

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN
CONFIABILIDAD EN LA EMPRESA PROCODE S. A. C. PARA LA
REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS**

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

AUTORA

MARIA DEL CARMEN GALARRETA CABANILLAS

ASESOR

CARLOS ALEXIS ALVARADO SILVA

<https://orcid.org/0000-0002-3588-8869>

Chiclayo 2019

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
BASADO EN CONFIABILIDAD EN LA EMPRESA PROCODE
S. A. C. PARA LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS**

PRESENTADA POR:

MARIA DEL CARMEN GALARRETA CABANILLAS

A la Facultad de Ingeniería Industrial de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Sonia Salazar Zegarra

PRESIDENTE

Edwin Juarez Marchena

SECRETARIO

Carlos Alexis Alvarado Silva

ASESOR

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar, por ayudarme en todo momento y permitirme llegar hasta la culminación de esta investigación.

También, dedicar este trabajo a mis padres que han servido de motivación durante todo mi tiempo en la universidad.

AGRADECIMIENTO

Dar gracias a Dios por permitirme estos años universitarios, por darme la fuerza necesaria para sobrepasar todo obstáculo y salir adelante.

Dar gracias también a mi familia por su preocupación en todo momento, por facilitarme mi tiempo de estudios y desear siempre lo mejor para mí.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación está centrado en realizar una propuesta de plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad para la empresa Procesadora y Comercializado Delgado S. A. C. Dicha empresa se dedica a la producción de sacos de polipropileno, pero durante el desarrollo de sus actividades se presentan continuamente fallas y averías por motivo de la aplicación de mantenimiento correctivo, generando un elevado tiempo de paradas no programadas y pérdidas económicas de S/ 101 897, 08.

Para la realización de la investigación, se identificaron las fallas y paradas no programadas que afectan la situación actual de las máquinas, donde se obtuvo un total de 16 678 fallas y 17 236 horas respectivamente. Posteriormente, se realizó el análisis de criticidad para determinar las máquinas más críticas, árbol de fallas y el análisis de modo y efecto de fallas que permitió elaborar el plan de mantenimiento preventivo enfocado en la confiabilidad de RCM.

De implementarse la propuesta, el tiempo de paradas programadas destinadas a mantenimiento sería 1733 horas y las pérdidas económicas que se traducen en utilidades no percibidas se reducirán a S/ 5 241,95. Por último, se realizó el análisis costo – beneficio de la propuesta, obteniendo como resultado que por cada sol invertido la empresa obtendría 1,58 soles de ganancia.

Palabras Claves: *Mantenimiento preventivo, sacos de polipropileno, confiabilidad, pérdidas económicas.*

ABSTRACT

The present work of investigation is centered in realizing a proposal of plan of preventive maintenance based on reliability for the company Procesadora y Comercializado Delgado SAC. Said company is dedicated to the production of polypropylene sacks, but during the development of its activities there are continuous failures and breakdowns due to the application of corrective maintenance, generating a long unscheduled downtime and economic losses of S / 101 897, 08.

For the realization of the investigation, failures and unscheduled stops were identified that affect the current situation of the machines, where a total of 16,678 failures and 17,236 hours respectively were obtained. Subsequently, the criticality analysis was carried out to determine the most critical machines, fault tree and failure mode and effect analysis that allowed the elaboration of the preventive maintenance plan focused on RCM reliability.

If the proposal is implemented, the time for scheduled stoppages for maintenance would be 1733 hours and the economic losses that result in profits not received will be reduced to S / 5 241.95. Finally, the cost - benefit analysis of the proposal was carried out, obtaining as a result that for each sun invested the company would obtain 1.58 soles of profit.

Keywords: *Preventive maintenance, polypropylene bags, reliability, economic losses.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	12
II.	MARCO TEÓRICO	14
2.1.	Antecedentes del problema.....	14
2.2.	Fundamentos Teóricos.....	17
2.2.1.	Definición del Mantenimiento	17
2.2.2.	Misión del Mantenimiento	17
2.2.3.	Tipos de Mantenimiento.....	18
2.2.4.	Propuesta de Plan	19
2.2.5.	Plan de Mantenimiento.....	19
2.2.6.	Análisis de Criticidad (AC).....	20
2.2.6.1.	Metodología	20
2.2.7.	Análisis de Modo y Efectos De Falla (AMEF)	24
2.2.7.1.	Ventajas Potenciales	24
2.2.7.2.	Metodología	24
2.2.8.	Análisis de fallas con diagramas de árbol	27
2.2.8.1.	Metodología	27
2.2.8.2.	Simbología	29
2.2.9.	Mantenimiento basado en Confibilidad	30
2.2.10.	Indicadores de Mantenimiento	31
2.2.11.	Costos de Mantenimiento.....	33
2.2.12.	Falla.....	34
2.2.13.	Avería	34
III.	RESULTADOS	35
3.1.	Diagnóstico de la situación actual de la empresa	35
3.1.1.	Breve reseña histórica	35
3.1.2.	Organigrama de la empresa.....	35
3.1.3.	Actividad principal.....	36
3.1.4.	Descripción del sistema de producción	37
3.1.4.1.	Productos.....	37
3.1.4.2.	Desechos	40
3.1.4.3.	Materiales e Insumos	40
3.1.4.4.	Proceso de producción	41
3.1.4.5.	Diagrama de producción	44
3.1.5.	Descripción de la maquinaria de la empresa.....	45
3.1.6.	Área de mantenimiento	46

