criticidad	139,8	139,8	54,8	94,8	43,2	114,8

Fuente: CGW PLASTIC S.A.C

3.2.4.2. Análisis De Criticidad A Través Del Diagrama De Pareto

Después de haber hallado la criticidad de los equipos es importante ordenarla, de tal forma que podamos comprender que equipos son los más Críticos y con los cuales se procederá a realizar el Plan de mantenimiento.

Para poder realizar este análisis, primero debemos recolectar los datos de criticidad vistos en el capítulo anterior y ordenándolos verticalmente de mayor a menor, al mismo tiempo se procede a realizar una suma total de las criticidades. Para hallar el Porcentaje de criticidad que genera cada equipo se requiere dividir la criticidad de cada equipo con la criticidad total, y multiplicándola por el número 100. El porcentaje acumulado es hallado posteriormente, realizando una suma sucesiva de los porcentajes de criticidad, hasta llegar al 100 % con el último equipo, de igual forma si incorpora la columna 80-20, que indica que el 80% del problema es provocado por el 20% de las causas. La información antes mencionada esta detallada en la tabla 26.

Tabla 26: Análisis de Criticidad

MÁQUINARIA	CRITICIDAD	%	% ACUM	80 - 20
Molino 01	139,5	24%	24%	80%
Molino 02	139,5	24%	48%	80%
Extrusor-Pelletizador	114,5	20%	67%	80%
Secador centrifugo	94,5	16%	83%	20%
Lavadora	54,5	9%	93%	20%
Secador térmico	43	7%	100%	20%
TOTAL	585,5	100%		

Fuente: CGW PLASTIC S.A.C

La Figura 11, grafica los datos hallados en la tabla 26, indica el grado de criticidad de cada equipo en las barras de color naranja, así mismo la curva de color plomo indica el Acumulado del Porcentaje de Criticidad, y la Línea amarilla representa 80-20.

La sobre posición de estas dos líneas crea un punto de división señalado con una línea azul, la cual nos indica que los equipos a la izquierda de esta línea son los más críticos, y necesitan de una atención inmediata, por ende, serán los utilizados para elaborar nuestro plan de mantenimiento, mientras que los equipos a la izquierda de esta línea se consideran los equipos menos críticos, que necesitan de atención de igual manera, pero en menor escala.

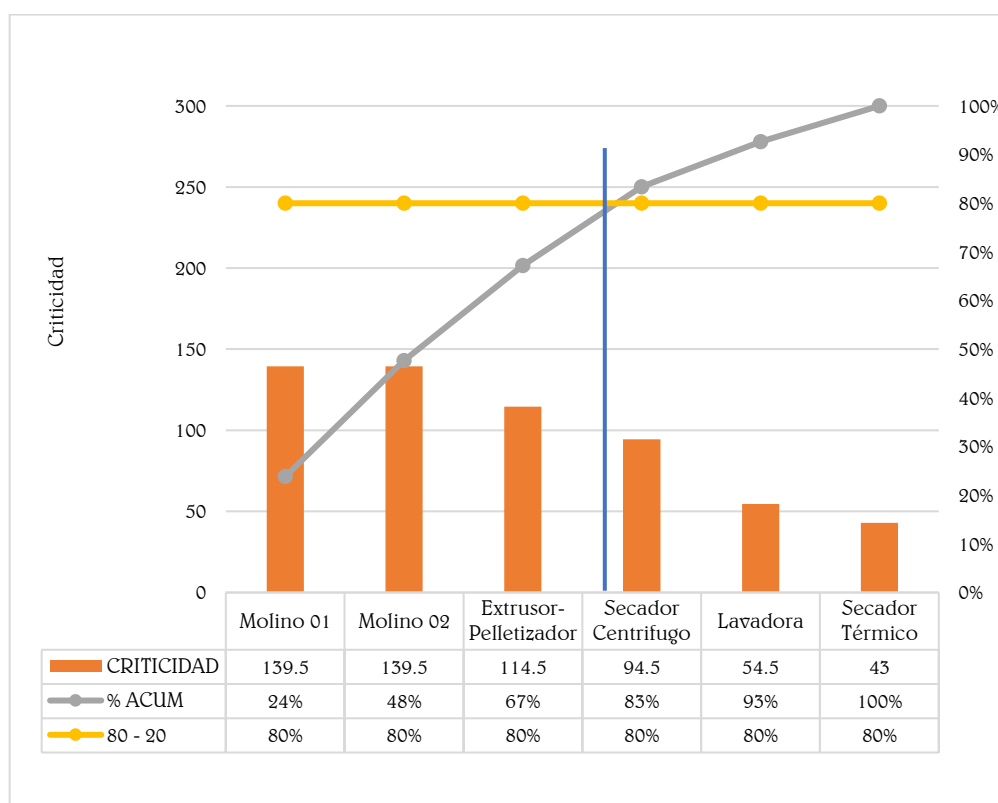


Figura 11: Diagrama de Pareto

Fuente: CGW PLASTIC S.A.C

La figura 11, indica que, el Molino 01, el Molino 02 y el Extrusor-Pelletizador, son los equipos más críticos, así mismo, el secador centrífugo, la lavadora y el secador térmico, se consideran equipos de baja criticidad.

3.2.4.3. Análisis De Modo Y Efecto De Falla

El análisis de modo y efecto de falla es aplicado a los equipos críticos resultantes del tema anterior, consiste en identificar todas las formas o modos por los que las máquinas paran durante el proceso de producción de pellets de polipropileno.

Para cumplir este análisis debemos seguir la siguiente secuencia:

- Identificar el Equipo que, según el análisis de criticidad, son: El Molino 01, el Molino 02 y el Extrusor-Pelletizador,
- Descripción del equipo, se indica que parte del equipo es la que sufre el daño.
- Definir las Función que desempeña.
- Definir las Falla funcional asociada a cada función.
- Definir los Modo de falla asociados a cada fallo funcional.
- Establecer Efecto de la falla asociados al modo de fallo.
- Identificar las Causa de la falla asociados al efecto de falla.
- Describir la Situación actual de cómo se soluciona las fallas. Hallar el Calcular el número de prioridad de riesgo (NPR) en base a la Severidad, Ocurrencia, Detección (Ver anexo 02,03 y 04)
- Se proporcionan algunas acciones para mitigar o reducir las fallas suscitadas.
- Identificar al responsable a cargo de corregir las fallas.

“Cabe resaltar que se deben priorizar los problemas con NPR alto, así como aquellos que tengan un alto grado de ocurrencia, no importando si el NPR es alto o bajo”

En la tabla 27, podemos apreciar el desarrollo de esta metodología.

Tabla 27: Análisis De Modo Y Efecto De Falla

EQUIPO	Descripción del Equipo, parte o proceso	Función que desempeña	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de la Falla	Causa de la Falla	Situación Actual				Responsable Actual	
							Controles Actuales	Severidad	Ocurrencia	Detección		NPR Inicial
MOLINO DE POLIPROPILENO 01	Motor del molino 01	Provee de potencia para poder cortar el plástico reciclado en pequeñas hojuelas.	Inhabilidad para producir potencia necesaria para cortar materia prima	Desgaste del Aislamiento de la Bobina.	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Sobreexposición a material particulado y polvo. Cortocircuito en las espiras del estator	Reparar el cortocircuito, bobinado del motor	10	8	10	800	Servicio de Tercero
	Rotor del molino 01	Corta el plástico reciclado en pequeñas hojuelas	Inhabilidad para cortar materia prima	Desgaste de dientes del rotor	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Ingreso de materiales duros. Sobreexposición al medio ambiente	Rellenado de los dientes del rotor.	10	7	10	700	Técnico de planta
	Cámara de trituración del molino 01	Contiene y corta el plástico reciclado.	Inhabilidad para cortar materia prima	Desgaste de dientes de cámara de trituración	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Ingreso de materiales duros. Sobreexposición al medio ambiente	Rellenado de los dientes de la cámara de trituración.	8	8	9	576	Técnico de planta
	Malla selectora de cámara de trituración del molino 01	Selecciona el tamaño de la hojuela cortada	Inhabilidad para Homogenizar el material molido.	Desgaste en los hilos metálicos de la malla	No es evidente. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Sobreexposición al medio ambiente	Apuntalado de la malla selectora.	6	8	9	432	Técnico de planta
	Cubiertas y guardas estructurales	Evita que el plástico reciclado se derrame	Inhabilidad para contener materia prima durante el cortado	Fractura de uniones soldadas	No es evidente. Producción no generada. Costos de reparación. Peligro a la seguridad.	Falta de control adecuado. Sobreexposición al medio ambiente.	Apuntalado de cubiertas y guardas estructurales	7	10	9	630	Técnico de planta
	Faja de transmisión del molino 01	Transfiere la potencia del motor hacia el rotor del molino	Inhabilidad para transferir potencia	Rotura de faja por fatiga	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Fatiga por uso excesivo.	Reemplazo de fajas.	7	5	9	315	Técnico de planta
	Cojinete del rotor del molino 01	Permite que el rotor gire sobre su eje horizontal.	Inhabilidad para girar el rotor	Desgaste de bolas internas de cojinetes	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Sobreexposición al medio ambiente. Fatiga por uso excesivo.	Reemplazo de cojinetes del rotor.	6	10	9	540	Técnico de planta

						Sobreexposición a material particulado y polvo.							
	Polea del motor de molino 01	transmite la potencia generada por el motor	Inhabilidad para transferir potencia	Fractura del cubo de la polea	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Sobreexposición al medio ambiente. Fatiga por uso excesivo.	Reemplazo de polea del motor	7	5	9	315	Técnico de planta	
	Cuadro eléctrico del molino 01	Controla la potencia y velocidad del motor del molino	Inhabilidad para controlar el molino	Cortocircuito del sistema eléctrico	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación. Peligro para la seguridad.	Falta de control adecuado. Cables y uniones expuestas.	Reemplazo de contactores y relés	8	5	9	360	Técnico de planta	
MOLINO DE POLIPROPILENO 02	Motor del molino 02	Provee de potencia para poder cortar el plástico reciclado en pequeñas hojuelas.	Inhabilidad para producir potencia necesaria para cortar materia prima	Desgaste del Aislamiento de la Bobina.	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Sobreexposición a material particulado y polvo. Cortocircuito en las espiras del estator	Reparar el cortocircuito, bobinado del motor	10	8	10	800	Servicio de Tercero	
	Rotor del molino 02	Corta el plástico reciclado en pequeñas hojuelas	Inhabilidad para cortar materia prima	Desgaste de dientes del rotor	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Ingreso de materiales duros. Sobreexposición al medio ambiente	Rellenado de los dientes del rotor.	10	7	10	700	Técnico de planta	
	Cámara de trituración del molino 02	Contiene y corta el plástico reciclado.	Inhabilidad para cortar materia prima	Desgaste de dientes de cámara de trituración	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Ingreso de materiales duros. Sobreexposición al medio ambiente	Rellenado de los dientes de la cámara de trituración.	8	8	9	576	Técnico de planta	
	Malla selectora de cámara de trituración del molino 01	Selecciona el tamaño de la hojuela cortada	Inhabilidad para Homogenizar el material molido.	Desgaste en los hilos metálicos de la malla	No es evidente. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Sobreexposición al medio ambiente	Apuntalado de la malla selectora.	6	8	9	432	Técnico de planta	
	Cubiertas y guardas estructurales	Evita que el plástico reciclado se derrame	Inhabilidad para contener materia prima durante el cortado	Fractura de uniones soldadas	No es evidente. Costos de reparación. Peligro a la seguridad.	Falta de control adecuado. Sobreexposición al medio ambiente.	Apuntalado de cubiertas y guardas estructurales	7	10	9	630	Técnico de planta	
	Faja de transmisión del molino	Transfiere la potencia del motor hacia el rotor del molino	Inhabilidad para transferir potencia	Rotura de faja por fatiga	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Fatiga por uso excesivo.	Reemplazo de fajas.	7	5	9	315	Técnico de planta	
	Cojinete del rotor del molino	Permite que el rotor gire sobre su eje horizontal.	Inhabilidad para girar el rotor	Desgaste de bolas internas de cojinetes	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Sobreexposición al medio ambiente. Fatiga por uso excesivo. Sobreexposición a material particulado y polvo.	Reemplazo de cojinetes del rotor.	6	10	9	540	Técnico de planta	
	Polea del motor	transmite la potencia generada por el motor	Inhabilidad para transferir potencia	Fractura del cubo de la polea	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Sobreexposición al medio ambiente. Fatiga por uso excesivo.	Reemplazo de polea del motor	7	5	9	315	Técnico de planta	

	Cuadro eléctrico del molino	Controla la potencia y velocidad del motor del molino	Inhabilidad para controlar el molino	Cortocircuito del sistema eléctrico	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación. Peligro para la seguridad.	Falta de control adecuado. Cables y uniones expuestas.	Reemplazo de contactores y relés	8	5	9	360	Técnico de planta
		Enciende y apaga el molino	Inhabilidad para encender y apagar el molino	Desgaste de contactos de botonera	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación. Peligro para la seguridad.	Falta de control adecuado. Sobreexposición a material particulado y polvo.	Reemplazo de botonera de ON / OFF	8	5	9	360	Técnico de planta
	Tuercas de anclaje	Anclan el molino a una base de concreto	Incremento de vibraciones	Fractura de cuello del tornillo	Es evidente. Costos de reparación. Peligro para la seguridad.	Falta de control adecuado. Sobreexposición al medio ambiente. Fatiga por uso excesivo.	Reemplazo de tuercas de anclaje.	7	5	7	245	Técnico de planta
EXTRUSOR - PELETIZADOR	Granulador	Corta los hilos de plásticos provenientes del extrusor en pequeños en pellets	Inhabilidad para producir pellets	Fractura del cubo del granulador	Es evidente. El Pelletizador deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Sobreexposición a humedad y corrosión.	Reemplazo del granulador	9	6	7	378	Técnico de planta
	Tanque de enfriamiento	Enfriar los hilos de plástico provenientes del extrusor.	Inhabilidad para contener agua dentro del tanque de enfriamiento.	Corrosión del fondo del tanque	Es evidente. El extrusor deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Falta de un tratamiento anticorrosivo.	Apuntalado del fondo del tanque de enfriamiento.	6	5	8	240	Técnico de planta
	Cuadro eléctrico del Pelletizador	Controlar la potencia y velocidad del Pelletizador	Inhabilidad para controlar el Pelletizador	Cortocircuito del sistema eléctrico	Es evidente. El Pelletizador deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación. Peligro para la seguridad.	Falta de control adecuado. Cables y uniones expuestas.	Reemplazo de contactores y relés	9	2	7	126	Técnico de planta
	Resistencias del extrusor	Transformar energía eléctrica en energía calorífica para derretir el Scrap de plástico	Inhabilidad para transformar energía eléctrica en energía calorífica	Fractura de resistencias	Es evidente. El extrusor deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Fatiga por uso excesivo.	Reemplazo de resistencias	9	2	8	144	Técnico de planta
	Tornillo sin fin del extrusor	Homogeniza y direcciona el plástico derretido por las resistencias.	Inhabilidad para homogenizar y direccionar el plástico derretido	fractura de eje	Es evidente. El extrusor deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Ingreso de materiales duros. Fatiga por uso excesivo.	Reemplazo de tornillo sin fin del extrusor	10	2	8	160	Servicio de Tercero

	Tolva de ingreso de material del extrusor	Facilita el cargado de material en el extrusor	Inhabilidad para un buen cargado de material	Fractura de uniones soldadas	No es evidente. Costos de reparación. Peligro a la seguridad.	Falta de control adecuado. Sobreexposición al medio ambiente.	Apuntalado estructura de la Tolva	9	2	8	144	Técnico de planta
	Actuador neumático del extrusor	Apertura y cierra la salida de plástico extruido	Inhabilidad para abrir y cerrar la salida de plástico extruido	Corrosión del vástago del actuador	Es evidente. El extrusor deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Sobreexposición al medio ambiente: humedad y polvo. Falta de lubricación.	Reemplazo del actuador neumático	9	2	8	144	Servicio de Tercero
	Válvula de control automático de Presión de compresor (Presostato)	Regula de forma automática la cantidad de presión que se almacena en el tanque del compresor.	Inhabilidad para contener aire	Perdida de aire través del diagrama o membrana	No es evidente. El extrusor deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	Falta de control adecuado. Fatiga por uso excesivo.	Reemplazo De Presostato De Compresor	9	2	7	126	Técnico de planta

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

3.2.4.4. Planilla de Información RCM

La Hoja de Trabajo de Información RCM, es la encargada de recoger las funciones, fallas funcionales, modos de avería y efectos de las averías de los equipos muy críticos, centralizándola y asignándole un carácter alfanumérico, que resuma su interpretación para el siguiente paso.

En la tabla 28, se desarrolla la planilla de información RCM de los 3 equipos críticos, priorizando los trabajos de mantenimiento, conforme a la información recolectada y mostrada en la tabla 27.

El desarrollo de la Planilla de Información RCM, ayudará con el siguiente paso en la creación de nuestro Plan De Mantenimiento.