3.1.7.	Fallas en la maquinaria durante el proceso productivo	48
3.1.10.1.	Sacos no procesados	55
3.1.10.2.	Utilidad no percibida	55
3.1.13.	Costos de mano de obra	67
3.1.14.	Análisis de Criticidad	68
3.1.15.	Árbol de fallas	74
3.1.16.	Análisis de los Modos y Efectos de Fallas (Amef)	79
3.1.17.	Análisis de NPR	99
3.2.	Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo	100
3.2.1.	Filosofía del Área de Mantenimiento	100
3.2.2.	Política Del Mantenimiento	100
3.2.3.	Objetivos del Plan de Mantenimiento	101
3.2.3.1.	Objetivo General	101
3.2.3.2.	Objetivos Específicos.....	101
3.2.4.	Jerarquización Organizacional del Área de Mantenimiento	102
3.2.5.	Plan de Mantenimiento.....	104
3.2.6.	Cronograma de mantenimiento	105
3.2.7.	Procedimiento del Mantenimiento	120
3.2.8.	Plan Formativo de Capacitación	122
3.2.9.	Nuevos Indicadores de Mantenimiento	123
3.2.10.	Nuevas Utilidades no percibidas	127
3.3.	Análisis Costo – Beneficio de la Propuesta.....	128
3.3.1.	Repuestos y Materiales de Mantenimiento	128
3.3.2.	Cálculo Costo – Beneficio de la Propuesta del Plan de Mantenimiento Preventivo	131
3.3.3.	Otros beneficios no cuantificables	131
IV.	CONCLUSIONES	132
V.	RECOMENDACIONES	133
VI.	LISTA DE REFERENCIAS	134
VII.	ANEXOS.....	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de Frecuencia	21
Tabla 2. Valorización de la Severidad	25
Tabla 3. Valorización de la Ocurrencia.....	25
Tabla 4. Valorización de Detección	26
Tabla 5. Formato del Análisis de modo y efectos de falla	27
Tabla 6. Simbología del Árbol de fallas.....	29
Tabla 7. Clasificación del indicador OEE	31
Tabla 8. Ficha técnica del saco tejido	39
Tabla 9. Clase de Sacos.....	39
Tabla 10. Datos generales de maquinaria y equipo.....	45
Tabla 11. Factor Humano del Área de Mantenimiento	46
Tabla 12. Fallas y averías del 2018	49
Tabla 13. Número de fallas por máquina en el año 2018.....	50
Tabla 14. Tiempo de paradas no programadas por máquina en el año 2018	51
Tabla 15. Tiempo total teórico por máquina	52
Tabla 16. Tiempo total trabajado por máquina	53
Tabla 17. Producción mensual de sacos del año 2018	54
Tabla 18. Capacidad de producción de Extrusora.....	55
Tabla 19. Unidades no procesadas en el año 2018.....	55
Tabla 20. Utilidad por millar	56
Tabla 21. Utilidad no percibida.....	56
Tabla 22. Utilidad no percibida por saco tejido blanco (22.5 X 36).....	57
Tabla 23. Utilidad no percibida por Saco tejido negro (26 X 42 C/B)	58
Tabla 24. Utilidad no percibida por Saco tejido negro (27 X 54).....	59
Tabla 25. Disponibilidad por máquina durante el año 2018	61
Tabla 26. Confiabilidad y Mantenibilidad de máquinas	63
Tabla 27. Costo por materiales y repuestos en Telares	64
Tabla 28. Costo por materiales y repuestos en Extrusora	65
Tabla 29. Costo por materiales y repuestos en Convertidora.....	65
Tabla 30. Costo por materiales y repuestos en Bastilladoras	66
Tabla 31. Costo por materiales y repuestos en Prensa	66
Tabla 32. Costo total por materiales y repuestos	66
Tabla 33. Costo de mano de obra de Enero a Diciembre del 2018	67
Tabla 34. Costo Total de Diagnóstico.....	67
Tabla 35. Análisis de Criticidad para Extrusora	69
Tabla 36. Análisis de Criticidad para Telares	70
Tabla 37. Análisis de Criticidad para Convertidora.....	71
Tabla 38. Análisis de Criticidad para Bastilladoras	72
Tabla 39. Análisis de Criticidad para Prensa	73
Tabla 40. Análisis de los modos y efectos de falla para la Extrusora.....	80
Tabla 41. Análisis de los modos y efectos de falla para el Telar - Sincerity #8	81
Tabla 42. Análisis de los modos y efectos de falla para el Telar - ATA #9.....	84
Tabla 43. Análisis de los modos y efectos de falla para el Telar - ATA #10.....	87
Tabla 44. Análisis de los modos y efectos de falla para el Telar - ATA #11.....	90
Tabla 45. Análisis de los modos y efectos de falla para el Telar - ATA #13.....	93

Tabla 46. Análisis de los modos y efectos de falla para el Telar - Yumbo #15.....	96
Tabla 47. Plan de Actividades de Mantenimiento para la Extrusora	106
Tabla 48. Plan de Actividades de Mantenimiento para los Telares marca Sincerity y ATA.	107
Tabla 49. Plan de Actividades de Mantenimiento para el Telar Yumbo #15	111
Tabla 50. Cronograma de mantenimiento para Extrusora.....	115
Tabla 51. Cronograma de mantenimiento para Telares	116
Tabla 52. Cronograma de mantenimiento para el Telar - Yumbo #15	118
Tabla 53. Leyenda del Cronograma de Mantenimiento	120
Tabla 54. Diagrama de flujo de proceso de mantenimiento.....	121
Tabla 55: Capacitación para Jefe de Mantenimiento	122
Tabla 56. Tiempo de paro programado por mantenimiento.....	123
Tabla 57. Tiempo total de paro de programado por mantenimiento	124
Tabla 58. Nueva Confiabilidad y Mantenibilidad.....	124
Tabla 59. Variación de Confiabilidad y Mantenibilidad.....	125
Tabla 60. Disponibilidad por máquina durante el año 2018	125
Tabla 61. Nueva producción de Extrusora	127
Tabla 62. Nueva Utilidad no percibida	127
Tabla 63. Variación de la Utilidad no percibida	127
Tabla 64. Costo anual de repuestos y materiales para los Telares	128
Tabla 65. Costo anual de repuestos y materiales para la Extrusora	128
Tabla 66. Costo total anual de repuestos y materiales para la maquinaria.....	129
Tabla 67. Nuevo costo de mano de obra	129
Tabla 68. Costo de Material de oficina	130
Tabla 69. Costo Total del plan de Mantenimiento	130
Tabla 70. Repuestos y materiales para Telar Lohia Nova6 #1.....	138
Tabla 71. Repuestos y materiales para Telar Lohia Nova6 #2.....	138
Tabla 72. Repuestos y materiales para Telar Lohia Nova6 #3.....	139
Tabla 73. Repuestos y materiales para Telar Lohia Nova6 #4.....	139
Tabla 74. Repuestos y materiales para Telar Lohia Nova6 #5.....	140
Tabla 75. Repuestos y materiales para Telar Sincerity #6	140
Tabla 76. Repuestos y materiales para Telar Sincerity #7	141
Tabla 77. Repuestos y materiales para Telar Sincerity #8	141
Tabla 78. Repuestos y materiales para Telar ATA #9	142
Tabla 79. Repuestos y materiales para Telar ATA #10	142
Tabla 80. Repuestos y materiales para Telar ATA #11	143
Tabla 81. Repuestos y materiales para Telar ATA #12	143
Tabla 82. Repuestos y materiales para Telar ATA #13	144
Tabla 83. Repuestos y materiales para Telar Yumbo #14.....	144
Tabla 84. Repuestos y materiales para Telar Yumbo #15.....	145
Tabla 85. Valorización de NPR para Extrusora	150
Tabla 86. Valorización de NPR para Telares	151

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Matriz de Criticidad	20
Figura 2. Niveles de análisis para evaluar criticidad.....	21
Figura 3. Criterios de consecuencias.....	22
Figura 4. Matriz de Criticidad	22
Figura 5. Árbol de Falla	29
Figura 6. Ubicación de la empresa en estudio.....	35
Figura 7. Organigrama de la empresa	36
Figura 8. Saco tejido blanco	37
Figura 9. Saco Laminado	37
Figura 10. Saco Leno	38
Figura 11. Mantas.....	38
Figura 12. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de sacos	44
Figura 13. Jerarquización Organizacional del área de Mantenimiento	46
Figura 14. Producción mensual de sacos con mayor demanda del 2018	54
Figura 15. Utilidades no producidas por fallas del saco tejido blanco (22.5 X 36)	57
Figura 16. Utilidades no producidas por fallas del saco tejido negro (26 X 42 C/B)	59
Figura 17. Utilidades no producidas por fallas del saco tejido negro (27 X 54).....	60
Figura 18. Árbol de falla de la extrusora.....	74
Figura 19. Árbol de falla de los telares	75
Figura 20. Árbol de falla de los telares	76
Figura 21. Árbol de falla de los telares	77
Figura 22. Árbol de falla de los telares	78
Figura 23. Jerarquización Organizacional.....	104

I. INTRODUCCIÓN

A nivel nacional, la presión competitiva por alcanzar estándares de calidad y productividad han obligado a las empresas a realizar grandes cambios en sus departamentos, uno de los más importantes es el departamento de mantenimiento, donde se estructura la planificación para actividades internas y que la empresa logre la estabilidad que necesita en el mercado [1].