Tabla 28: Planilla de Trabajo de Información RCM

FUNCIÓN		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFEECTO DE FALLA	
MOLINO DE POLIPROPILENO 01	1	Provee de potencia para poder cortar el plástico reciclado en pequeñas hojuelas.	A	Inhabilidad para producir potencia necesaria para cortar materia prima	1	Desgaste del Aislamiento de la Bobina.	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.
			B		2		
			C		3		
	2	Corta el plástico reciclado en pequeñas hojuelas	A	Inhabilidad para cortar materia prima	1	Desgaste de dientes del rotor	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.
			B		2		
	3	Contiene y corta el plástico reciclado.	A	Inhabilidad para cortar materia prima	1	Desgaste de dientes de cámara de trituración	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.
			B		2		
	4	Selecciona el tamaño de la hojuela cortada	A	Inhabilidad para Homogenizar el material molido.	1	Desgaste en los hilos metálicos de la malla	No es evidente. Producción no generada. Costos de reparación.
			B		2		
5	Evita que el plástico reciclado se derrame	A	Inhabilidad para contener materia prima durante el cortado	1	Fractura de uniones soldadas	No es evidente. Producción no generada. Costos de reparación. Peligro a la seguridad.	
		B		2			
6	Transfiere la potencia del motor hacia el rotor del molino	A	Inhabilidad para transferir potencia	1	rotura de faja por fatiga	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	
		B		2			
7	Permite que el rotor gire sobre su eje horizontal.	A	Inhabilidad para girar el rotor	1	desgaste de bolas internas de cojinetes	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	
		B		2			
		C		3			
8	transmite la potencia generada por el motor	A	Inhabilidad para transferir potencia	1	fractura del cubo de la polea	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	
		B		2			
9	Controla la potencia y velocidad del motor del molino	A	Inhabilidad para controlar el molino	1	Cortocircuito del sistema eléctrico	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación. Peligro para la seguridad.	
		B		2			
MOLINO DE POLIPROPILENO 02	1	Provee de potencia para poder cortar el plástico reciclado en pequeñas hojuelas.	A	Inhabilidad para producir potencia necesaria para cortar materia prima	1	Desgaste del Aislamiento de la Bobina.	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.
			B		2		
			C		3		
	2	Corta el plástico reciclado en pequeñas hojuelas	A	Inhabilidad para cortar materia prima	1	Desgaste de dientes del rotor	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.
			B		2		
	3	Contiene y corta el plástico reciclado.	A	Inhabilidad para cortar materia prima	1	Desgaste de dientes de cámara de trituración	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.
			B		2		
	4	Selecciona el tamaño de la hojuela cortada	A	Inhabilidad para Homogenizar el material molido.	1	Desgaste en los hilos metálicos de la malla	No es evidente. Producción no generada. Costos de reparación.
			B		2		
5	Evita que el plástico reciclado se derrame	A	Inhabilidad para contener materia prima durante el cortado	1	Fractura de uniones soldadas	No es evidente. Costos de reparación. Peligro a la seguridad.	
		B		2			
6	Transfiere la potencia del motor hacia el rotor del molino	A	Inhabilidad para transferir potencia	1	rotura de faja por fatiga	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	
		B		2			
7	Permite que el rotor gire sobre su eje horizontal.	A	Inhabilidad para girar el rotor	1	desgaste de bolas internas de cojinetes	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	
		B		2			
		C		3			
8	transmite la potencia generada por el motor	A	Inhabilidad para transferir potencia	1	fractura del cubo de la polea	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.	
		B		2			
9	Controla la potencia y velocidad del motor del molino	A	Inhabilidad para controlar el molino	1	Cortocircuito del sistema eléctrico	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada.	
		B		2			

						Costos de reparación. Peligro para la seguridad.
10	Enciende y apaga el molino	C	Inhabilidad para encender y apagar el molino	3	Desgaste de contactos de botonera	Es evidente. El molino deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación. Peligro para la seguridad.
		D		4		
11	Anclan el molino a una base de concreto	A	Incremento de vibraciones	1	Fractura de cuello del tornillo	Es evidente. Costos de reparación. Peligro para la seguridad.
		B		2		
1	Corta los hilos de plásticos provenientes del extrusor en pequeños granos llamados Pellets	A	Inhabilidad para producir pellets	1	Fractura del cubo del granulador	Es evidente. El Pelletizador deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.
		B		2		
2	Enfriar los hilos de plástico provenientes del extrusor.	A	Inhabilidad para contener agua dentro del tanque de enfriamiento.	1	Corrosión del fondo del tanque	Es evidente. El extrusor deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.
		B		2		
3	Controlar la potencia y velocidad del Pelletizador	A	Inhabilidad para controlar el Pelletizador	1	Cortocircuito del sistema eléctrico	Es evidente. El Pelletizador deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación. Peligro para la seguridad.
		B		2		
		C		3		
4	Transformar energía eléctrica en energía calorífica para derretir el Scrap de plástico	A	Inhabilidad para transformar energía eléctrica en energía calorífica	1	Fractura de resistencias	Es evidente. El extrusor deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.
		B		2		
5	Homogeniza y direcciona el plástico derretido por las resistencias.	A	Inhabilidad para homogenizar y direccionar el plástico derretido	1	fractura de eje	Es evidente. El extrusor deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.
		B		2		
		C		3		
6	Facilita el cargado de material en el extrusor	A	Inhabilidad para un buen cargado de material	1	Fractura de uniones soldadas	No es evidente. Costos de reparación. Peligro a la seguridad.
		B		2		
7	Apertura y cierra la salida de plástico extruido	A	Inhabilidad de apertura y cierre de la salida de plástico extruido	1	Corrosión del vástago del actuador	Es evidente. El extrusor deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.
		B		2		
		C		3		
8	Regula de forma automática la cantidad de presión que se almacena en el tanque del compresor.	A	Inhabilidad para contener aire	1	Perdida de aire través del diagrama o membrana	No es evidente. El extrusor deja de funcionar. Producción no generada. Costos de reparación.
		B		2		
		C		3		

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

3.2.4.5. Hoja de Decisiones

La Hoja de Decisiones, es la encargada de la evaluación de las consecuencias de cada modo de avería y la selección de las tareas de mantenimiento más adecuadas.

Mediante el uso del diagrama de decisión, se relaciona la información recolectada y las tareas de mantenimiento que se aplicaran para reducir la probabilidad o evitar de las fallas funcionales.

En la tabla 29, muestra la hoja de decisiones para los 3 así mismo se generan los primeros datos que utilizaremos para la creación de nuestro plan de mantenimiento.

Debido a que los equipos son de procedencia empírica el criterio tomado en cuenta para definir la frecuencia de actividades de mantenimiento será el tiempo promedio operativo hasta el fallo (MTTF)

Con este indicador técnico se midió el tiempo que es capaz de operar sin interrupciones cada máquina evaluada, dicho resultado sirvió de referencia para establecer la frecuencia de las tareas propuestas.

Tabla 29: Hoja de Decisiones

EQUIPO	REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TAREAS "A FALTA DE"				TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA (DÍAS)	RESPONSABLE
								S1	S2	S3							
	F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
Molino 01	1	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitorear si hay existencia de sonidos anómalos	7	Operador del Molino 01	
	1	B	2	S	N	N	S	N	S					Limpieza de bobinas.	30	Técnico de Planta	
	1	C	3	S	N	N	S	N	S					Lubricación de cojinetes.	60	Técnico de Planta	
	2	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitorear dientes del rotor.	30	Técnico de Planta	
	2	B	2	S	N	N	S	N	S					Rellenar y balancear dientes del rotor	150	Servicio de tercero	
	3	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitorear de dientes de la cámara de trituración.	30	Técnico de Planta	
	3	B	2	S	N	N	S	N	S					Rellenar dientes de cámara de trituración.	150	Servicio de tercero	
	4	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitoreo de la malla selectora.	15	Operador del Molino 01	
	4	B	2	S	N	N	S	N	S					Reemplazo de malla selectora.	60	Técnico de Planta	
	5	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitorear cubiertas y guardas desoldadas.	30	Operador del Molino 01	
	5	B	2	S	N	N	S	N	S					Apuntalar cubiertas y guardas flojas.	60	Técnico de Planta	
	6	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitorear fajas de transmisión.	30	Operador del Molino 01	
	6	B	2	S	N	N	S	N	S					Reemplazo de fajas.	150	Técnico de Planta	
	7	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitoreo de cojinetes.	15	Operador del Molino 01	
	7	B	2	S	N	N	S	N	S					Lubricación de cojinetes.	60	Técnico de Planta	
	7	C	3	S	N	N	S	N	S					Reemplazo de cojinetes	150	Técnico de Planta	
	8	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitorear poleas.	30	Operador del Molino 01	
	8	B	2	S	N	N	S	N	S					Reemplazo de poleas	150	Técnico de Planta	
9	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitorear elementos sueltos.	15	Técnico de Planta		
9	B	2	S	N	N	S	N	S					Monitorear la carga del cableado	15	Técnico de Planta		
Molino 02	1	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitorear si hay existencia de sonidos anómalos	7	Operador del Molino 02	
	1	B	2	S	N	N	S	N	S					Limpieza de bobinas.	30	Técnico de Planta	
	1	C	3	S	N	N	S	N	S					Lubricación de cojinetes.	60	Técnico de Planta	
	2	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitorear dientes del rotor.	30	Técnico de Planta	
	2	B	2	S	N	N	S	N	S					Rellenar y balancear dientes del rotor	150	Servicio de tercero	
	3	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitorear de dientes de la cámara de trituración.	30	Técnico de Planta	
	3	B	2	S	N	N	S	N	S					Rellenar dientes de cámara de trituración.	150	Servicio de tercero	
	4	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitoreo de la malla selectora.	15	Operador del Molino 02	
	4	B	2	S	N	N	S	N	S					Reemplazo de malla selectora.	60	Técnico de Planta	
	5	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitorear cubiertas y guardas desoldadas.	30	Operador del Molino 02	
	5	B	2	S	N	N	S	N	S					Apuntalar cubiertas y guardas flojas.	60	Técnico de Planta	
	6	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitorear fajas de transmisión.	30	Operador del Molino 02	
	6	B	2	S	N	N	S	N	S					Reemplazo de fajas.	150	Técnico de Planta	
	7	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitoreo de cojinetes.	15	Operador del Molino 02	
	7	B	2	S	N	N	S	N	S					Lubricación de cojinetes.	60	Técnico de Planta	
	7	C	3	S	N	N	S	N	S					Reemplazo de cojinetes	150	Técnico de Planta	
	8	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitorear poleas.	30	Operador del Molino 02	
	8	B	2	S	N	N	S	N	S					Reemplazo de poleas	150	Técnico de Planta	
9	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitorear elementos sueltos.	15	Técnico de Planta		
9	B	2	S	N	N	S	N	S					Reemplazo de Relés y contactores	300	Técnico de Planta		
10	C	3	S	N	N	S	N	S					Monitoreo de botoneras de control	30	Técnico de Planta		
10	D	4	S	N	N	S	N	S					Reemplazo de botonera.	150	Técnico de Planta		
11	A	1	S	N	N	S	N	S					Monitoreo de tuercas de anclaje.	30	Operador del Molino 02		
11	B	2	S	N	N	S	N	S					Reemplazo de tuercas de anclaje.	150	Técnico de Planta		

Extrusor/Pelletizador	1	A	1	S	N	N	S	N	S				Monitorear el estado del granulador.	30	Operador de Extrusora/Pel.
	1	B	2	S	N	N	S	N	S				Reemplazo de Granulador.	150	Técnico de Planta
	2	A	1	S	N	N	S	N	S				Monitorear presencia de corrosión en el tanque.	30	Operador de Extrusora/Pel.
	2	B	2	S	N	N	S	N	S				Tratamiento anticorrosivo del tanque	150	Servicio de tercero
	3	A	1	S	N	N	S	N	S				Monitoreo de conexiones eléctricas.	15	Técnico de Planta
	3	B	2	S	N	N	S	N	S				Monitorear la carga del cableado	15	Técnico de Planta
	3	C	3	S	N	N	S	N	S				Reemplazo de Relés y contactores	300	Técnico de Planta
	4	A	1	S	N	N	S	N	S				Monitorear indicadores de temperatura	30	Técnico de Planta
	4	B	2	S	N	N	S	N	S				Reemplazo de resistencias.	150	Técnico de Planta
	5	A	1	S	N	N	S	N	S				Monitorear presencia de fracturas o desgaste en el tornillo	60	Operador de Extrusora/Pel.
	5	B	2	S	N	N	S	N	S				Tratamiento térmico del eje del tornillo sinfín.	150	Servicio de tercero
	5	C	3	S	N	N	S	N	S				Rellenado de orillas del tornillo con soldadura	150	Servicio de tercero
	6	A	1	S	N	N	S	N	S				Monitorear presencia de fracturas en uniones soldadas.	30	Operador de Extrusora/Pel.
	6	B	2	S	N	N	S	N	S				Apuntalado de Tolva	150	Técnico de Planta
	7	A	1	S	N	N	S	N	S				Monitoreo de presencia de corrosión en el vástago del actuador	30	Operador de Extrusora/Pel.
	7	B	2	S	N	N	S	N	S				Limpieza del actuador y alrededores.	15	Operador de Extrusora/Pel.
	7	C	3	S	N	N	S	N	S				Lubricar vástago y zona de accionamiento.	30	Técnico de Planta
	8	A	1	S	N	N	S	N	S				Monitoreo de válvulas y tuberías	30	Operador de Extrusora/Pel.
8	B	2	S	N	N	S	N	S				Reemplazo del presostato	150	Técnico de Planta	
8	C	3	S	N	N	S	N	S				Reemplazo de válvula de emergencia.	150	Técnico de Planta	

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

3.2.4.6. Plan de Mantenimiento

Este plan de mantenimiento está pensado para tener una mayor disponibilidad de los equipos críticos de la planta, es decir intenta mejorar la confiabilidad de la instalación.

Fuera de este plan se quedan los equipos restantes (semi-críticos y no críticos), en los cuales se podrá prestar menor atención, aunque esto no significará que el mantenimiento en estos sea innecesario.

En muchos casos el mantenimiento más eficiente en estos casos, es el mantenimiento ante falla, ya que se trata de averías bastante repetitivas y con reparaciones factibles.

El plan de mantenimiento está compuesto de la siguiente manera:

- Equipo, identifica a la máquina con la que se trabajara y se implementara las tareas de mantenimiento.
- Componente, parte perteneciente al equipo.
- Trabajos a realizar, actividad necesaria para mantener la disponibilidad del equipo.
- Descripción de actividad, detalle de la actividad a realizar, se incluye pasos y procedimientos.
- Materiales, elementos o productos necesarios para llevar a cabo las tareas de mantenimiento.
- Herramientas, equipos o artefactos necesarios para llevar a cabo los trabajos de mantenimientos.
- Frecuencia, periodo de tiempo, expresado en días, que indica cada que tiempo debe llevarse a cabo las tareas de mantenimiento,
- Responsable, persona a cargo de llevar cabo la tarea de mantenimiento.
- Tiempo de ejecución, tiempo máximo para llevar a cabo la tarea de mantenimiento.

En la tabla 30, mostramos el desarrollo del plan de mantenimiento desarrollado para la empresa CGW Plastic SAC.

Tabla 30: Plan De Mantenimiento

EQUIPO	COMPONENTE	TRABAJOS A REALIZAR	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	MATERIALES	HERRAMIENTAS	PERIODO (Días)	RESPONSABLE	TIEMPO DE EJECUCION
MOLINO DE POLIPROPILENO 01	Motor	Monitoreo	Comprobación de la existencia de ruidos anómalos (indicando donde se detectan). Toma de datos de las RPM del motor. Toma de datos de la temperatura del motor.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.	Tacómetro. Medidor de Temperatura	7	Operador del Molino 01	0:03:00
	Motor	Limpieza	Se limpiarán las bobinas del motor, para asegurar su correcto funcionamiento.	01 trapo Industrial. Solvente.	Compresor de Aire.	30	Técnico de Planta	0:20:00
	Motor	Lubricación	Limpiar zona y verificar la temperatura de los cojinetes, luego engrasar para su correcto funcionamiento.	01 trapo Industrial. Grasa.	Controlador de Temperatura. Engrasadora.	60	Técnico de Planta	2:00:00
	Rotor	Monitoreo	Monitorear el tamaño de las hojuelas. Comprobar ausencia de fracturas en los dientes del rotor.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		30	Técnico de Planta	0:20:00
	Rotor	Rellenado y balanceo	Rellenado de los dientes del rotor del molino mediante el uso de soldadura. Balanceo del rotor	Soldadura (según sea el trabajo). 01 Disco de desbaste. 01 Disco de corte.	Máquina de soldar. Lima de fierro. Balanceador. Amoladora.	150	Servicio de tercero	10:00:00
	Cámara de trituración	Monitoreo	Monitorear el tamaño de las hojuelas. Comprobar ausencia de fracturas en la cámara de trituración.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		30	Técnico de Planta	0:15:00
	Cámara de trituración	Rellenado	Rellenado de los dientes de la cámara de trituración del molino mediante el uso de soldadura.	Soldadura (según sea el trabajo). 01 Disco de desbaste. 01 Disco de corte.	Máquina de soldar. Lima de fierro. Amoladora	150	Servicio de tercero	10:00:00
	Malla selectora	Monitoreo	Verificar roturas o daños en la malla selectora.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		15	Operador del Molino 01	0:15:00
	Malla selectora	Reemplazo	Sustitución de malla selectora	Soldadura (según sea el trabajo). 01 Disco de desbaste. 01 Disco de corte.	Máquina de soldar. Lima de fierro. Amoladora	60	Técnico de Planta	0:45:00
	Cubiertas y guardas	Monitoreo	Verificar roturas, daños o fracturas en las cubiertas y guardas	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		30	Operador del Molino 01	0:15:00
	Cubiertas y guardas	Apuntalado	Apuntalado o fijado de cubiertas y guardas	Soldadura (según sea el trabajo). 01 Disco de desbaste. 01 Disco de corte.	Máquina de soldar. Lima de fierro. Amoladora	60	Técnico de Planta	0:30:00
	Faja de transmisión	Monitoreo	Verificar roturas, daños o fracturas en las cubiertas y guardas	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		30	Operador del Molino 01	0:05:00
	Faja de transmisión	Reemplazo	Sustitución de fajas de transmisión	01 trapo industrial. 03 Fajas.	Desarmador plano. Desarmador Estrella.	150	Técnico de Planta	0:15:00
	Cojinete del rotor	Monitoreo	Toma de datos de temperatura en cojinetes y rodamientos	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		15	Operador del Molino 01	0:10:00
	Cojinete del rotor	Lubricación	Limpiar zona y verificar la temperatura de los cojinetes, luego engrasar para su correcto funcionamiento.	01 trapo Industrial. Grasa.	Controlador de Temperatura. Engrasadora.	60	Técnico de Planta	0:20:00
Cojinete del rotor	Reemplazo	Sustitución de los cojinetes del rotor del molino	01 trapo industrial. 02 Cojinetes.	Llave Rache. Dados N° 12 y 14	150	Técnico de Planta	1:30:00	
Polea del motor	Monitoreo	Verificar roturas, daños o fracturas en la polea.	01 Trapo Industrial. Tabla de apuntes.		30	Operador del Molino 01	0:15:00	

	Polea del motor	Reemplazo	Sustitución de la polea.	01 polea de 03 canales de 6 In. de Diámetro	Llave Allen 1/2'. Desarmador plano.	150	Técnico de Planta	0:30:00
	Cuadro eléctrico	Monitoreo	Inspeccionar el cuadro eléctrico para comprobar que no hay elementos sueltos o en mal estado.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.	Multímetro	15	Técnico de Planta	0:30:00
	Cuadro eléctrico	Monitoreo	Inspeccionar y medir la carga del cableado.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.	Pinza perimétrica, Multímetro	15	Técnico de Planta	0:30:00
MOLINO DE POLIPROPILENO 02	Motor	Monitoreo	Comprobación de la existencia de ruidos anómalos (indicando donde se detectan). Toma de datos de las RPM del motor. Toma de datos de la temperatura del motor.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.	Tacómetro. Medidor de Temperatura.	7	Operador del Molino 02	0:03:00
	Motor	Limpieza	Se limpiarán las bobinas del motor, para asegurar su correcto funcionamiento.	01 trapo Industrial. Solvente.		30	Técnico de Planta	0:20:00
	Motor	Lubricación	Limpieza zona y verificar la temperatura de los cojinetes, luego engrasar para su correcto funcionamiento.	01 trapo Industrial. Grasa.	Controlador de Temperatura. Engrasadora.	60	Técnico de Planta	2:00:00
	Rotor	Monitoreo	Monitorear el tamaño de las hojuelas. Comprobar ausencia de fracturas en los dientes del rotor.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		30	Técnico de Planta	0:20:00
	Rotor	Rellenado y balanceo	Rellenado de los dientes del rotor del molino mediante el uso de soldadura. Balanceo del rotor	Soldadura (según sea el trabajo). 01 Disco de desbaste. 01 Disco de corte.	Máquina de soldar. Lima de fierro. Balanceador. Amoladora.	150	Servicio de tercero	10:00:00
	Cámara de trituración	Monitoreo	Monitorear el tamaño de las hojuelas. Comprobar ausencia de fracturas en la cámara de trituración.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		30	Técnico de Planta	0:15:00
	Cámara de trituración	Rellenado	Rellenado de los dientes de la cámara de trituración del molino mediante el uso de soldadura.	Soldadura (según sea el trabajo). 01 Disco de desbaste. 01 Disco de corte.	Máquina de soldar. Lima de fierro. Amoladora	150	Servicio de tercero	10:00:00
	Malla selectora	Monitoreo	Verificar roturas o daños en la malla selectora.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		15	Operador del Molino 02	0:15:00
	Malla selectora	Reemplazo	Sustitución de malla selectora	Soldadura (según sea el trabajo). 01 Disco de desbaste. 01 Disco de corte.	Máquina de soldar. Lima de fierro. Amoladora	60	Técnico de Planta	0:45:00
	Cubiertas y guardas	Monitoreo	Verificar roturas, daños o fracturas en las cubiertas y guardas	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		30	Operador del Molino 02	0:15:00
	Cubiertas y guardas	Apuntalado	Apuntalado o fijado de cubiertas y guardas	Soldadura (según sea el trabajo). 01 Disco de desbaste. 01 Disco de corte.	Máquina de soldar. Lima de fierro. Amoladora	60	Técnico de Planta	0:30:00
	Faja de transmisión	Monitoreo	Verificar roturas, daños o fracturas en las cubiertas y guardas	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		30	Operador del Molino 02	0:05:00
	Faja de transmisión	Reemplazo	Sustitución de fajas de transmisión	01 trapo industrial. 03 Fajas.	Desarmador plano. Desarmador Estrella.	150	Técnico de Planta	0:15:00
	Cojinete del rotor	Monitoreo	Toma de datos de temperatura en cojinetes y rodamientos	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		15	Operador del Molino 02	0:10:00
	Cojinete del rotor	Lubricación	Limpieza zona y verificar la temperatura de los cojinetes, luego engrasar para su correcto funcionamiento.	01 trapo Industrial. Grasa.	Controlador de Temperatura. Engrasadora.	60	Técnico de Planta	0:20:00

	Cojinete del rotor	Reemplazo	Sustitución de los cojinetes del rotor del molino	01 trapo industrial. 02 Cojinetes.	Llave Rache. Dados N° 12 y 14	150	Técnico de Planta	1:30:00
	Polea del motor	Monitoreo	Verificar roturas, daños o fracturas en la polea.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		30	Operador del Molino 02	0:15:00
	Polea del motor	Reemplazo	Sustitución de la polea.	01 polea de 03 canales de 6 In. de Diámetro	Llave Allen 1/2'. Desarmador plano.	150	Técnico de Planta	0:30:00
	Cuadro eléctrico	Monitoreo	Inspeccionar el cuadro eléctrico para comprobar que no hay elementos sueltos o en mal estado.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.	Multímetro	15	Técnico de Planta	0:30:00
	Cuadro eléctrico	Reemplazo	Reemplazo de Relés y contactores	03 relés 02 contactores	Desarmador plano Desarmador de estrella. Alicate de punta. Cinta aislante. Multímetro	300	Técnico de Planta	1:00:00
	Cuadro eléctrico	Monitoreo	Inspeccionar y medir la carga del cableado.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.	Pinza perimétrica, Multímetro	30	Técnico de Planta	0:30:00
	Cuadro eléctrico	Reemplazo	Reemplazo de botonera.	02 botones.	Desarmador plano Desarmador de estrella. Alicate de punta. Cinta aislante. Multímetro	150	Técnico de Planta	0:30:00
	Tuercas de anclaje	Monitoreo	Verificar roturas, daños o fracturas en las tuercas de anclaje.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		30	Operador del Molino 02	0:15:00
	Tuercas de anclaje	Reemplazo	Sustitución de las tuercas de anclaje.	08 tuercas	Llave Rache. Dados N° 16	150	Técnico de Planta	1:00:00
EXTRUSOR - PELETIZADOR	Granulador	Monitoreo	Verificar roturas, daños o fracturas en el granulador.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		30	Operador de Extrusora/Pel.	0:03:00
	Granulador	Reemplazo	Sustitución del granulador	01 granulador. 01 Trapo industrial	Llave Rache. Dados N° 10	150	Técnico de Planta	0:20:00
	Tanque de enfriamiento	Monitoreo	Verificar roturas, daños por corrosión o fracturas en el Tanque.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		30	Operador de Extrusora/Pel.	0:15:00
	Tanque de enfriamiento	Tratamiento anticorrosivo	Limpieza del área corroída. Rellenar grietas o fracturas con soldadura. Aplicar Base anticorrosiva. Aplicar pintura.	Soldadura (según sea el trabajo). 01 Disco de desbaste. 01 Disco de corte. 1/2 gal. De base anticorrosiva. 1/2 gal. De Pintura esmalte 01 gal. De Solvente 05 Trapo Industrial 02 Lija de Fierro.	Máquina de soldar. Lima de fierro. Amoladora. Compresor neumático. Pistola de pintura.	150	Servicio de tercero	4:00:00
	Cuadro eléctrico	Monitoreo	Inspeccionar el cuadro eléctrico para comprobar que no hay elementos sueltos o en mal estado.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.	Multímetro	15	Técnico de Planta	0:20:00
	Cuadro eléctrico	Monitoreo	Inspeccionar y medir la carga del cableado.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.	Pinza perimétrica.	15	Técnico de Planta	0:30:00
	Cuadro eléctrico	Reemplazo	Reemplazo de Relés y contactores	01 relé 01 Contactor	Desarmador plano Desarmador de estrella. Alicate de punta. Cinta aislante. Multímetro	300	Técnico de Planta	1:00:00

Resistencias del extrusor	Monitoreo	Inspeccionar y medir la carga del cableado que alimenta a las resistencias.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.	Pinza perimétrica.	30	Técnico de Planta	0:30:00
Resistencias del extrusor	Reemplazo	Sustitución de resistencia del extrusor.	01 resistencia 02 Conectores. 1/2 gal. De Solvente. 04 Trapo industrial.	Desarmador plano. Desarmador Estrella. Llave Rache. Dado N° 08. Alicates.	150	Técnico de Planta	3:00:00
Tornillo sin fin del extrusor	Monitoreo	Verificar roturas, daños o fracturas en el Tornillos Sinfín.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		60	Operador de Extrusora/Pel.	0:30:00
Tornillo sin fin del extrusor	Tratamiento Térmico	Aplicar tratamiento térmico con la finalidad de mantener la dureza del tornillo.		Desarmador plano. Desarmador Estrella. Llave Rache. Dado N° 08. Alicates.	150	Servicio de tercero	13:00:00
Tornillo sin fin del extrusor	Rellenado	Rellenado de las orillas del tornillo sinfín mediante el uso de soldadura.	Soldadura (según sea el trabajo). 01 Disco de desbaste. 01 Disco de corte.	Máquina de soldar. Lima de fierro. Amoladora	150	Servicio de tercero	3:00:00
Cubiertas y guardas estructurales	Monitoreo	Verificar roturas, daños o fracturas en la Tolva.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.		30	Operador de Extrusora/Pel.	0:10:00
Cubiertas y guardas estructurales	Apuntalado	Apuntalado o fijado de lados de la Tolva de Ingreso	Soldadura (según sea el trabajo). 01 Disco de desbaste. 01 Disco de corte.	Máquina de soldar. Lima de fierro. Amoladora	150	Técnico de Planta	1:30:00
Actuador neumático	Monitoreo	Verificar roturas, daños o fracturas en el actuador neumático y tuberías. Así mismo comprobar la existencia de fugas de aire.	01 trapo Industrial.		30	Operador de Extrusora/Pel.	0:30:00
Actuador neumático	Limpieza	Se limpiará el exceso de polvo y material particulado, asentado en el área del actuador.	01 trapo Industrial. Solvente.		15	Operador de Extrusora/Pel.	0:10:00
Actuador neumático	Lubricación	Limpiar zona y verificar el actuar del componente luego engrasar para su correcto funcionamiento.	01 trapo Industrial. Grasa.	Controlador de Temperatura. Engrasadora.	30	Técnico de Planta	0:20:00
Compresor neumático	Monitoreo	Verificar roturas, daños o fracturas en el compresor neumático, tuberías y válvulas. Comprobar la existencia de fugas de aire. Comprobar el funcionamiento de los indicadores de presión.	01 trapo Industrial. Tabla de apuntes.	01 manómetro.	30	Operador de Extrusora/Pel.	0:20:00
Compresor neumático	Reemplazo	reemplazo del presostato o válvula de control de presión,	01 presostato 01 cinta teflón	Llave Inglesa	150	Técnico de Planta	0:20:00
Compresor neumático	Reemplazo	reemplazo de válvula Relife o válvula de alivio o también llamada válvula de emergencia,	01 válvula de alivio 01 cinta teflón	Llave Inglesa	150	Técnico de Planta	0:20:00

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

3.2.4.7. Análisis para la Ejecución Del Plan De Mantenimiento

En el presente análisis, previo al cronograma de mantenimiento, tiene por finalidad clasificar las actividades de mantenimiento propuestas en el plan de mantenimiento según el requerimiento de parada de máquina para la ejecución de estas.

Las actividades de mantenimiento fueron divididas en 02 tipos, las que requieren parada de máquina y las que no requieren parada de máquina, al mismo tiempo, estas actividades se subdividen en 02 tipos, actividades de mantenimiento realizadas durante el proceso de producción y actividades de mantenimiento realizadas fuera del tiempo del proceso productivo, como se muestra en la tabla 31.

Tal y como observamos en la tabla 32, en la propuesta de gestión de mantenimiento para un año de labores, encontramos las divisiones y subdivisiones de las actividades de mantenimiento, identificamos que dentro de las actividades que requieren parada de máquina y que deben realizarse en el proceso de producción a los equipos críticos son un total de 30 y toman un tiempo total de 26 horas y 40 minutos, de igual forma, las actividades que se realizaran fuera de las horas establecidas para el proceso productivo son un total de 163 y llevan un tiempo total de 180 horas y 10 minutos.

Por otro lado, en la tabla 33, tenemos las actividades de mantenimiento que no requieren parada de máquina, que, de igual forma, tenemos las que son realizadas durante el proceso de producción (en su mayoría monitoreo por parte de los mismos operarios) son 274 y toman un tiempo de 49 horas y 12 minutos, y las actividades realizadas fuera del proceso de producción, que son un total de 114 actividades y toman 56 horas y 40 minutos.

Tabla 31: Análisis detallado del Plan de Mantenimiento

Equipo	Componente	Trabajos a realizar	Responsable	Requiere parada de maquinaria	Se realizada durante proceso de producción	Cantidad de mantenimientos / año	Tiempo total para mantenimientos (horas / año)
Molino 01	Motor	Monitoreo	Operador del Molino 01	NO	SI	42	2:06:00
Molino 01	Motor	Limpieza	Técnico de Planta	SI	NO	10	3:20:00
Molino 01	Motor	Lubricación	Técnico de Planta	SI	SI	5	10:00:00
Molino 01	Rotor	Monitoreo	Técnico de Planta	SI	NO	10	3:20:00
Molino 01	Rotor	Rellenado y balanceo	Servicio de tercero	SI	NO	2	20:00:00
Molino 01	Cámara de trituración	Monitoreo	Técnico de Planta	SI	NO	10	2:30:00
Molino 01	Cámara de trituración	Rellenado	Servicio de tercero	SI	NO	2	20:00:00
Molino 01	Malla selectora	Monitoreo	Operador del Molino 01	NO	SI	20	5:00:00
Molino 01	Malla selectora	Reemplazo	Técnico de Planta	SI	NO	5	3:45:00
Molino 01	Cubiertas y guardas	Monitoreo	Operador del Molino 01	NO	SI	10	2:30:00
Molino 01	Cubiertas y guardas	Apuntalado	Técnico de Planta	NO	NO	5	2:30:00
Molino 01	Faja de transmisión	Monitoreo	Operador del Molino 01	SI	NO	10	0:50:00
Molino 01	Faja de transmisión	Reemplazo	Técnico de Planta	SI	NO	2	0:30:00
Molino 01	Cojinete del rotor	Monitoreo	Operador del Molino 01	NO	SI	20	3:20:00
Molino 01	Cojinete del rotor	Lubricación	Técnico de Planta	SI	SI	5	1:40:00
Molino 01	Cojinete del rotor	Reemplazo	Técnico de Planta	SI	NO	2	3:00:00
Molino 01	Polea del motor	Monitoreo	Operador del Molino 01	NO	SI	10	2:30:00
Molino 01	Polea del motor	Reemplazo	Técnico de Planta	SI	NO	2	1:00:00
Molino 01	Cuadro eléctrico	Monitoreo	Técnico de Planta	NO	NO	20	10:00:00
Molino 01	Cuadro eléctrico	Monitoreo	Técnico de Planta	SI	NO	20	10:00:00
Molino 02	Motor	Monitoreo	Operador del Molino 02	NO	SI	42	2:06:00
Molino 02	Motor	Limpieza	Técnico de Planta	SI	NO	10	3:20:00
Molino 02	Motor	Lubricación	Técnico de Planta	SI	SI	5	10:00:00
Molino 02	Rotor	Monitoreo	Técnico de Planta	SI	NO	10	3:20:00
Molino 02	Rotor	Rellenado y balanceo	Servicio de tercero	SI	NO	2	20:00:00
Molino 02	Cámara de trituración	Monitoreo	Técnico de Planta	SI	NO	10	2:30:00
Molino 02	Cámara de trituración	Rellenado	Servicio de tercero	SI	NO	2	20:00:00
Molino 02	Malla selectora	Monitoreo	Operador del Molino 02	NO	SI	20	5:00:00
Molino 02	Malla selectora	Reemplazo	Técnico de Planta	SI	NO	5	3:45:00
Molino 02	Cubiertas y guardas	Monitoreo	Operador del Molino 02	NO	SI	10	2:30:00
Molino 02	Cubiertas y guardas	Apuntalado	Técnico de Planta	NO	NO	5	2:30:00
Molino 02	Faja de transmisión	Monitoreo	Operador del Molino 02	SI	NO	10	0:50:00
Molino 02	Faja de transmisión	Reemplazo	Técnico de Planta	SI	NO	2	0:30:00
Molino 02	Cojinete del rotor	Monitoreo	Operador del Molino 02	NO	SI	20	3:20:00
Molino 02	Cojinete del rotor	Lubricación	Técnico de Planta	SI	SI	5	1:40:00
Molino 02	Cojinete del rotor	Reemplazo	Técnico de Planta	SI	NO	2	3:00:00