En la búsqueda de mejorar la competitividad de diversas empresas, se han creado técnicas y metodologías para la gestión de mantenimiento, entre ellas se encuentra el Mantenimiento basado en Confiabilidad, cuyo objetivo principal es aumentar la disponibilidad del activo físico y reducir los costos de mantenimiento, identificando los modos y causas de fallas.

F. Gonzáles [2]. Un mantenimiento adecuado y permanente incrementa la vida útil de las máquinas, para poder cumplir con los objetivos propuestos por las empresas. Las empresas están compuestas por diversos componentes o elementos como los equipos, las instalaciones y edificaciones por medio de los cuales se pueden producir y/o fabricar productos. A través de los años estos elementos van sufriendo una serie de degradaciones, algunas causadas por el hombre y otras por el mismo ambiente, afectando la disponibilidad de las máquinas, incrementando los costos de mantenimiento y poniendo en riesgo la seguridad de los operarios.

Según la Sociedad Nacional de las Industrias, la producción de productos plásticos ha tenido un importante crecimiento en el Perú, debido a la variedad de usos que se le dan como productos industriales en los diferentes sectores. Se registraron tasas por encima del 5% en el 2017 (10.9%) y 2010 (19,1%) y con reducciones productivas en 2009 (-3,9%) y 2012 (-0.8%) [3].

En el departamento de Lambayeque, la demanda de sacos de polipropileno para productos agrícolas ha registrado un importante incremento, debido a la firma de nuevos tratados comerciales que abren mercados para diversos productos agroindustriales. Para llevar a cabo la exportación se requiere de envases y envolturas que cumplan requisitos sanitarios y otros criterios de calidad, lo que sería provisto por la industria plástica local.

La empresa Procesadora y Comercializadora Delgado S. A. C., se dedica a la fabricación de diferentes tipos de sacos de polipropileno como son, sacos tradicionales, sacos leno, sacos laminados o mantas, y debido a que es una de las más antiguas en el sector, cuenta con una cartera de clientes cuyas actividades se desarrollan en el sector agroindustrial del departamento de Lambayeque.

Esta empresa cuenta con máquinas industriales, las que presentan fallas en sus componentes (rodillo, faja, matriz, etc.) siendo motivo suficiente para que la producción se vea estancada hasta que se solucione el problema y la máquina pueda continuar con su funcionamiento. Además, la empresa PROCODE S. A. C. realiza acciones correctivas en el mantenimiento, ya que espera que se presente la falla para realizar la reparación en ese preciso instante, originando pérdidas económicas por paradas no programadas.

También es necesario definir las políticas, procedimientos que ayuden a entender y valorar el mantenimiento, identificar oportunidades de mejora y plantear indicadores que permitan controlar las máquinas para que no sean éstas las que impongan los resultados, sino que se ajusten a valores o indicadores previamente definidos por la gerencia de mantenimiento [4].

Teniendo en cuenta lo expuesto, se planteó como objetivo general la propuesta de plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad en la empresa PROCODE S. A. C. para reducir pérdidas económicas. Así mismo, se plantearon objetivos que ayuden al logro de esta investigación: Realizar el diagnóstico del proceso de mantenimiento de que se desarrolla en la empresa actualmente considerando los indicadores de mantenimiento, elaborar la propuesta del plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad y finalmente realizar el análisis costo-beneficio de la propuesta.

Lo que se desea lograr en la presente investigación se dirige a la competitividad regional y nacional que exige optimizar los procesos internos con el objetivo de mejorar su eficiencia. Esto representa una desventaja para PROCODE S. A. C. ya que al no contar con un Plan de Mantenimiento Preventivo se generan costos adicionales.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

J.S Blanco-Cáceres, O.M Duque-Suárez (2018) [5] en su investigación **“Ingeniería de mantenimiento basada en confiabilidad a los equipos altamente críticos de la Empresa Comercializadora LICRATEX C.A”** tuvo como objetivo aplicar la metodología de Mantenimiento Centrada en la Confiabilidad a los equipos de una industria del Sector textil ubicada en la ciudad de San Cristóbal- Edo. Táchira en la República Bolivariana de Venezuela. El desarrollo fue el siguiente:

- ✓ Se realizó el diagnóstico del estado de mantenimiento de la empresa en general
- ✓ Se realizó el análisis de criticidad de las diferentes máquinas y equipos.
- ✓ Se realizó el AMEF (análisis del modo de fallas y sus efectos)
- ✓ Se realizó el Plan de Mantenimiento
- ✓ Se hallaron los indicadores de gestión del mantenimiento

Los resultados obtenidos en el diagnóstico indican que la empresa utiliza en bajo porcentaje, mantenimiento predictivo y correctivo y la matriz de criticidad señala que la máquina tendedora de tela se encuentra en niveles de criticidad. Se diseñó la propuesta con tareas para la mitigación de fallos en función del tipo de mantenimiento seleccionado para los equipos de la empresa.

Villacrés (2016) [6] en su investigación **“Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la Metodología de Mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo Hidrocleaner Vactor M654 de la empresa Etapa Ep”** cuyo objetivo fue el desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad para los equipos críticos de un vehículo de la flota de hidrocleaners de la empresa municipal Etapa Ep de la ciudad de Cuenca. El estudio reveló que el plan de mantenimiento propuesto tiene su principal enfoque en realizar un análisis de modos y efectos de falla (AMEF). Finalmente, después de aplicar el plan, se obtuvo una disminución del 45% de fallas, el 58% de horas paradas y un 80% en costos de mantenimiento y alquiler de un camión hidrocleaner sustituto. En conclusión, se recomienda aplicar la metodología RCM en el resto de la flota vehicular de la empresa.

F. Rey (2014) [7] en su investigación **“Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo”** identificó los equipos que se deben considerar en un plan de mantenimiento preventivo en función de una serie de variables relacionadas con los diferentes aspectos de la empresa y del sistema de producción. En este documento, el autor presentó la manera de determinar las tareas que se deben incluir en los equipos identificados en el proceso. Primero partió con la necesidad de construir un grupo de trabajos para estudiar y optimizar el plan de mantenimiento preventivo. Luego la investigación metódica de fallos a través de la construcción del árbol de fallas que permite construir secuencias lógicas de análisis y revisión de problemas para elaborar la revisión – diagnóstico en diferentes niveles de intervención. Finalmente, aplicar la metodología de resolución de fallos/ averías por la construcción del árbol de fallos. El objetivo de las tareas de mantenimiento preventivo que se deseen aplicar sobre los componentes de un determinado sistema de producción será “mantener la funcionalidad” de dicho sistema.

Según Sobral et al. (2016) [8], en su investigación **“Preventive Maintenance of Critical Assets based on Degradation Mechanisms and Failure”** utilizó el monitoreo por condición, centrándose en la importancia de predecir una falla en el tiempo. La investigación estudió el comportamiento de un equipo llamado HVAC (Heat, Ventilation and Air Conditioning), donde la calidad del aire debe ser controlada y la energía ahorrada de forma segura y se midió la degradación de un parámetro en el tiempo para varios activos similares y de acuerdo a eso se puede saber el tiempo de falla y de esta forma tener un mantenimiento establecido para los diferentes activos operando en un sistema. El trabajo concluyó que la toma de decisiones basada en los datos reunidos por el monitoreo por condición es mejor que los datos históricos o incluso la información del proveedor sobre el activo. De esta forma se logra obtener información sobre el tiempo de vida, las probabilidades de falla o la confiabilidad de los diferentes ítems. la metodología empleada sirvió para predecir el comportamiento de los activos y seguir un mantenimiento preventivo estratégico.

According to Sobral et al. (2016) [8], in his research **"Preventive Maintenance of Critical Assets based on Degradation Mechanisms and Failure"** based on condition monitoring, focusing on the importance of predicting a failure over time. The research is presented through a team called HVAC (Heat, Ventilation and Air Conditioning), where the air quality must be controlled and the energy saved safely, the evolution of a parameter of degradation in time for

several similar assets and according to that, you can know the time of failure and in this way have a maintenance established for the different assets operating in an organization. It is concluded that the decision making based on the data gathered by the monitoring of conditions is better than the historical data or even the supplier information on the asset. In this way it is possible to obtain information about the time of life, the probabilities of failure or the reliability of the different items. the methodology used serves to predict the behavior of assets and follow strategic preventive maintenance.

A. Azoy (2014) [9] en su investigación sobre el **“Método para el cálculo de indicadores de mantenimiento”**, presentó como objetivo el desarrollo de una metodología para el cálculo de indicadores de mantenimiento. El enfoque del estudio está destinado al cálculo de cinco de los principales indicadores denominados como de clase mundial el tiempo medio entre fallas (TMEF), tiempo medio para la reparación (TMPR), disponibilidad de equipo (DISP), costo de mantenimiento por facturación y costo para la eliminación de las fallas. Para el cálculo se tomó como fuente primaria de información dos de los principales medios de control utilizados en los talleres de mantenimiento y reparaciones en Cuba: las órdenes de trabajo al taller y las tarjetas de control de consumo de combustible y lubricantes. Después de analizar el método desarrollado, se evidenció la posibilidad de evaluar por primera vez la gestión de mantenimiento tanto en los talleres de las Unidades Empresariales de Base Integrales de Servicios Técnicos, como en el resto de los talleres existentes en los diferentes municipios. Mediante la aplicación del método desarrollado se pudo elaborar las medidas técnico-organizativas para el mejoramiento de la gestión en los diferentes niveles de talleres.

2.2.Fundamentos Teóricos

2.2.1. Definición del Mantenimiento

Se entiende por mantenimiento al control de máquinas y equipo en un estado de operación, que abarca, el servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Principalmente se basa en el desarrollo de criterios, técnicas y conceptos necesarios para el mantenimiento, que proporciona una serie de políticas y criterios que ayudan en la toma de decisiones administrativas y aplicación de programas de la misma área [10].