Molino 02	Polea del motor	Monitoreo	Operador del Molino 02	NO	SI	10	2:30:00
Molino 02	Polea del motor	Reemplazo	Técnico de Planta	SI	NO	2	1:00:00
Molino 02	Cuadro eléctrico	Monitoreo	Técnico de Planta	NO	NO	20	10:00:00
Molino 02	Cuadro eléctrico	Reemplazo	Técnico de Planta	SI	NO	1	1:00:00
Molino 02	Cuadro eléctrico	Monitoreo	Técnico de Planta	NO	NO	10	5:00:00
Molino 02	Cuadro eléctrico	Reemplazo	Técnico de Planta	SI	NO	2	1:00:00
Molino 02	Tuercas de anclaje	Monitoreo	Operador del Molino 02	NO	SI	10	2:30:00
Molino 02	Tuercas de anclaje	Reemplazo	Técnico de Planta	NO	NO	2	2:00:00
Extrusor/ Pelletizador	Granulador	Monitoreo	Operador de Extrusora/Pel.	SI	NO	10	0:30:00
Extrusor/ Pelletizador	Granulador	Reemplazo	Técnico de Planta	SI	NO	2	0:40:00
Extrusor/ Pelletizador	Tanque de enfriamiento	Monitoreo	Operador de Extrusora/Pel.	NO	SI	10	2:30:00
Extrusor/ Pelletizador	Tanque de enfriamiento	Tratamiento anticorrosivo	Servicio de tercero	SI	NO	2	8:00:00
Extrusor/ Pelletizador	Cuadro eléctrico	Monitoreo	Técnico de Planta	NO	NO	20	6:40:00
Extrusor/ Pelletizador	Cuadro eléctrico	Monitoreo	Técnico de Planta	NO	NO	20	10:00:00
Extrusor/ Pelletizador	Cuadro eléctrico	Reemplazo	Técnico de Planta	SI	NO	1	1:00:00
Extrusor/ Pelletizador	Resistencias del extrusor	Monitoreo	Técnico de Planta	NO	NO	10	5:00:00
Extrusor/ Pelletizador	Resistencias del extrusor	Reemplazo	Técnico de Planta	SI	NO	2	6:00:00
Extrusor/ Pelletizador	Tornillo sin fin del extrusor	Monitoreo	Operador de Extrusora/Pel.	SI	NO	5	2:30:00
Extrusor/ Pelletizador	Tornillo sin fin del extrusor	Tratamiento Termico	Servicio de tercero	SI	NO	2	26:00:00
Extrusor/ Pelletizador	Tornillo sin fin del extrusor	Rellenado	Servicio de tercero	SI	NO	2	6:00:00
Extrusor/ Pelletizador	Cubiertas y guardas estructurales	Monitoreo	Operador de Extrusora/Pel.	NO	SI	10	1:40:00
Extrusor/ Pelletizador	Cubiertas y guardas estructurales	Apuntalado	Técnico de Planta	NO	NO	2	3:00:00
Extrusor/ Pelletizador	Actuador neumático	Monitoreo	Operador de Extrusora/Pel.	NO	SI	10	5:00:00
Extrusor/ Pelletizador	Actuador neumático	Limpieza	Operador de Extrusora/Pel.	NO	SI	20	3:20:00
Extrusor/ Pelletizador	Actuador neumático	Lubricación	Técnico de Planta	SI	SI	10	3:20:00
Extrusor/ Pelletizador	Compresor neumático	Monitoreo	Operador de Extrusora/Pel.	NO	SI	10	3:20:00
Extrusor/ Pelletizador	Compresor neumático	Reemplazo	Técnico de Planta	SI	NO	2	0:40:00
Extrusor/ Pelletizador	Compresor neumático	Reemplazo	Técnico de Planta	SI	NO	2	0:40:00

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

Tabla 32: Actividades de Mantenimiento que Requieren Parada de Máquina

ACTIVIDADES	ACTIVIDADES / AÑO	TIEMPO PARA ACTIVIDADES
Durante el proceso de producción	30	26:40:00
Fuera del proceso de producción	163	180:30:00
TOTAL	193	207:10:00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33: Actividades de Mantenimiento que No Requieren Parada de Máquina

ACTIVIDADES	ACTIVIDADES / AÑO	TIEMPO PARA ACTIVIDADES
Durante el proceso de producción	274	49:12:00
Fuera del proceso de producción	114	56:40:00
TOTAL	388	105:52:00

Fuente: Elaboración Propia

3.2.4.8. Cronograma de Mantenimiento:

El cronograma de mantenimiento para los equipos críticos fue desarrollado a partir del plan de mantenimiento y su análisis, este se encuentra ubicado en el anexo 13.

3.2.5. Planeamiento de Herramientas y materiales.

El procedimiento de compra de equipos, herramientas y elementos de protección se presenta a continuación, en la figura 12, este se aplica de no tener un proveedor específico.

El Jefe del departamento de mantenimiento es el responsable de definir qué equipos, herramientas y elementos de protección personal se comprarán, así mismo, deberá de coordinar con el área de Gerencia de producción la búsqueda de un sólo proveedor para: elementos mecánicos (llaves, desarmadores, tecles, máquinas de soldar, etc.), elementos eléctricos/electrónicos (relés, contactores, elementos de medición y calibración, cables eléctricos, etc.) y equipos de protección personal (guantes, lentes, botas, arneses, mascarillas, etc.). Algunos puntos a considerar en este aspecto son los siguientes:

- Características específicas de los elementos a adquirir.
- Condiciones de pago.
- Calidad y garantía de los elementos.
- Se solicitará una cotización formal por escrito para la evaluación de compra.
- Durante la evaluación de proveedores, tener como mínimo a 03 postores para la decisión de compra.
- El proveedor elegido debe realizar una presentación para demostrar el correcto uso de los equipos y componentes sin costo alguno.
- Cada familia de equipo o componente debe estar acompañado de una ficha técnica, certificado de calidad y garantía de uso.

Estos documentos formarán parte de los archivos técnicos del área

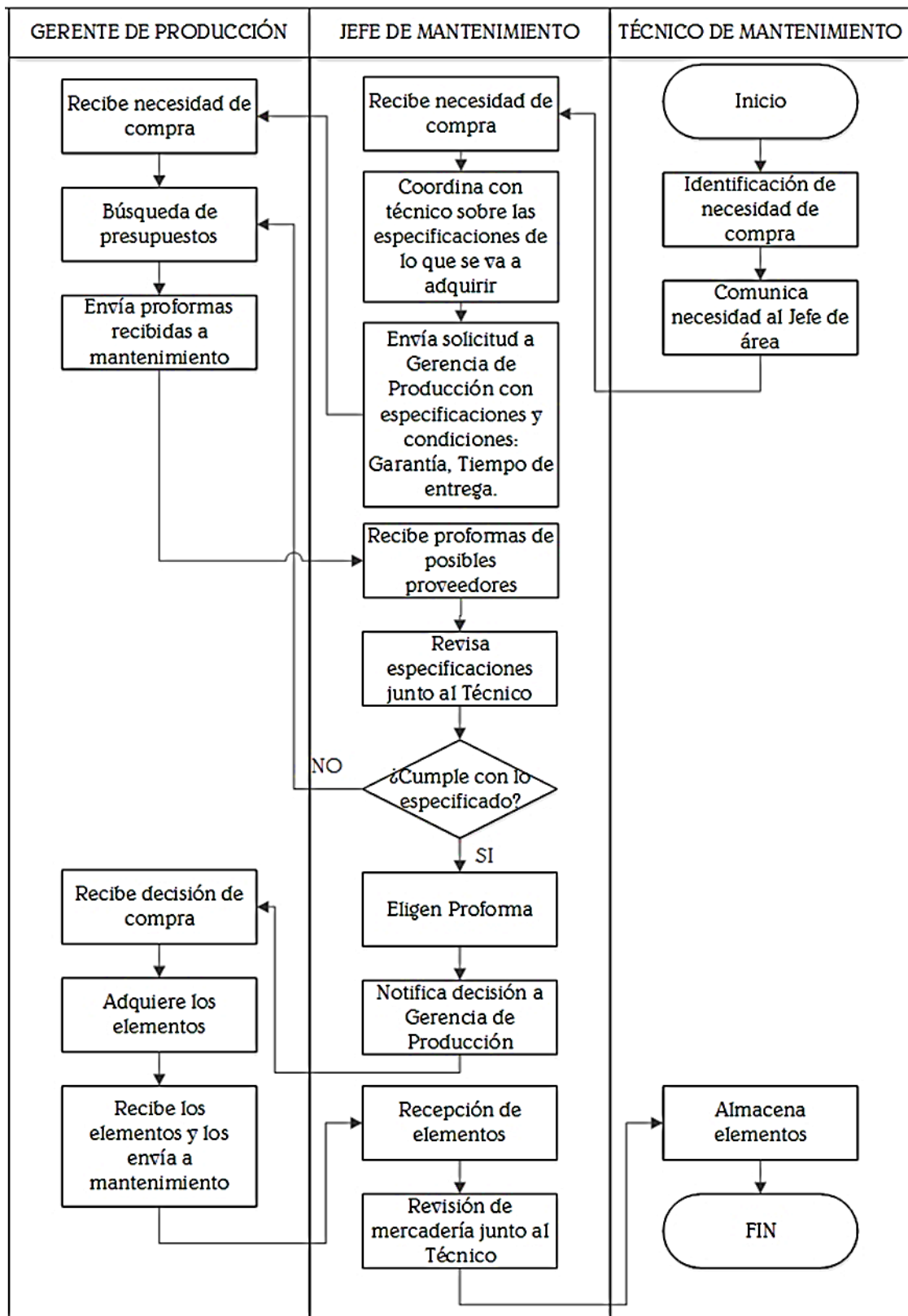


Figura 12: Procedimiento de compras

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5.1. Uso de herramientas y equipos.

Es oportuno ejecutar una revisión relativa a las prácticas y manejo de herramientas durante el desarrollo de las actividades de mantenimiento. Como ya se ha mencionado, hasta el momento la empresa se ha manejado de forma empírica, sumado a la contratación de un personal de apoyo, puede que el equipo técnico tenga algunas fallas por la falta de conocimiento en cuanto al correcto uso de herramientas y equipos.

Es recomendable programar un entrenamiento del personal para mejorar estas falencias. Este entrenamiento debe ser realizado por el proveedor actual de equipos y herramientas.

Después de dicho entrenamiento, la manera en cuanto al uso de herramientas y equipos debe ser revisada y constatada en planta, al personal de mantenimiento, en intervalos de 6 meses durante los siguientes 12 meses.

De manera conjunta a la adquisición de nuevos equipos, herramientas, no podíamos dejar de lado la implementación de los elementos de protección personal, los cuales serán sumados como parte de esta etapa.

Para la propuesta de esta gestión de mantenimiento se ha calculado un total de S/ 5 505,00 Soles, para la implementación de Herramientas y materiales, como se detalla en las tablas 34 (*Materiales para la gestión de mantenimiento*), 35 (*Herramientas para la gestión de mantenimiento*) y 36 (*Útiles y activos de Oficina para la gestión de mantenimiento*).

Tabla 34: Materiales para la gestión de mantenimiento

MATERIALES PARA MANTENIMIENTOS	EN PLANTA SI O NO	UNID.	CANT.	PRECIO /UNIDAD (S/)	PRECIO TOTAL (S/)
Tabla de apuntes.	NO	Unid.	2	5,00	10,00
papel x 500 und	NO	Unid.	1	10,00	10,00
lapiceros faber castell	NO	Unid.	10	0,50	5,00
Trapo Industrial x 05 Kg	NO	Kg.	4	26,90	107,60
Solvente Thinner Acrilico x3,5 Lt	NO	Lt	5	24,90	124,50
Solvente Thinner estándar x3 Lt	NO	Lt	2	14,90	29,80
Grasa para engranajes x 80 gr.	NO	Unid.	3	27,90	83,70
Grasa Multiproposito x 1 Lb	NO	Lb	2	9,90	19,80
Desengrasante WD 40 x 8 Oz	NO	Unid.	2	22,80	45,60
Desengrasante x01 gal.	NO	Gal.	2	27,90	55,80
Soldadura Indura 230p 1/8 x 1Kg	NO	Kg.	2	12,90	25,80
Soldadura Indura 230p 3/32 x 1Kg	NO	Kg.	2	13,50	27,00
Soldadura Indura 6011 1/8 x1Kg	NO	Kg.	2	12,50	25,00
Soldadura Indura 6011 3/32 x1Kg	NO	Kg.	2	11,90	23,80
Disco de corte Bosch 7"	NO	Unid.	10	12,90	129,00
Disco de desbaste Bosch 7"	NO	Unid.	4	9,90	39,60
Fajas. Dentada	NO	Und	6	100,00	600,00
Cojinetes	NO	Und	8	20,00	160,00
Polea de 03 canales de 6 In. de Diámetro	NO	Und	1	100,00	100,00
Relé Tripolar 12A a 18A Schneider Electric	NO	Und.	3	84,90	254,70
Contactador 18A Schneider Electric	NO	Und.	3	69,90	209,70
Botonera On-Off General Electric	NO	Und.	2	79,90	159,80
Interruptor Termomagnético Tornillo 2x20A General Electric	NO	Und.	3	39,90	119,70
Interruptor Termomagnético Tornillo 3x20A General Electric	NO	Und.	3	89,90	269,70
Tuercas 1/2 "	NO	Und.	8	5,00	40,00
Granulador.	NO	Und.	1	100,00	100,00
Resistencia de Extrusor	NO	Und	1	250,00	250,00
Conectores de resistencia	NO	Und	1	5,00	5,00
Valvula de alvivo	NO	Und	1	15,00	15,00
Presostato	NO	Und	1	15,00	15,00
Cinta Aislante	NO	Und	5	3,00	15,00
Cinta teflon	NO	Und	5	1,00	5,00
Tabla de apuntes.	NO	Unid.	2	5,00	10,00
papel x 500 und	NO	Unid.	1	10,00	10,00
lapiceros faber castell	NO	Unid.	10	0,50	5,00
Total					3080,60

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35: Herramientas para la gestión de mantenimiento

MATERIALES PARA MANTENIMIENTOS	EN PLANTA SI O NO	UNID.	CANT.	PRECIO /UNIDAD (S/)	PRECIO TOTAL (S/)
Tacómetro.	NO	Unid.	1	100,00	100,00
Engrasadora.	SI	Unid.	1	0,00	0,00
Compresor de Aire.	SI	Unid.	1	0,00	0,00
Controlador de Temperatura.	NO	Unid.	1	100,00	100,00
Máquina de soldar.	SI	Unid.	1	0,00	0,00
Amoladora.	SI	Unid.	1	0,00	0,00
Lima de fierro.	SI	Unid.	1	0,00	0,00
Balanceado de rotor	NO	Unid.	1	200	200,00
Juego de desarmadores estándar	SI	Unid.	1	0	0,00
Juego de desarmadores para electricista	NO	Unid.	1	100	100,00
llave Rache	SI	Unid.	1	0	0,00
Juego de Dados	SI	Unid.	1	0	0,00
Juego de llaves Allen	SI	Unid.	1	0	0,00
Multímetro	SI	Unid.	1	0	0,00
Pinza perimétrica	NO	Unid.	1	100	100,00
Alicate de punta	NO	Unid.	1	20	20,00
Alicate de corte	NO	Unid.	1	20	20,00
Alicate Simple	SI	Unid.	1	0	0,00
Pistola de pintura	SI	Unid.	1	0	0,00
Manguera para Aire	SI	Unid.	1	0	0,00
Total					640,00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36: Útiles y activos de Oficina para la gestión de mantenimiento

MATERIALES PARA MANTENIMIENTOS	EN PLANTA SI O NO	UNID.	CANT.	PRECIO /UNIDAD (S/)	PRECIO TOTAL (S/)
Tabla de apuntes.	NO	Unid.	2	5,00	10,00
papel x 500 und	NO	Unid.	5	10,00	50,00
lapiceros Faber Castell	NO	Unid.	20	0,50	10,00
Impresora multifuncional	NO	Unid.	1	200,00	200,00
Timtas para impresora negra x500 ml	NO	Unid.	1	30,00	30,00
Computadora	NO	Lt	1	1200,00	1200,00
Pioner Archivador	NO	Unid.	10	5,00	50,00
Mueble Archivador	NO	Unid.	1	200,00	200,00
fastender para folder	NO	Unid.	50	0,20	10,00
folder manila	NO	Unid.	50	0,50	25,00
Tabla de apuntes.	NO	Unid.	2	5,00	10,00
Total					1785,00

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5.2. Aceites, lubricantes y limpiadores sintéticos

El cambio de aceites en reductores, barnizado de bobina de motores eléctricos, lubricación de guías y limpieza de componentes mecánicos y eléctricos son tareas de mantenimiento que requerirán el uso de aceites, lubricantes y limpiadores sintéticos.

Adquisición:

La adquisición de estos elementos deberá seguir el mismo procedimiento y puntos a considerar al igual que las herramientas y equipos comentados anteriormente incluyendo también lo siguiente:

- Hoja de seguridad de la sustancia química a adquirir.
- Procedimientos de manejo o disposición final de los desechos originados por estas sustancias.

3.2.5.3. Consideraciones durante los trabajos.

Deberá quedar totalmente prohibido, y bajo pena de amonestación, el dejar aceites, grasas y elementos químicos de limpieza deteriorados o utilizados en las zonas de trabajo llámense a la Línea de Producción. El no tener especial cuidado en este tema, puede originar derrames en las instalaciones y ser fuente de incendios y contaminación del ambiente (emanaciones de gases tóxicos).

Control de existencias:

Mensualmente se deberá revisar el estado y número de los materiales, equipos y herramientas a fin de proveer elementos de trabajo en óptima calidad que garanticen un trabajo seguro y controlar las existencias para evitar pérdida y extravío de los mismos.

En caso ocurra alguna anomalía en este sentido, será necesario la presentación de un informe que explique lo acontecido. Dicho informe será elaborado por el Técnico de mantenimiento y presentado al jefe de área para su conocimiento.

3.2.6. Subcontratación de empresas.

Denominamos subcontratación de empresas, cuando nuestra empresa contrata a otra empresa que pueda brindar servicios especializados de mantenimiento a componentes específicos de las máquinas como tratamientos térmicos o rellenados por soldadura y calibración de rotores. La contratación de estas empresas obedece al procedimiento mostrado en la figura 13.

Tabla 37: Costo de mantenimientos subcontratados

MÁQUINA	COMPONENTE	TRABAJO A REALIZAR	PRECIO	FREC. /AÑO	PRECIO TOTAL
Extrusor/Pelletizador	Tanque de enfriamiento	Tratamiento anticorrosivo	150,00	2	300,00
Extrusor/Pelletizador	Tornillo sin fin del extrusor	Tratamiento Térmico	800,00	2	1600,00
Extrusor/Pelletizador	Tornillo sin fin del extrusor	Rellenado	500,00	2	1000,00
Molino 01	Rotor	Rellenar dientes de cámara de trituración.	500,00	2	1000,00
Molino 01	Cámara de trituración	Reemplazo de malla selectora.	500,00	2	1000,00
Molino 02	Rotor	Rellenar dientes de cámara de trituración.	500,00	2	1000,00
Molino 02	Cámara de trituración	Reemplazo de malla selectora.	500,00	2	1000,00
Total					6900,00

Fuente: Elaboración Propia

Para la propuesta de esta gestión de mantenimiento se ha calculado un total de S/ 6 900,00 Soles, para mantenimientos realizados por empresas especializadas en la modalidad de subcontratación y de detalla en la tabla 37.

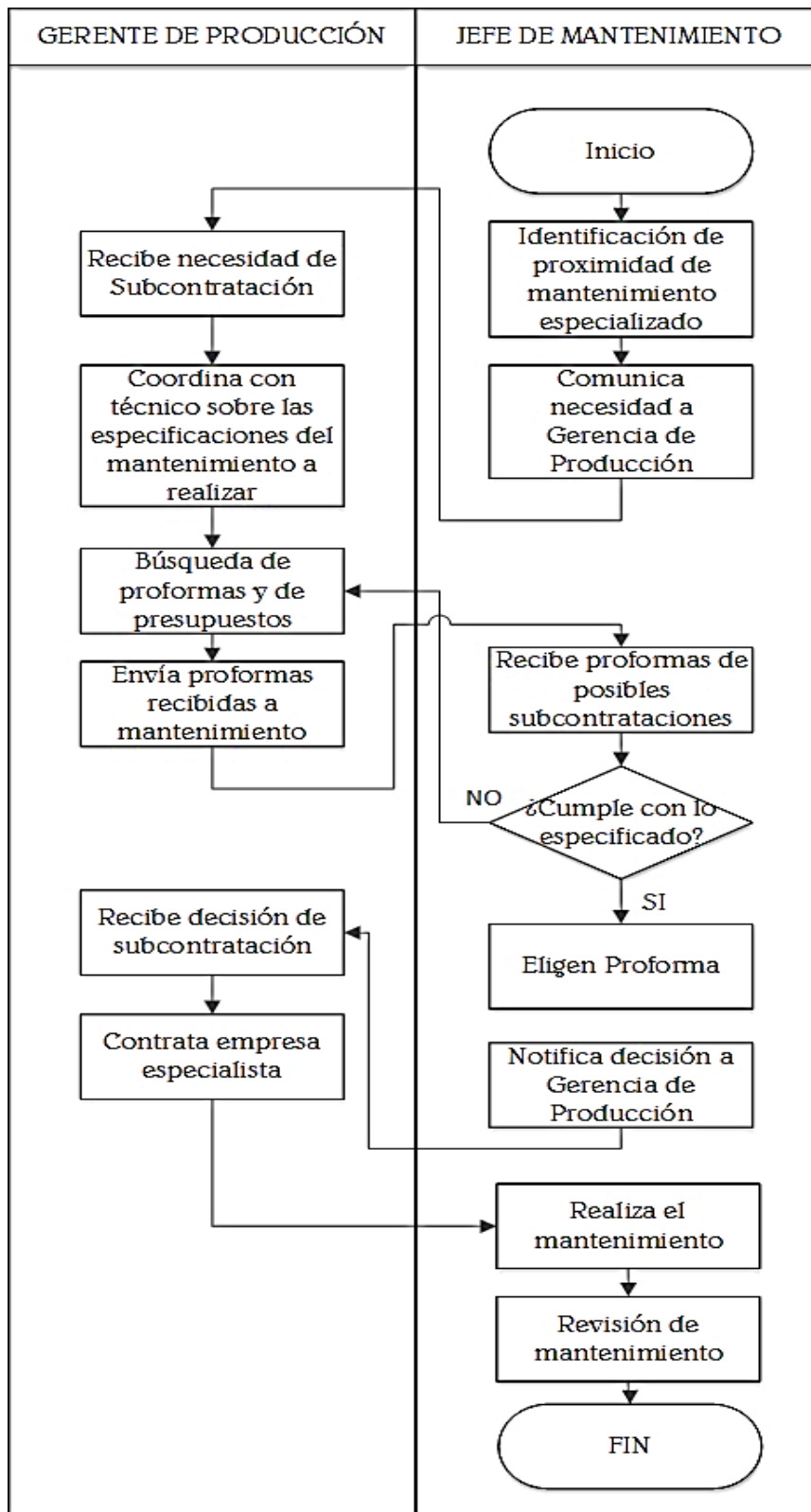


Figura 13: Procedimiento de Subcontratación
 Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C

3.2.7. Capacidad Humana.

En la propuesta de gestión de mantenimiento, al personal nuevo, como, la jefatura de mantenimiento o técnicos y asistentes, que deben ser capacitados en temas de gestión de mantenimiento, así mismo, esta propuesta pretende incluir también a los operarios como parte vital ya que ellos son los sensores de funcionalidad del equipo, son fuente vital de información para el correcto mantenimiento de los equipos, por tal motivo también deben ser capacitados en estos temas de gestión con la finalidad de que puedan llevar un buen control y una comunicación oportuna con las áreas encargadas.

3.2.7.1. Capacitaciones.

El personal de mantenimiento operativo, el Técnico de planta, cuenta con mucha experiencia empírica obtenida durante los años de operación de la planta, lamentablemente no cuentan con estudios técnicos superiores concluidos.

Por otro lado, y debido a que las técnicas de mantenimiento, instalación y montaje son cada vez más especializadas y precisas, se debe considerar la capacitación en estos puntos, así como la capacitación en técnicas de soldadura para el asistente de mantenimiento.

No podemos olvidar un curso de capacitación en primeros auxilios para el personal operativo de la planta.

El procedimiento para desarrollar las capacitaciones se presenta en la figura 14.

El jefe de mantenimiento es quien detecta las necesidades de capacitación del personal siendo el encargado de proponer, desarrollar y presentar los cursos de entrenamiento requeridos a Gerencia. Tanto para la capacitación en planta y para la capacitación en centros de especialización, se buscará o deberá tener un mínimo de tres opciones de especialistas o de centros de especialización para realizar la elección; posterior a esto, deberá presentar la opción que él elija al gerente de producción para su aprobación, para que éste en coordinación con la Gerencia General, autorice el otorgamiento de los medios económicos.

Durante la búsqueda y recepción de presupuestos, el jefe de área proporcionará datos precisos como:

- El curso o técnica a ser impartida.
- Cantidad de trabajadores que recibirán el entrenamiento.
- Ubicación donde se desarrollará la inducción

Así mismo, la capacitación tendrá que desarrollarse en las instalaciones de la institución de educativa.

La forma de pago se realizará de la siguiente manera: 50% inicial y 50% al finalizar el curso. El precio por la capacitación debe incluir el IGV y ser facturada a la razón social de la organización.

Las instituciones que proporcionen la capacitación deberán otorgar un certificado a cada trabajador donde se indique el curso realizado.

Se deberán reprogramar las tareas de mantenimiento cuando éstas coincidan con las fechas de capacitación.

Al finalizar el curso, y a través de indicadores de desempeño, se deberá medir la efectividad de los cursos. Los indicadores a elegir pueden ser: menores tiempos de ejecución de trabajos, disminución en los niveles de mermas de productos consumibles, mayor efectividad en el desarrollo de los trabajos como en los diagnósticos de fallas.

Finalmente, para medir si las capacitaciones fueron efectivas, se deberán tomar indicadores como los tiempos de servicio y reparación de averías, disponibilidad y confiabilidad de la Maquinaria de la línea de producción de pellets de polipropileno.

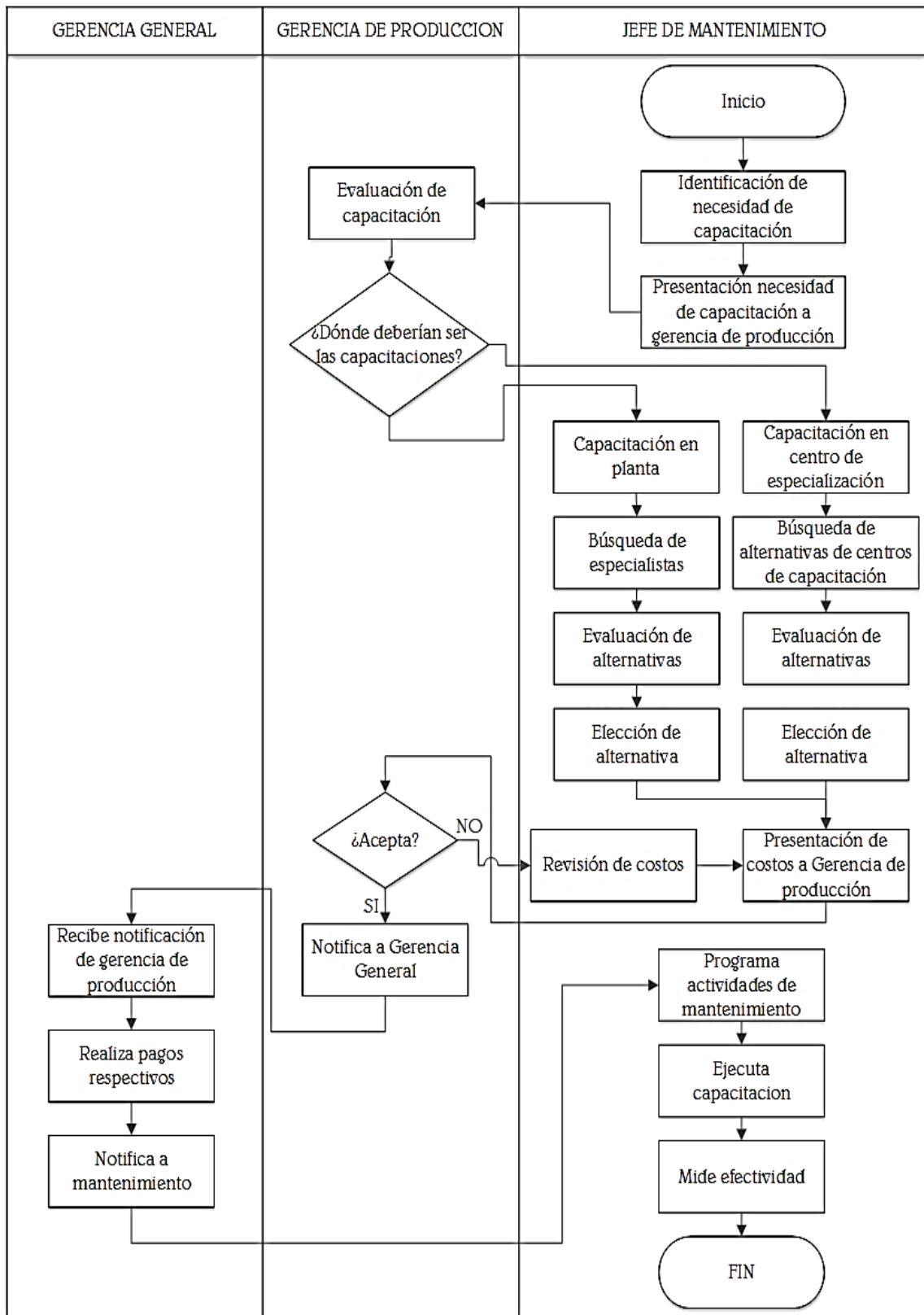


Figura 14: Procedimiento para Capacitación de personal

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38: Costos de Capacitación

Capacitaciones de mantenimiento al Personal Operativo			
TEMA	TIEMPO (HORAS)	VECES POR AÑO	PRECIO TOTAL (S/)
Generalidades de mantenimiento	2	1	200,00
Manipulación de Equipos	2	1	200,00
Herramientas y usos	2	1	200,00
Total para Personal Operativo de Producción			600,00
Capacitaciones al Personal de Mantenimiento			
TEMA	TIEMPO (HORAS)	VECES POR AÑO	PRECIO TOTAL (S/)
Introducción y Generalidades del RCM	5	1	1000,00
Objetivos del RCM			
Beneficios del RCM			
Mantenimiento Planificado	5	1	1000,00
Beneficios del Mantto. Planificado			
Etapas de Desarrollo, Implementación y Control			
Funciones y responsabilidades del Personal.	5	1	1500,00
Indicadores de gestión para trabajar.			
Seguimiento de indicadores a trabajar.			
Total para Personal de Mantenimiento			3 500,00
Total de Costos por Capacitación			4 100,00

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 38, se muestran el costo de las capacitaciones que se llevaran a cabo para los trabajadores de CGW Plastic SAC , como parte de la propuesta, estas tendrían un costo de 4 100,00 Soles.

3.2.8. Costo de la Implementación de la Propuesta de Gestión de mantenimiento basado en RCM.

Este modelo de gestión está basado en el desarrollo de 7 puntos que generaban costos tanto de desarrollo como de implementación, es así que finalmente para determinar el costo de la implementación de la propuesta de gestión de mantenimiento basada en RCM se realiza la sumatoria de los puntos mencionados.

En la tabla 39 podemos verificar a detalle la sumatoria de los siete puntos de gestión, donde finalmente obtenemos S/ 56 555,60 Soles. Podemos ver, por ejemplo, en el Ítem 5.5, que S/ 1 785 son destinados a implementación de útiles de oficina o que S/ 38 700,00 son dedicados a gastos por mejoras en la organización.