El mantenimiento comienza desde el proyecto de diseño de las máquinas, Para conseguir un adecuado mantenimiento es necesario comenzar con las especificaciones técnicas como planos, tolerancias, documentos técnicos que nos proporcionan los proveedores. Esta información se debe sintetizar en todas las actividades que se llevaran a cabo para el mantenimiento de los equipos [11].

2.2.2. Misión del Mantenimiento

Dentro de la producción, el mantenimiento tiene como fin garantizar la optimización de los diferentes equipos, y además a través de programas de prevención y predicción de fallas, reparación de daños y mejora continua de las condiciones de trabajo con una política de cero defectos y así poder lograr sus objetivos fundamentales. O. García [12], sostiene que se deben tener en cuenta estos objetivos principales:

- ✓ Administración los recursos de forma eficaz con una mejora de procesos, procedimientos y estándares que incentiven el uso eficiente y eficaz de los muchos recursos en la organización.
- ✓ Desarrollo del talento del personal con una formación y capacitación permanente, además de contar con sistemas de competencias, gerencia del desempeño y gestión global del conocimiento.
- ✓ Preservar los activos físicos a través del desarrollo de técnicas administrativas y un mantenimiento más eficaz y así poder conservar la vida útil de los equipos productivos, teniendo en cuenta el aspecto económico.
- ✓ Disponibilidad de los activos físicos a través del desarrollo de normas y procedimientos que promuevan eficiente, segura y económicamente la máxima disponibilidad técnica y operativa de los equipos según lo requiera producción.

2.2.3. Tipos de Mantenimiento

➤ Mantenimiento correctivo

A este mantenimiento se le conoce como mantenimiento reactivo, ya que para restaurar la función de un equipo o maquinaria se involucrarán trabajos de reparación no programados [13].

Después de lo ya mencionado, es que se entiende como la intervención que se realiza después de una falla, ya sea por el desgaste de partes o piezas de los equipos, pero también intervienen otros factores externos de operaciones o del mismo ambiente del trabajo.

➤ Mantenimiento preventivo

En este mantenimiento se tienen actividades programadas y planificadas con el fin de lograr una reducción de fallas en las máquinas y equipos en general y lograr un mayor tiempo de funcionamiento continuo. Además, se va minimizando las paradas imprevistas que puedan afectar al proceso y por ende a las actividades de la organización [13]. Dentro del mantenimiento preventivo se tienen las siguientes actividades básicas a utilizar:

- ✓ Programación de componentes o piezas.
- ✓ Inspecciones y check list periódicas.
- ✓ Ajustes mecánicos menores y calibraciones.
- ✓ Limpieza general de equipos, máquinas e instalaciones.
- ✓ Lubricación general de partes móviles, componentes mecánicas de los equipos y maquinaria que utilicen aceites de circulación.

➤ Mantenimiento predictivo

Este mantenimiento se caracteriza por la identificación de las fallas de manera oportuna y así evitar que se produzca un fallo al equipo o paradas intempestivas en la producción. Dentro del mantenimiento predictivo se tiene como objetivo hacer un análisis de las condiciones de las máquinas o equipos mientras estén operativos, haciendo uso de instrumentos de medición como ultrasonidos, cámaras termográficas, entre otros que permitan recopilar información para analizarla [13].

El mantenimiento predictivo se basa en detectar y diagnosticar las averías antes de que se produzcan, además contribuye a reducir la cantidad de trabajos de mantenimiento, el ahorro de energía, mejora de la productividad y ayuda a realizar dichos trabajos con mayor rapidez y facilidad [14].

La prolongación de la vida útil del equipo o maquinaria mediante el mantenimiento predictivo se considera una ventaja importante ya que reduce el período de recambio de los mismos.

➤ **Mantenimiento planeado**

Se define al mantenimiento planeado como aquel esfuerzo integrado para convertir la mayor parte del trabajo de mantenimiento en mantenimiento programado. Ese tipo de mantenimiento se entiende por el trabajo que se identifica mediante el mantenimiento preventivo y predictivo. Además, incluye la inspección y el servicio de trabajos que se desarrollan en intervalos recurrentes específicos [14].

➤ **Mantenimiento proactivo**

Es una técnica enfocada en la identificación y corrección de las causas que originan las fallas en máquinas, componentes e instalaciones industriales y para eso es indispensable contar con técnicas del mantenimiento predictivo como por ejemplo el análisis de vibración, el de termografía o el análisis de lubricantes. Con ello se evitan las posibles consecuencias que se puedan provocar al presentarse los distintos modos de fallos asociados al equipo [14].

2.2.4. Propuesta de Plan

Para este caso la propuesta de plan es una idea o forma de administración para poder obtener una optimización del funcionamiento de la empresa, abarcando su producción, mano de obra, etc. El fin es controlar el área de mantenimiento y evitar de esta forma cualquier tipo de paradas innecesarias que generen pérdidas económicas.

2.2.5. Plan de Mantenimiento

Para todo plan de mantenimiento se debe planear acciones ayudadas por procedimientos que lleven una secuencia lógica a fin de conseguir confiabilidad y disponibilidad de los objetos a mantener [15].

La función a cumplir del mantenimiento es diferente para cada organización si se analiza como una función operativa. La concepción de mantenimiento se traduce en un conjunto de varias formas de intervenciones de mantenimiento (correctivo, predictivo, preventivo, etc.) y de la estructura general en las cuales se realizan esas intervenciones [16].

2.2.6. Análisis de Criticidad (AC)

C. Parra y A. Crespo [17], en su libro nos dicen que la Criticidad es una metodología que permite que se establezcan jerarquías entre instalaciones, sistemas, equipos y elementos de un equipo. Además, contribuye a la toma de decisiones para una mejor gestión de mantenimiento, las propuestas de mejora y el rediseño al tener como base el impacto en la confiabilidad actual y en los riesgos.

2.2.6.1. Metodología

Se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla para determinar la criticidad de una unidad o equipo. En un eje se tiene la frecuencia de cada una de las fallas y en otro las consecuencias en los que incurrirá la unidad o equipo seleccionado para el análisis.



Figura 1. Matriz de Criticidad

Fuente: AprendizajeVirtual – Pemex.

El código de colores que se observa en la Figura 1 permite identificar la mayor o menor intensidad de riesgo que está relacionado con el valor de Criticidad del equipo, instalación o sistema. Para determinar la criticidad se multiplica la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de fallas por la suma de consecuencias de la misma, como sus efectos en daños al personal, efectos en la población, impacto ambiental, daños en la instalación y pérdida de producción.

Se deben seguir los siguientes pasos para realizar el Análisis de Criticidad:

1) Definir el nivel de análisis

Dependiendo si es una instalación, sistema, equipo o elemento. Contar con los registros de ocurrencia de eventos no deseados o las fallas, el impacto en la seguridad del proceso, impacto en la producción, diagrama de flujo de proceso y toda la información que se considere necesaria para el análisis.



Figura 2. Niveles de análisis para evaluar criticidad

Fuente: AprendizajeVirtual – Pemex.

2) Definir la criticidad

Existen diferentes modos de falla para cada equipo, pero el más representativo será el de mayor impacto en el proceso. La frecuencia de ocurrencia del evento se calcula según el número de fallas por año. En la Tabla 1 se muestran los criterios utilizados para estimar la frecuencia:

Tabla 1. Criterios de Frecuencia

Frecuencia	Interpretación de probabilidad
5	Es probable que ocurra de 150 a más veces en un año.
4	Es probable que ocurra de 100 a 150 veces en un año.
3	Es probable que ocurra de 50 a 100 veces en un año.
2	Es probable que ocurra de 20 a 50 veces en un año.
1	Es probable que ocurra de 10 a 20 veces en un año.

Fuente: AprendizajeVirtual – Pemex.

Para estimar las consecuencias o impactos de la falla, se utilizan los criterios de la Figura 3 y su respectiva categorización.

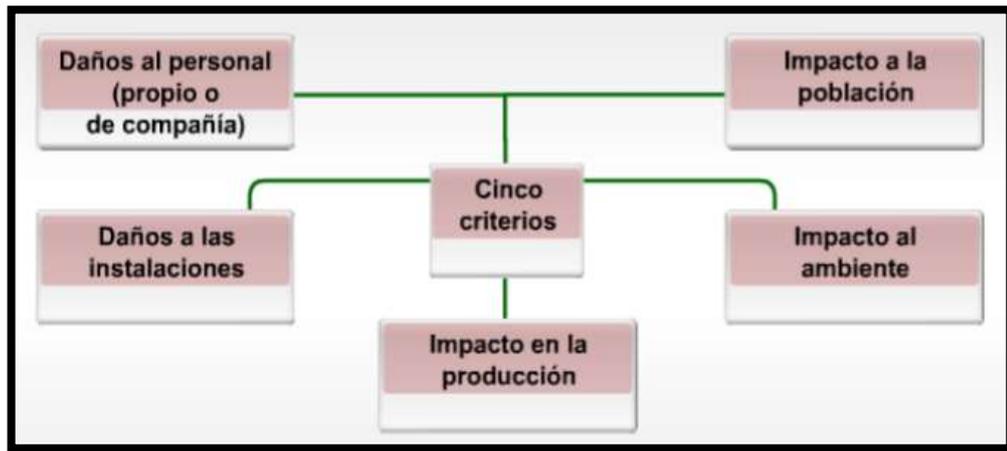


Figura 3. Criterios de consecuencias

Fuente: AprendizajeVirtual – Pemex.

3) Calcular el nivel de criticidad

Se considera la siguiente formula.

$$Criticidad = Frecuencia * Consecuencia$$

Después de obtener el resultado de la multiplicación presentada, de acuerdo con los valores y jerarquización establecida, se busca en la Matriz de Criticidad el nivel de criticidad correspondiente.



Figura 4. Matriz de Criticidad

Fuente: AprendizajeVirtual – Pemex.