Tabla 39: Costo de la implementación de la propuesta de gestión de mantenimiento basada en RCM

Ítem	Descripción	Costo (S/)
1.0	Mejoras en la Organización	38 700,00
1.1	Desarrollo de mejoras	100,00
1.2	Contratación de personal	38 600,00
2.0	Creación de registros y documentos.	400,00
2.1	Desarrollo de registros	200,00
2.2	Desarrollo de documentos	200,00
3.0	Identificación de máquinas y equipos.	100,00
3.1	Desarrollo de codificación de máquinas y componentes	100,00
4.0	Plan de mantenimiento basado en RCM.	350,00
4.1	Desarrollo del plan de mantenimiento	350,00
5.0	Planeamiento de Herramientas y materiales.	5 855,60
5.1	Desarrollo de la planificación de herramientas y materiales	100,00
5.2	Implementación de materiales	3 080,60
5.3	Implementación de herramienta	640,00
5.4	Implementación de equipos de protección personal	250,00
5.5	Implementación de útiles de oficina	1 785,00
6.0	Subcontratación de empresas.	7 050,00
6.1	Desarrollo de la subcontratación de empresas	150,00
6.2	Costo de los mantenimientos tercerizados	6 900,00
7.0	Capacidad Humana	4 100,00
7.2	Costo de capacitaciones	4 100,00
Costo Total por implementación de Gestión de Mantenimiento		56 555,60

Fuente: Elaboración Propia

3.2.9. Comparación del estado actual versus la Gestión de mantenimiento basado en RCM.

Esta parte de la propuesta compara la situación actual del periodo en donde se recolecto datos y lo compara con la propuesta de gestión de mantenimiento.

Podemos calcular los ingresos anuales de nuestra propuesta de gestión de mantenimiento basándonos en el anexo 16

Tabla 40: Situación Actual vs. Propuesta de Gestión

SITUACIÓN ACTUAL		PROPUESTA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	
Costos de Producción (S/)	1 509 672,32	1 684 835,37	Costos de Producción (S/)
Costo Por Averías (Mantenimientos Correctivos) (S/)	29 130,00	56 555,60	Costo Implementación de la Gestión (mantenimiento Preventivo) (S/)
COSTOS TOTALES (S/)	1 538 802,32	1 750 170,97	COSTOS TOTALES (S/)
Ingresos (S/)	3 180 874,04	3 671 110,63	Ingresos (S/)
Utilidad (S/)	1 642 071,72	1 920 939,66	Utilidad (S/)
Rentabilidad (%)	51,62%	52,33%	Rentabilidad (%)
Paradas de equipo critico durante el proceso de producción	76	30	Paradas de equipo critico durante el proceso de producción
Horas de mantenimiento de equipo critico durante el proceso de producción	628,00	26,67	Horas de mantenimiento de equipo critico durante el proceso de producción
Tiempo total para desarrollo de actividades de producción	24 211,00	25 173,33	Tiempo total para desarrollo de actividades de producción

Fuente: Elaboración Propia

Como habíamos mencionado anteriormente, el costo de la gestión de mantenimiento han sido clasificados en dos tipos, el primero dedicado a costos de equipos para realizar el procesamiento de datos de la gestión de mantenimiento y es de S/ 2 735,00 soles y el segundo, dedicados a los nuevos costos operativos de

actividades de mantenimiento el cual incluye, nueva mano de obra, capacitaciones, equipos de protección personal, pintura y gastos de mantenimientos tercerizados, dan un total de S/ 53 820,60 Soles; ambos suman S/ 56 555,60 soles, necesarios para la implementación de la propuesta de gestión de mantenimiento..

En la tabla 40, identificamos el comparativo de la situación actual frente a la propuesta de gestión de mantenimiento sentada en la confiabilidad, iniciamos con COSTOS DE PRODUCCIÓN (S/) que como habíamos mencionado está conformado por: costo de planilla (Operarios, técnico de planta y planilla de gerencia), materia prima, energía eléctrica, agua e insumos, en los cuales durante la toma de datos se gastó S/ 1 509 672,32 soles anuales, con la gestión de mantenimiento se podría gastar aproximadamente S/ 1 684 835,37, debido al buen rendimiento de los equipos, esto significa que los costos aumentaron en un 11,60%.

COSTO POR AVERÍAS (S/), refleja lo invertido en mantenimiento correctivo en la situación actual, con un monto de S/ 29 130,00 soles. El costo de implementación de la gestión de mantenimiento es de S/ 56 555,60 soles, los gastos operativos y depreciación se incluyen directamente en los Costos Totales, esto significa un aumento del 94,15 %.

COSTOS TOTALES (S/) es la suma de los costos por mantenimientos (preventivos o correctivos) y los costos de producción. En tal caso, la situación actual tiene un total de S/ 1 538 802,32 soles, y proponemos que los costos sean de S/ 1 750 170,97 soles, aumentando un 13,74%.

INGRESOS (S/), en la situación actual se logró percibir: S/ 3 180 874,04 soles, en la gestión se propone incrementar los ingresos en un 15,41%, calculando un aproximado de S/ 3 671 110,63 soles anuales, esto significaría un incremento de ingresos de 15,41%.

UTILIDAD (S/), incrementaría en un 16,98%, ya que en la actualidad se percibió S/. 1 642 071,72 soles anuales, y se propone aumentarla a S/. 1 920 939,66 soles anuales (Utilidad Antes de Impuestos).

RENTABILIDAD (%), también se vería beneficiada con la propuesta de gestión, con un aumento del 0,70% ya que pasaría de un 51,62%, en la situación actual, a 52,33% en nuestra propuesta de gestión,

La cantidad de paradas de equipo crítico durante el proceso de producción se reducirían drásticamente, de 76 según la situación actual a 30 paradas en la gestión de mantenimiento, significando una reducción del 60,53%.

Las horas de mantenimiento de equipo crítico durante el proceso de producción, se reducen drásticamente de 628 horas en la situación actual a aproximadamente 26,67 con la propuesta de gestión, esto significaría una reducción del 95,75%, reflejado en mejora.

El tiempo total para desarrollo de actividades de producción, aumentaría también un 3,97%, pasando de 24 211,00 horas/año, en la situación actual, a 25 173,33 horas por año, en la propuesta de gestión.

3.2.10. Nuevos indicadores.

Los nuevos indicadores reflejan la mejora que tendrá la empresa tras la implementación de la gestión de mantenimiento centrada en la confiabilidad, los datos utilizados para la obtención de los indicadores, se encuentran en el Anexo 15

- a. Confiabilidad, como habíamos mencionado en el marco teórico la confiabilidad en la propuesta de gestión de mantenimientos es hallada con el indicador MTBM (Mid Time between Maintenance, Tiempo medio entre mantenimientos).

Paramétricamente, operaríamos mediante una división, la cantidad de horas hasta el mantenimiento preventivo (Dividendo) con el número de mantenimientos realizados en el tiempo a medir (divisor).

Tabla 41: Confiabilidad de Propuesta

Maquinaria	Tiempo operativo hasta la actividad de mantenimiento Preventivo (Horas)	Número total de mantenimientos preventivos (Unid.)	Tiempo promedio entre Mantenimientos
Molino 1	4 188,80	10	418,88
Molino 2	4 188,80	10	418,88
Extrusor / Pelletizador	4 197,00	10	419,70
MTBM anual	12 574,60	30	419,15

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la tabla 41, el tiempo promedio entre mantenimientos (MTBM), para el molino 01 es de 418,88 horas, para el molino 02 es de 418,88 horas y para el Extrusor/Pelletizador es de 419,70 horas, finalmente entre los equipos críticos la confiabilidad o tiempo promedio entre actividades de mantenimiento es de 419,15 horas,

- b. **Mantenibilidad**, este indicador en la etapa de propuesta de gestión es nombrado MTTM (Mid Time to Maintenance, Tiempo medio para Mantenimiento), la cual opera mediante división la cantidad de tiempo utilizado para realizar actividades de mantenimiento preventivo (Dividendo) y la cantidad de mantenimientos preventivos (divisor), en una determinada cantidad de tiempo, obteniendo:

Tabla 42: Mantenibilidad de Propuesta

Maquinaria	Tiempo para Realizar Mantenimiento Preventivo	Número total de mantenimientos preventivos.	Tiempo promedio para Mantenimiento (MTTM)
Molino 1	11,67	10	1,17
Molino 2	11,67	10	1,17
Extrusor / Pelletizador	3,33	10	0,33
MTTR Anual	26,67	30	0,89

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la tabla 42, el tiempo promedio para mantenimientos (MTTM), para el molino 01 es de 1,17 horas, para el molino 02 es de 1,17 horas y para el Extrusor/Pelletizador es de 0,33 horas, finalmente entre los equipos críticos, la Mantenibilidad o tiempo promedio para actividades de mantenimiento es de 0,89 horas,

- c. **Disponibilidad**, es por tanto el porcentaje de tiempo que la máquina esta útil (disponible) para producción.

Tabla 43: Disponibilidad de Propuesta

Maquinaria	Tiempo promedio entre Mantenimientos (MTBM)	Tiempo promedio para Mantenimiento (MTTM)	Disponibilidad (%)
Molino 1	418,88	1,17	99,72%
Molino 2	418,88	1,17	99,72%
Extrusor / Pelletizador	419,70	0,33	99,92%
MTTR Anual	419,15	0,89	99,79%

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la tabla 43, la disponibilidad para el molino 01 es de 99,72%, para el molino 02 es de 99,72% y para el Extrusor/Pelletizador es de 99,92%, finalmente entre los equipos críticos, la Mantenibilidad o tiempo promedio para actividades de mantenimiento es de 99,79%,

d. Costo Promedio de Parada de máquina (CPPM):

Debido a que la propuesta busca la reducción de paradas de máquinas, y siguiendo lo indicado con el nuevo indicador de confiabilidad, el valor asignado para este valor sería el de cero (0), es decir, que el número de paradas de máquina sería cero.

e. Perdida de oportunidad Promedio por Mantenimiento (POPM):

Hallamos la nueva perdida promedio de oportunidad que se genera cuando la máquina para o se detiene por alguna avería.

$$POPPM(S/) = \frac{\text{Utilidad No Percibida}}{\text{Número total de mantenimientos preventivos}}$$

$$POPPM(S/) = \frac{2\,216,82 \text{ Soles/Año}}{30 \text{ Mantenimiento Preventivo/Año}}$$

$$POPPM(S/) = 73,89 \text{ Soles/Mantenimiento Preventivo}$$

De esta manera obtenemos la perdida de oportunidad promedio por actividades de mantenimiento preventivo es de S/ 73,89 Soles por actividad de mantenimiento programada, es decir, que se realiza durante el desarrollo de actividades de producción.

3.2.11. Cuadro comparativo de indicadores.

La comparación de indicadores nos permite saber en qué grado ha mejorado nuestra propuesta de gestión al proceso actual con respecto a los equipos críticos analizados.

Como podemos verificar en la tabla 44, los indicadores han mejorado mucho, la implementación de la Gestión de mantenimiento centrada en la confiabilidad, nos permite elevar la Confiabilidad, reducir la Mantenibilidad, y mejorar la disponibilidad.

Tabla 44: Comparación de indicadores Totales

Indicadores	Antiguos	Nuevos	Mejora
CONFIABILIDAD	212,46	419,15	-206,69
MANTENIBILIDAD	9,42	0,89	8,53
DISPONIBILIDAD	95,75%	99,79%	-4,04%
CPPM	277,43	0	277,43
POPm	6 344,14	73,89	6270,25

Fuente: Elaboración Propia

La confiabilidad, con el indicador TPPF (Tiempo Promedio Para Fallar), se considera una mejora al 100%, ya que la finalidad de la gestión de mantenimiento es eliminar las fallas, por lo tanto, teóricamente y hasta antes de la implementación, por no tener un registro de fallas se considera con un indicador de cero. En caso de ocurrir una falla posterior a la implementación de esta propuesta, se retroalimentará con la información obtenida para la reformulación de este indicador.

La Mantenibilidad, con el indicador TPPR (tiempo promedio para reparar), se redujo de 8,27 a 0,89 horas, dándonos una diferencia de 8,53 horas, es decir, que en la propuesta de gestión de mantenimiento el tiempo promedio para realizar un mantenimiento, durante el desarrollo de actividades de producción, será de 0,89 horas o 00:53:20 horas.

La propuesta de gestión de mantenimiento nos permite aumentar la disponibilidad de equipos críticos de un 95,75% a un 99,79%, la disponibilidad aumentó 4,04%.

A diferencia de otros indicadores, el Costo promedio de parada de máquina (CPPM), se reduce de S/ 277,43 a S/ 0,00 Soles, se debe a que la propuesta, provee de un conjunto de actividades de mantenimiento preventivo que buscan reducir o mitigar

la parada de máquina. Para efectos del desarrollo de esta propuesta este indicador tendría una mejora del 100%.

Por otro lado, el indicador de Costo de Perdida de oportunidad promedio por Mantenimiento (CPOPM), reduce de significativamente de S/ 6 344,14 a S/ 73,89, generando una diferencia de S/ 6 270,25 Soles, cabe mencionar que la reducción tan drástica se debe a que aumento las horas de producción de los equipos y por la reducción de las actividades de mantenimientos durante el desarrollo de actividades producción.

La mejora de indicadores es prueba fehaciente, que la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad, es necesaria en esta empresa.

3.3. ANÁLISIS DE BENEFICIO – COSTO

3.3.1. Análisis Económico Financiero de la Inversión.

Dado que el costo de la gestión es de S/ 56 556,60 soles, el gerente de la empresa indico que podía invertir en el proyecto con capital propio, de modo que al no existir financiamiento por ninguna entidad bancaria; solo se evaluará el flujo de caja económico.

A través del flujo de caja económico es posible determinar la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN); sin embargo, previo a esto es necesario determinar la tasa aceptada de rendimiento para saber si la TIR resultante es aceptable o no.

Para hallar la tasa aceptada de rendimiento se utilizó la tasa de inflación más actual, enero - 2018, equivalente a 2,5 %, según el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP).

En la tabla 45, se observa que, al utilizar las fórmulas presentadas, se tiene una tasa de Aceptación de Rendimiento Global de 10%.

$$\% \text{TMAR} = \% \text{ Tasa Inflacionaria} + \text{lo que se piensa ganar}$$

$$\% \text{TMAR GLOBAL} = \% \text{ TMAR} * \% \text{ TMAR}$$

Tabla 45: Determinación de la tasa de Aceptación de Rendimiento Global.

	Tasa de inflación	Ganancia estimada	TMAR
Inversión propia	2,50%	7,50%	10,00%
Inversión financiera			
	% DE APORTE	TMAR	PONDERADO
Inversión propia	100,00%	10,00%	0,10
Inversión financiera			
TMAR GLOBAL			10,00%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 46: Determinación del Flujo de caja económico

	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	TOTAL
✓ Ingresos por ventas	0,00	318 162,92	293 688,85	305 925,89	305 925,89	318 162,92	305 925,89	318 162,92	318 162,92	305 925,89	318 162,92	305 925,89	256 977,74	3 671 110,63
TOTAL DE INGRESOS	0,00	318 162,92	293 688,85	305 925,89	305 925,89	318 162,92	305 925,89	318 162,92	318 162,92	305 925,89	318 162,92	305 925,89	256 977,74	3 671 110,63
COSTOS DE PRODUCCIÓN														
✓ Costos Fijos de Producción	0,00	23 493,60	22 186,40	22 840,00	22 840,00	23 493,60	22 840,00	23 493,60	23 493,60	22 840,00	23 493,60	22 840,00	20 225,60	274 080,00
✓ Costos Variables de Producción	0,00	122 265,47	112 860,43	117 562,95	117 562,95	122 265,47	117 562,95	122 265,47	122 265,47	117 562,95	122 265,47	117 562,95	98 752,88	1 410 755,37
✓ Depreciación	0,00	-760,93	-702,40	-731,67	-731,67	-760,93	-731,67	-760,93	-760,93	-731,67	-760,93	-731,67	-614,60	-8 780,00
COSTOS DE GESTIÓN														
✓ Costo Inicial de Gestión	2 735,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2 735,00
✓ Costo Anual de Gestión	0,00	4 664,45	4 305,65	4 485,05	4 485,05	4 664,45	4 485,05	4 664,45	4 664,45	4 485,05	4 664,45	4 485,05	3 767,44	53 820,60
✓ % de Imprevistos	0,00	466,45	430,56	448,51	448,51	466,45	448,51	466,45	466,45	448,51	466,45	448,51	376,74	5 382,06
TOTAL DE EGRESOS	2 735,00	150 129,03	139 080,64	144 604,84	144 604,84	150 129,03	144 604,84	150 129,03	150 129,03	144 604,84	150 129,03	144 604,84	122 508,06	1 737 993,03
UTILIDAD BRUTA	-2 735,00	168 033,89	154 608,21	161 321,05	161 321,05	168 033,89	161 321,05	168 033,89	168 033,89	161 321,05	168 033,89	161 321,05	134 469,68	1 933 117,60
IMPUESTOS 30%	0,00	50 410,17	46 382,46	48 396,31	48 396,31	50 410,17	48 396,31	50 410,17	50 410,17	48 396,31	50 410,17	48 396,31	40 340,90	580 755,78
UTILIDADES 8%	0,00	13 442,71	12 368,66	12 905,68	12 905,68	13 442,71	12 905,68	13 442,71	13 442,71	12 905,68	13 442,71	12 905,68	10 757,57	154 868,21
UTILIDAD NETA	-2 735,00	104 181,01	95 857,09	100 019,05	100 019,05	104 181,01	100 019,05	104 181,01	104 181,01	100 019,05	104 181,01	100 019,05	83 371,20	1 197 493,61
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-2 735,00	101 446,01	197 303,10	297 322,15	397 341,20	501 522,22	601 541,27	705 722,28	809 903,29	909 922,34	1 014 103,36	1 114 122,41	1 197 493,61	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 46 se determinó el flujo de caja económico, con la finalidad de determina la rentabilidad del proyecto, el cual se financiará por sí mismo, no incluyendo el financiamiento externo; es decir el proyecto está financiado completamente por el capital del inversionista, en este caso el Gerente de la empresa CGW Plastic SAC.

3.3.2. Indicadores para Evaluación de Proyectos.

En la tabla 47 se muestran los indicadores económicos para la evacuación de proyectos, en donde el Valor Actual Neto (VAN) de la empresa tendrá S/ 682 069,63 más dinero s se invierte en este proyecto.

Tabla 47: Determinación Indicadores para evaluación de Proyectos

Indicador	Valor
VAN	682 069,63
TIR	3801,48%
VAN-I	S/. 2 094 203,99
VAN-E	S/. 989 680,39
VAN-E + INV	S/. 992 415,39
B/C	2,11

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a la tasa interna de retorno, indica un 3801,48% de rentabilidad promedio mensual, esta es mayor al valor del TMAR Global, por lo tanto, el proyecto es aceptable.

Así mismo, el coeficiente de Costo Beneficio es mayor a la unidad, siendo este 2,11, por lo que se considera que los beneficios son mayores a la inversión, des esta forma siendo un proyecto ejecutable.

Otra forma de percepción del Análisis costo beneficio, el que, por cada unidad monetaria invertida, este proyecto generara una ganancia de 1,11.

3.3.3. Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

Para determinar el PRI se tomaron los datos de inversión en la gestión de mantenimiento de la tabla 39 y el beneficio del primer periodo de la tabla 48, basándonos en la fórmula presentada en el capítulo 2.2.19, se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 48: Determinación del Periodo de recuperación de la inversión.

PERIODO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN (PRI)	Valor	Unidad
Inversión	56 555,60	Soles
Beneficio del primer periodo	168 033,89	Soles
PRI	0,336572577	Meses
1 mes	30	Días
PRI	10,09717732	Días

Fuente: Elaboración Propia

Como vemos en la tabla 48, la inversión solicitada para esta propuesta de gestión de mantenimiento basada en la confiabilidad RCM para la empresa CGW Plastic SAC, podrá ser recuperada en un periodo de 10 días.

IV. CONCLUSIONES

- De acuerdo al resultado del diagnóstico de la situación actual de las máquinas, en base a la lista de averías, las seis (06) máquinas, generaron costos por mantenimientos correctivos de S/. 29 130,00, un total de 105 paradas de máquina, utilizando en 989 horas para la corrección de estos.
- Tras la aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad, mediante el uso del Diagrama de Pareto, se logró identificar tres máquinas críticas, las cuales fueron: Molino 01, Molino 02, Extrusor/Pelletizador.
- La propuesta de gestión de mantenimiento centrada en la confiabilidad que se elaboró, logró mejorar los indicadores de mantenimiento en los equipos críticos, elevando la confiabilidad un 97,29%, reduciendo la Mantenibilidad un 90,56% e incrementado un 3,83% la disponibilidad, así mismo el costo promedio de parada de maquina se incrementó en un se redujo a cero, generando una mejora del 100% y la perdida de oportunidad promedio por actividades de mantenimiento se redujo en un 98,84%. La inversión de esta propuesta tiene un costo inicial de este proyecto es de S/ 2 735,00 soles, y un costo anual de S/ 53820,60 Soles.
- De acuerdo al análisis costo – beneficio (B/C) se obtiene un valor actual neto (VAN) de S/ 682 069,63, también la Tasa Interna es de 3801,48% de rentabilidad promedio mensual, mayor al valor del TMAR GLOBAL, superando al mínimo aceptable (10%); el coeficiente costo beneficio es S/ 2,11; superior a la unidad es decir, el beneficio es superior al costo de inversión y un periodo de recuperación de 10 días; todo esto demuestra que el proyecto es rentable para la empresa.

V. RECOMENDACIONES

- Las propuestas de gestión de mantenimiento mencionadas en este trabajo, están dirigidas a una implementación desde cero, considerando que la empresa no ha tenido ninguna gestión de mantenimiento antes, a medida que se vayan desarrollando estas tareas, será necesario el agregar otras tareas que ayuden a mejores tareas de mantenimiento, con la finalidad de mejorar los beneficios de esta empresa.
- Es importante llevar un registro organizado del mantenimiento realizado y de las fallas presentadas, para poder estimar la vida útil de los repuestos, materiales y equipos ya que el ciclo de mantenimiento requerido para cada máquina es distinto.
- De presentarse fallas o averías no comunes, deberán tomar la mayor cantidad de datos, que posteriormente se procesarán estadísticamente.
- La empresa debe de mejorar las áreas de trabajo asegurándose de no exponer las máquinas a las inclemencias del clima. Ello aportará también a la conservación de los equipos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. Berger Vidal, A. J. Yarin Achachahua, C. Velásquez Pino, I. Gambini Lopez, L. De la Cruz Cuadros, L. M. Nuñez Ramirez, R. J. Gálvez Pérez y H. Gálvez Pérez, «Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en motores de combustión interna de las embarcaciones pesqueras de la serie intrépido de una empresa pesquera,» *PESQUIMAT*, vol. XVIII, n° 2, pp. 5 - 18, 2015.
- [2] P. Viveros, R. Stegmaier, F. Kristjanpoller, L. Barbera y A. Crespo, «Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento,» *Revista chilena de ingeniería*, vol. 21, n° 1, pp. 125-138, 2013.
- [3] S. Zambrano, S. Aranguren, R. Tarantino y C. Agudelo, «Metodología para Identificación de Fallos Críticos en Procesos Industriales Basada en Técnicas de Confiabilidad Operacional,» *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, vol. 2, n° 20, pp. 119 - 126, 2012.
- [4] R. Solís, «Diseño de un sistema de mantenimiento centrado en confiabilidad, en el área de manufactura, mediante el análisis estadístico de fallas y criticidad en los equipos,» *Academia Journals*, vol. 4, n° 2, pp. 1400 - 1405, 2012.
- [5] R. Méndez, J. Gómez y L. González, «La gestión del mantenimiento una oportunidad de cambio,» *Revista Matices Tecnológicos*, vol. I, n° 1, 2012.
- [6] M. Altaf, «Study Reliability Centered Maintenance (RCM) of Rotating Equipment through Predictive Maintenance,» *2nd International Conference on Research in Science, Engineering and Technology*, vol. 2, n° 1, pp. 216 - 221, 2014.
- [7] R. Ramli y M. Nizam, «Reliability Centered Maintenance in Schedule Improvement of Automotive Assembly Industry,» *American Journal of Applied Sciences*, vol. 9, n° 8, pp. 1232-1236, 2012.
- [8] O. García Palencia, *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial: Principios Fundamentales*, Ediciones de la U, 2012.
- [9] S. García Garrido, *Organización y Gestión del Mantenimiento*, España: Díaz de Santos, S.A., 2003.
- [10] J. M. De Bona, *Gestión del Mantenimiento: Guía para el Responsable de la Conservación de Locales e Instalaciones*, Mexico: Fundación Confemetal, 1999.
- [11] E. Dounce Villanueva, *La Productividad en el Mantenimiento Industrial*, México: Patria, 2013.
- [12] C. A. Parra Márquez y A. Crespo Márquez, *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*, Sevilla: Ingeman, 2012.

- [13] «Norma SAE JA 1011, «Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM),»,» 1999. [En línea]. Available: <http://rcm3.org/la-norma-sae-ja-1011>. [Último acceso: 17 Diciembre 2017].
- [14] C. M. Pérez Jaramillo, *Gestión y Control de Mantenimiento*, Medellín: INCOLDA - EAFIT, 1987.
- [15] R. Fornés Rivera, L. Ochoa Espinoza, A. Cano Carrasco y E. González Valenzuela, «Gestión de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en el área de laboratorios de una Institución de Educación Superior,» *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería*, vol. 3, n° 8, pp. 77 - 86, 2016.
- [16] W. Olarte C., M. Botero A. y B. Cañon A., «Inportancia del Mantenimiento Industrial Dentro de los Procesos de Producción,» *Scientia et Technica*, vol. XVI, n° 44, pp. 354 - 356, 2010.
- [17] C. Boero, *Colección Gestión Industrial: Mantenimiento Industrial*, Córdoba: Universitas, 2012.
- [18] B. Salazar, «Mantenimiento Industrial,» [En línea]. Available: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com>. [Último acceso: 2016 Octubre 15].
- [19] M. C. Gasca, L. L. Camargo y B. Medina, «Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial,» *Información Tecnológica*, vol. 28, n° 4, pp. 111 - 124, 2017.
- [20] AIAG, *Automotive Industry Action Group*, «*Manual de Análisis de modo efecto de fallas potenciales*», USA, 2008.
- [21] J. Moubray, *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*, Carolina del Norte: Aladon LLC, 2004.
- [22] W. Hamilton y A. Pezo Paredes, *Formulación y evaluación de proyectos tecnológicos empresariales aplicados*, Colombia: Andrés Bello, 2005.
- [23] A. Mora Gutiérrez, *MANTENIMIENTO: Planeación, Ejecución y Control*, México: Alfaomega, 2009.
- [24] A. T. Mariam, «Study Reliability Centered Maintenance (Rcm) Of Rotating Equipment Through Predictive Maintenance.,» 2014.
- [25] A. Islam H. , «Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application: A Case Study,» *Engineering*, pp. 863 - 873, 2010.
- [26] F. J. González Fernandez, *Teoría y Práctica del mantenimiento Industrial Avanzado*, Madrid: Fundación Confemetal, 2010.
- [27] F. Gonzáles Fernandez, *Auditoría del mantenimiento e Indicadores de gestión*, Bogotá: Ediciones de la U, 2014.

- [28] M. A. Gonzales Alvarado, «Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Aplicado al Sistema Hidráulico de la Planta Generadora Huaji de Cobee,» *Journal Boliviano de Ciencias*, vol. 11, n° 35, pp. 9 - 14, 2015.
- [29] J. P. Diestra Quevedo, L. Esquiviel Paredes y R. Guevara Chinchayan, «Programa de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), Para Optimizar la Disponibilidad Operacional de la Máquina con Mayor Criticidad.,» *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 4, n° 1, 2017.
- [30] L. Cuatrecasas Arbós, *Gestión del mantenimiento de los Equipos Productivos*, Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2012.
- [31] L. Amendola, «Modelos Mixtos de Confiabilidad,» DataStream, 2002. [En línea]. Available: www.mantenimientomundial.com. [Último acceso: 2018].
- [32] K. M. Albarkoly, y K. S. Park, «Implementing a Strategy of Reliability Centered Maintenance (RCM) in the Libyan Cement Industry,» *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*, vol. 9, n° 6, pp. 1903 - 1912, 2015.
- [33] O. Vásquez Gervasi, *Ingeniería de Metodos: Apuntes de Estudio*, Chiclayo: Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, 2012.

VII. ANEXOS

Anexo 01: Parámetros para Hallar el Nivel de Criticidad

Criterio a ponderar	Equipo
A. Nivel de uso de la maquinaria	Puntaje
No más de 4 horas por día	1
Entre 5 y 8 horas por día	2
Entre 9 y 12 horas por día	3
Entre 13 y 16 horas por día	4
Entre 17 y 24 horas por día	5
B. Frecuencia de falla (todo tipo de falla)	Puntaje
No más de 1 por año	1
Entre 2 y 15 por año	2
Entre 16 y 30 por año	3
Entre 31 y 50 por año	4
Más de 50 por año	5
C. Tiempo promedio para reparar (mtrr)	Puntaje
Menos de 4 horas	1
Entre 4 y 8 horas	2
Entre 8 y 24 horas	3
Entre 24 y 48 horas	4
Más de 48 horas	5
D. Impacto sobre la producción	Puntaje
No afecta la producción	0,05
25 % de impacto	0,25
50 % de impacto	0,5
75 % de impacto	0,75
100 % de impacto	1
E. Dependencia logística con respecto a los repuestos	Puntaje
Stock propio	1
Local	2
Departamental	3
Nacional	4
Extranjero	5
F. Costos de reparación (miles de nuevos soles)	Puntaje
No origina ningún costo	0
Menos de mil	3
Entre mil y 3 mil	5
Entre 3 y 5 mil	10
Más de 5 mil	25
G. Impacto ambiental	Puntaje
No origina ningún impacto ambiental	0
Contaminación ambiental baja	5
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta	10
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la	25
Comunidad, procesos sancionatorios	
H. Impacto en salud y seguridad de personal	Puntaje

No origina heridas ni lesiones	0
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes	5
Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal	10
Entre 30 días	
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente	25
I. Impacto en la calidad del producto final	Puntaje
No ocasiona pérdidas económicas en las áreas (producción, ventas)	0
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 100 < 500 nuevos soles	5
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 500 < 1000 nuevos soles	10
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 1000 mil nuevos soles	25
J. Asistencia técnica	Puntaje
Si existe	1
Regular	2
Escaza	3
No existe	4
K. Reemplazo de equipos / accesorios	Puntaje
Si existe	1
Regular	2
Escaza	3
No existe	4

Fuente: Adaptado de Gasca, 2017

Anexo 02: Escala para evaluar el grado de severidad en el AMEF

Efecto	Criterio	Nivel
Peligroso sin aviso	La falla afecta la operación segura del equipo, puede poner en riesgo al operador, la falla ocurre sin previo aviso.	10
Peligroso con aviso	La falla afecta la operación segura del equipo, puede poner en riesgo al operador, la falla ocurre con previo aviso.	9
Muy alto	Puede ser que el 100% del producto se deseche. Paro de línea.	8
Alto	Puede ser que una proporción de la corrida de producción se deseche. Desviación del proceso primario incluyendo un decremento en la velocidad de la línea o adición de mano de obra.	7
Moderado	Puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que re-trabajarse fuera de la línea y ser aceptada.	6
Bajo	Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que re-trabajarse fuera de la línea y ser aceptada.	5
Muy bajo	Puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que re-trabajarse en la estación, antes de ser procesada	4
Remoto	Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que re-trabajarse en la estación, antes de ser procesada.	3
Muy Remota	Leve o ligera inconveniencia al proceso, operación u operador.	2
Ninguno	Sin efecto discernible.	1

Fuente: Automotive Industry Action Group (AIAG), 2008.

Anexo 03: Escala para evaluar el grado de ocurrencia en el AMEF

Efecto	Criterio	Nivel
Muy alta. Fallos muy repetitivas	1 falla la mes	5
Alta. Fallos repetitivas	1 falla entre 1 a 3 meses	4
Moderada. Fallos ocasionales	1 falla entre 3 meses a 6 meses	3
Baja. Pocos Fallos	1 falla entre 6 meses a un año	2
Muy Baja. Muy pocos fallos	1 falla cada un año	1

Fuente: Automotive Industry Action Group (AIAG), 2008.

Anexo 04: Escala para evaluar el grado de detección en el AMEF

Probabilidad de detección	Criterio	Nivel
Casi imposible	Sin control de proceso actual; No Puede detectarse.	10
Muy remota	La causa del Modo de Falla no es fácilmente detectada.	9
Remota	Detección del Modo de falla posterior al procesamiento, por el operador por medios visuales/táctiles/audibles.	8
Muy baja	Detección del Modo de Falla en la estación por el operador a través de medios visuales/táctiles/ audibles.	7
Baja	Detección del Modo de Falla posterior al procesamiento, por el operador con el uso de gages de atributos (pasa/no pasa)	6
Moderada	Detección del Modo de Falla en la estación por el operador a través del uso de gages o controles que notifiquen al operador (luz, timbre).	5
Moderadamente alta	Detección del Modo de Falla posterior al procesamiento por controles automatizados.	4
Alta	Detección del Modo de la Falla en la estación por controles automatizados.	3
Muy alta	Detección de las causas del fallo en la estación por controles automatizados que detectan el error y lo previenen	2
Casi cierta	Prevención de las causas del fallo como resultado del diseño de un dispositivo, diseño de la máquina o diseño de la parte.	1

Fuente: Automotive Industry Action Group (AIAG), 2008.

Anexo 05: Formato de Planilla de Información:

Equipo	Función	Fallo funcional	Modo de falla	Efecto de falla

Fuente: Moumbray, 2004

Anexo 06: Formato de Hoja de Decisiones:

Equipo	Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H	H	H	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia (días)	A realizar por
								1	2	3						
	S	S	S													
	1	2	3													
O	O	O	H	H	S											
1	2	3	4	5	4											

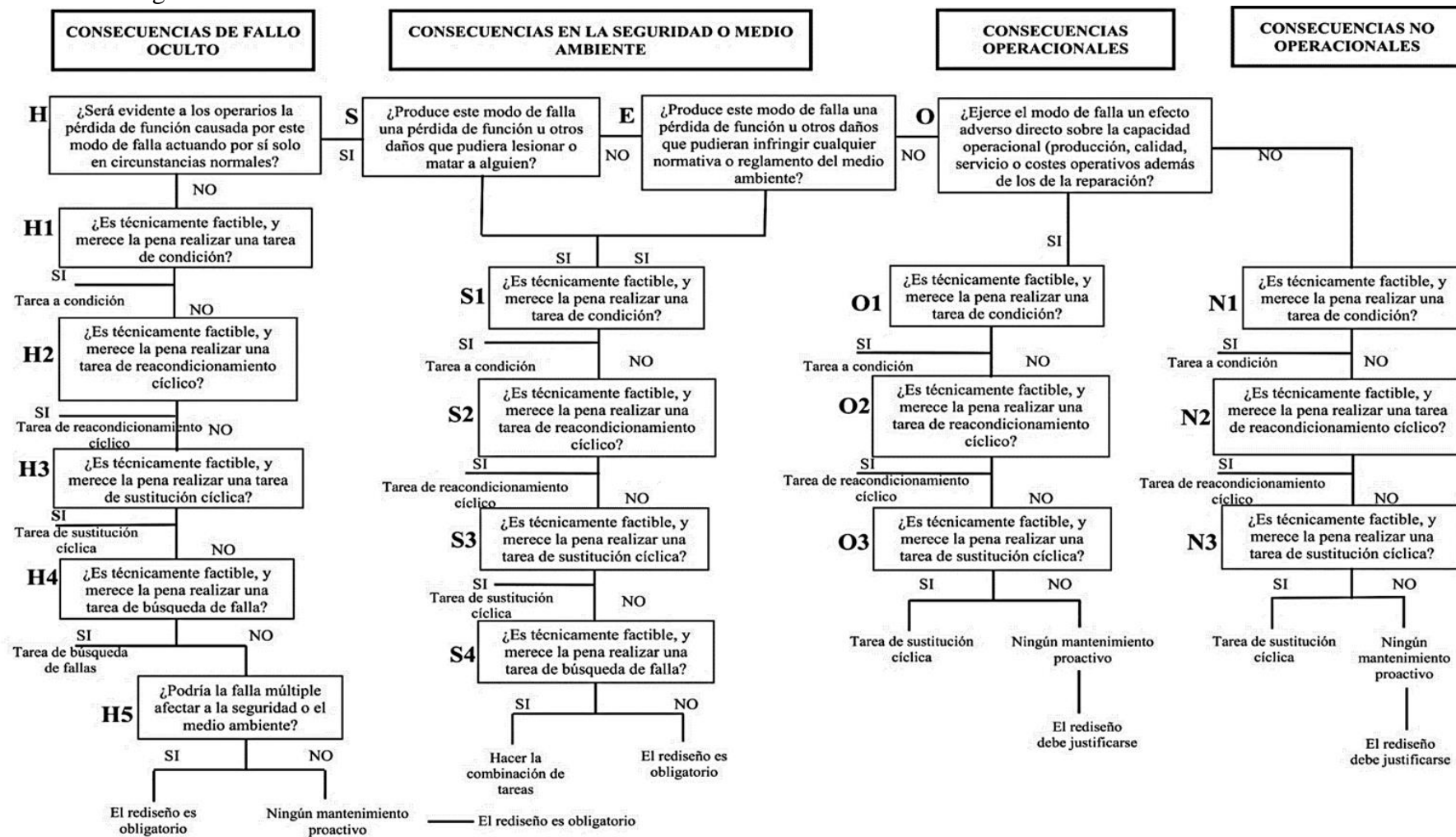
Fuente: Moumbray, 2004

Anexo 07: Formato de Plan de Mantenimiento:

EQUIPO	COMPONENTE	TRABAJOS A REALIZAR	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	MATERIALES	HERRAMIENTAS	PERIODO (Días)	RESPONSABLE	TIEMPO DE EJECUCIÓN

Fuente: Moumbray, 2004

Anexo 08: Diagrama de Decisión RCM



Fuente: Moubray, 2004

Anexo 09: Política Actual de Días Laborables:

MESES	DIAS LABORADOS / MES
Sep-15	30
Oct-15	31
Nov-15	30
Dic-15	31
Ene-16	31
Feb-16	28
Mar-16	31
Abr-16	30
May-16	31
Jun-16	30
Jul-16	31
Ago-16	31
Total	300

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

Anexo 10: Política Propuesta de Días Laborables:

MESES	DIAS LABORADOS / MES
Ene-18	26
Feb-18	24
Mar-18	25
Abr-18	25
May-18	26
Jun-18	25
Jul-18	26
Ago-18	26
Sep-18	25
Oct-18	26
Nov-18	25
Dic-18	21
Total	300

Fuente: C.G.W. PLASTIC S.A.C.

Anexo 11: Calculo de la Rentabilidad de la Situación Actual:

Mes	Operarios y técnico de planta (S/)	Planilla de gerencia (S/)	Materia prima (S/)	Energía eléctrica (S/)	Agua(S/)	Insumos (S/)	Costo por averías (S/)	Costos totales (S/)	Ingresos (S/)	Utilidad (S/)	Rentabilidad
	A	B	C	D	E	F	G	H= A+B+C+D+E+F+G	I	J= I - H	K=(I-H)/I
Sep-15	15 101,60	6 500,00	83 240,10	4 338,45	361,91	10 821,21	4 010,00	124 373,27	253 339,42	128 966,15	50,91%
Oct-15	15 927,20	6 500,00	92 610,38	4 826,83	402,65	12 039,35	5 460,00	137 766,41	281 857,69	144 091,28	51,12%
Nov-15	16 030,40	6 500,00	91 055,67	4 745,80	395,89	11 837,24	1 280,00	131 845,00	277 125,96	145 280,96	52,42%
Dic-15	12 556,00	6 500,00	70 046,06	3 650,78	304,55	9 105,99	560,00	102 723,38	213 183,65	110 460,27	51,81%
Ene-16	14 551,20	6 500,00	89 795,10	4 680,10	390,41	11 673,36	685,00	128 275,17	273 289,42	145 014,25	53,06%
Feb-16	14 895,20	6 500,00	90 383,37	4 710,76	392,97	11 749,84	530,00	129 162,14	275 079,81	145 917,67	53,05%
Mar-16	16 168,00	6 500,00	94 711,35	4 936,33	411,79	12 312,48	1 130,00	136 169,95	288 251,92	152 081,97	52,76%
Abr-16	17 888,00	6 500,00	94 417,21	4 921,00	410,51	12 274,24	465,00	136 875,96	287 356,73	150 480,77	52,37%
May-16	17 888,00	6 500,00	92 064,13	4 798,36	400,28	11 968,34	4 305,00	137 924,11	280 195,19	142 271,08	50,78%
Jun-16	16 236,80	6 500,00	85 004,90	4 430,43	369,59	11 050,64	1 070,00	124 662,36	258 710,58	134 048,22	51,81%
Jul-16	16 512,00	6 500,00	91 770,00	4 783,03	399,00	11 930,10	3 000,00	134 894,13	279 300,00	144 405,87	51,70%
Ago-16	17 888,00	6 500,00	70 046,06	3 650,78	304,55	9 105,99	6 635,00	114 130,38	213 183,65	99 053,27	46,46%
Total	191 642,40	78 000,00	1 045 144,33	54 472,72	4 544,11	135 868,76	29 130,00	1 538 802,32	3 180 874,04	1 642 071,72	51,62%

Fuente: CGW PLASTIC S.A.C

Anexo 12: Formato de Descripción Puesto de Trabajo

Descripción de Puesto de Trabajo CGW PLASTIC SAC	
PUESTO	
OBJETIVO	
TIPO DE PUESTO	
FUNCIONES	
RESPONSABILIDADES	
REQUISITOS	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 14: Tiempos para Mantenimiento (Situación Actual)

Ítem	Molino 01			Molino 02			Lavadora			Secadora Centrifuga			Secadora Térmica			Extrusor Pelletizador		
	Fecha de Falla	TTF	TTR	Fecha de Falla	TTF	TTR	Fecha de Falla	TTF	TTR	Fecha de Falla	TTF	TTR	Fecha de Falla	TTF	TTR	Fecha de Falla	TTF	TTR
1	03/09/2015	28,00	3,00	10/09/2015	112,00	3,00	02/09/2015	14,00	4,00	23/09/2015	266,00	4,00	23/09/2015	266,00	4,00	28/09/2015	322,00	5,00
2	07/09/2015	39,00	48,00	14/09/2015	39,00	48,00	09/10/2015	444,00	15,00	20/10/2015	304,00	40,00	23/11/2015	710,00	2,00	02/10/2015	51,00	3,00
3	25/09/2015	176,00	4,00	18/09/2015	8,00	1,00	09/11/2015	349,00	5,00	04/11/2015	142,00	35,00	28/02/2016	1034,00	13,00	13/10/2015	109,00	14,00
4	12/10/2015	178,00	14,00	21/09/2015	27,00	3,00	11/12/2015	373,00	3,00	19/04/2016	1799,00	4,00	22/04/2016	603,00	3,00	19/10/2015	56,00	4,00
5	14/10/2015	14,00	4,00	09/10/2015	207,00	3,00	18/02/2016	697,00	3,00	11/05/2016	262,00	25,00	25/05/2016	389,00	15,00	21/10/2015	24,00	23,00
6	19/10/2015	52,00	4,00	13/10/2015	39,00	14,00	05/04/2016	529,00	15,00	24/05/2016	129,00	15,00	18/07/2016	615,00	8,00	17/12/2015	649,00	3,00
7	13/11/2015	304,00	24,00	19/10/2015	65,00	4,00	23/04/2016	209,00	2,00	11/07/2016	545,00	25,00	02/08/2016	146,00	2,00	11/01/2016	165,00	5,00
8	23/11/2015	88,00	3,00	21/10/2015	24,00	3,00	27/05/2016	404,00	25,00	18/07/2016	59,00	8,00				14/01/2016	37,00	3,00
9	30/11/2015	81,00	1,00	14/11/2015	291,00	3,00	13/06/2016	171,00	7,00	26/07/2016	90,00	3,00				22/02/2016	459,00	3,00
10	06/12/2015	83,00	3,00	23/11/2015	95,00	3,00	16/06/2016	35,00	4,00	02/08/2016	53,00	2,00				09/03/2016	193,00	40,00
11	11/12/2015	39,00	4,00	07/12/2015	165,00	4,00	23/06/2016	80,00	25,00	15/08/2016	152,00	45,00				30/05/2016	912,00	14,00
12	21/12/2015	108,00	3,00	14/12/2015	66,00	4,00										16/06/2016	196,00	3,00
13	12/01/2016	137,00	4,00	04/01/2016	122,00	1,00										06/07/2016	221,00	3,00
14	18/01/2016	66,00	1,00	06/01/2016	27,00	3,00										07/07/2016	11,00	3,00
15	04/02/2016	209,00	3,00	11/01/2016	53,00	4,00										19/07/2016	137,00	4,00
16	11/02/2016	81,00	4,00	04/02/2016	290,00	3,00										02/08/2016	136,00	3,00
17	26/03/2016	500,00	3,00	21/03/2016	543,00	3,00										10/08/2016	95,00	5,00
18	20/04/2016	291,00	4,00	21/04/2016	347,00	4,00										14/08/2016	51,00	23,00
19	07/05/2016	206,00	3,00	17/05/2016	304,00	3,00												
20	12/05/2016	53,00	14,00	23/05/2016	67,00	14,00												
21	25/05/2016	140,00	4,00	04/07/2016	476,00	3,00												
22	21/06/2016	318,00	3,00	09/07/2016	67,00	4,00												
23	01/07/2016	109,00	24,00	16/07/2016	80,00	4,00												
24	14/07/2016	130,00	4,00	18/07/2016	10,00	3,00												
25	04/08/2016	220,00	3,00	21/07/2016	39,00	4,00												
26	06/08/2016	25,00	3,00	30/07/2016	94,00	1,00												
27	08/08/2016	11,00	4,00	08/08/2016	83,00	24,00												
28	10/08/2016	24,00	1,00	16/08/2016	74,00	48,00												
29	15/08/2016	55,00	48,00	23/08/2016	36,00	3,00												
	TOTAL	3765,00	245,00	TOTAL	3850,00	222,00	TOTAL	3305,00	108,00	TOTAL	3801,00	206,00	TOTAL	3763,00	47,00	TOTAL	3824	161

TTF= Tiempo hasta la Falla

TTR = Tiempo para Reparar

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 15: Tiempos para Mantenimiento (Propuesta de Gestión de Mantenimiento)

Ítem	Molino 01			Molino 02			Extrusor Pelletizador		
	Fecha de Falla	TTF	TTR	Fecha de Falla	TTF	TTR	Fecha de Falla	TTF	TTR
1	01/01/2018	420,00	2,00	02/01/2018	420,00	2,00	03/01/2018	420,00	0,33
2	01/01/2018	418,00	0,33	02/01/2018	418,00	0,33	03/01/2018	419,67	0,33
3	02/03/2018	419,70	2,00	03/03/2018	419,70	2,00	04/03/2018	419,67	0,33
4	02/03/2018	418,00	0,33	03/03/2018	418,00	0,33	04/03/2018	419,67	0,33
5	01/05/2018	419,70	2,00	02/05/2018	419,70	2,00	03/05/2018	419,67	0,33
6	01/05/2018	418,00	0,33	02/05/2018	418,00	0,33	03/05/2018	419,67	0,33
7	30/06/2018	419,70	2,00	01/07/2018	419,70	2,00	02/07/2018	419,67	0,33
8	30/06/2018	418,00	0,33	01/07/2018	418,00	0,33	02/07/2018	419,67	0,33
9	29/08/2018	419,70	2,00	30/08/2018	419,70	2,00	31/08/2018	419,67	0,33
10	29/08/2018	418,00	0,33	30/08/2018	418,00	0,33	31/08/2018	419,67	0,33
	TOTAL	4188,80	11,67	TOTAL	4188,80	11,67	TOTAL	4197,00	3,33
TTF= Tiempo hasta la Falla					TTR = Tiempo para Reparar				

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 16: Calculo de Rentabilidad Propuesta por la Gestión de Mantenimiento Basada en Confiabilidad.

Meses	COSTOS FIJOS Y VARIABLES (S/)						Sub Total	Costos de Mantenimiento			Costos Totales	Ingresos	Utilidad Bruta	Rentabilidad
	Operarios de planta	Planilla de Gerencia	Materia Prima	energía eléctrica	Agua	Insumos		Depreciación	Mantenimiento	Inversión Gestión				
Carácter	A	B	C	D	E	F	$G=A+B+C+D+E+F$	H	I	J	$K=G+H+I+J$	L	$M=L - K$	$N= (L-K) /L$
Mes 01	16 993,60	6 500,00	104 539,25	5 454,22	454,52	11 817,48	145 759,07	760,93	4 664,45	237,03	151 430,15	318 162,92	166 732,77	52,40%
Mes 02	15 686,40	6 500,00	96 497,77	5034,67	419,56	10 908,44	135 046,83	702,40	4 305,65	218,80	140 281,68	293 688,85	153 407,17	52,23%
Mes 03	16 340,00	6 500,00	100 518,51	5244,44	437,04	11 362,96	140 402,95	731,67	4 485,05	227,92	145 855,91	305 925,89	160 069,97	52,32%
Mes 04	16 340,00	6 500,00	100 518,51	5244,44	437,04	11 362,96	140 402,95	731,67	4 485,05	227,92	145 855,91	305 925,89	160 069,97	52,32%
Mes 05	16 993,60	6 500,00	104 539,25	5454,22	454,52	11 817,48	145 759,07	760,93	4 664,45	237,03	151 430,15	318 162,92	166 732,77	52,40%
Mes 06	16 340,00	6 500,00	100 518,51	5244,44	437,04	11 362,96	140 402,95	731,67	4 485,05	227,92	145 855,91	305 925,89	160 069,97	52,32%
Mes 07	16 993,60	6 500,00	104 539,25	5454,22	454,52	11 817,48	145 759,07	760,93	4 664,45	237,03	151 430,15	318 162,92	166 732,77	52,40%
Mes 08	16 993,60	6 500,00	104 539,25	5454,22	454,52	11 817,48	145 759,07	760,93	4 664,45	237,03	151 430,15	318 162,92	166 732,77	52,40%
Mes 09	16 340,00	6 500,00	100 518,51	5244,44	437,04	11 362,96	140 402,95	731,67	4 485,05	227,92	145 855,91	305 925,89	160 069,97	52,32%
Mes 10	16 993,60	6 500,00	104 539,25	5454,22	454,52	11 817,48	145 759,07	760,93	4 664,45	237,03	151 430,15	318 162,92	166 732,77	52,40%
Mes 11	16 340,00	6 500,00	100 518,51	5244,44	437,04	11 362,96	140 402,95	731,67	4 485,05	227,92	145 855,91	305 925,89	160 069,97	52,32%
Mes 12	13 725,60	6 500,00	84 435,54	4405,33	367,11	9 544,89	118 978,48	614,60	3 767,44	191,45	123 558,97	256 977,74	133 418,78	51,92%
Total Anual	196 080,00	78 000,00	1 206 222,06	62 933,33	5 244,44	136 355,54	1 684 835,37	8 780,00	53 820,60	2 735,00	1 750 270,97	3 671 110,63	1 920 839,66	52,32%

Fuente: Elaboración Propia