4) Analizar y validar los resultados

Este análisis permite validar los resultados que se obtuvieron para evitar cualquier tipo de desviación que obligue a reevaluar la criticidad.

5) Definir el nivel de análisis

Permite dirigir los recursos y esfuerzos a las áreas que más lo necesiten, de igual forma gerenciar las acciones de mitigación de riesgos.

6) Determinar la criticidad

Cuando el valor de criticidad se debe a valores altos en alguna de las categorías de consecuencias, las acciones van dirigidas a mitigar los diferentes impactos que el evento (modo de falla) genere.

7) Sistema de seguimiento de control

Después de elegir las acciones de mejora en todos los eventos presentados y haber mitigado los impactos, se debe crear y establecer un Seguimiento y Control, para garantizar el monitoreo de la ejecución de las acciones seleccionadas y el cumplimiento de las recomendaciones consecuentes del AC.

Los objetivos de Seguimiento y Control son:

- ✓ Garantizar la aplicación de los planes de acción resultantes de la aplicación de la Metodología Análisis de Criticidad.
- ✓ Promover la cultura del dato en todos los niveles de la empresa.
- ✓ Monitorear los cambios o mejoras que puedan darse por la aplicación de las acciones de mejora.

8) Análisis y validación de los resultados

Se considera necesario crear un expediente que contenga los registros y documentos del Análisis de Criticidad realizado a las instalaciones, sistema, equipos o elementos.

2.2.7. Análisis de Modo y Efectos De Falla (AMEF)

AMEF o Análisis del Modo y Efecto de Fallas es un método efectivo para el diagnóstico y prevención de errores. Nos permite identificar las causas y efectos de las fallas en las máquinas o equipos, para así poder evitarlas y centrar los recursos en planes de prevención y supervisión.

Objetivos principales AMEF [19]:

- ✓ Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- ✓ Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
- ✓ Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.
- ✓ Analizar la confiabilidad del sistema.
- ✓ Documentar el proceso.

2.2.7.1.Ventajas Potenciales

Se tiene una serie de beneficios con este procedimiento de análisis [20]:

- ✓ Identifica fallas o defectos antes de que estos ocurran
- ✓ Reducir los costos de garantías
- ✓ Incrementar la confiabilidad de los productos/servicios (reduce los tiempos de desperdicios y re-trabajos)
- ✓ Procesos de desarrollo más cortos
- ✓ Documenta los conocimientos sobre los procesos
- ✓ Incrementa la satisfacción del cliente

2.2.7.2.Metodología

J. Moubray [21] menciona en la descripción de su libro que se tienen diferentes puntos para el desarrollo del análisis:

- ✓ Identificar y colocar los pasos del proceso o las partes del sistema a analizar.
- ✓ Describir la función del paso o el componente.
- ✓ Determinar los posibles modos de falla de cada paso o componente. Esto va a depender de la función que tenga cada elemento, no será lo mismo en todos.
- ✓ Listar los efectos de cada potencial modo de falla.
- ✓ Asignar el grado de severidad de la falla que ocurra. Para estimar el grado de severidad, se debe de tomar en cuenta el efecto de la falla en el cliente. Para dar el valor o ranking

se utiliza una escala del 1 al 10. El 1 indica una consecuencia sin efecto y el 10 indica una consecuencia grave.

Tabla 2. Valorización de la Severidad

Valor	Efecto	Efecto de Severidad
10	Peligroso sin aviso	Valor de severidad muy alto cuando un modo de Problema potencial afecta la operación del sistema sin alerta
9	Peligroso con aviso	Valor de severidad muy alto cuando un modo de Problema potencial afecta la operación del sistema con alerta
8	Muy alto	Identificar modos de Problema potenciales y su impacto en la confiabilidad del proceso o actividad
7	Alto	Sistema inoperable con equipo dañado
6	Moderado	Sistema inoperable con daños menores
5	Bajo	Sistema inoperable sin daños
4	Muy bajo	Sistema operable con una significativa degradación de rendimiento
3	Menor	Sistema operable con una degradación de rendimiento
2	Muy menor	Sistema operable con mínima interferencia
1	Ninguno	Ningún efecto

Fuente: Moubray 2004.

- ✓ Asignar el grado de ocurrencia de cada falla ocurrida. Para colocar el valor se utiliza una escala. El 1 indica una probabilidad de fallo remota (un problema inverosímil) y el 10 indica una probabilidad de fallo muy alta (un problema casi inevitable).

Tabla 3. Valorización de la Ocurrencia

Valor	Probabilidad de fallo	Probabilidad de fallo
10	Muy alta : Problemas casi inevitables	>1 en 2
9		1 en 3
8	Alta: Fallos repetitivos	1 en 15
7		1 en 20
6		1 en 80
5		1 en 400
4	Moderadas: Problemas ocasionales	1 en 2 000
3	Baja: Pocas Problemas relativamente	1 en 15 000
2		1 en 150 000
1	Remota: Problema inverosímil	<1 en 1 500 000

Fuente: Moubray 2004.

- ✓ Describa si hay controles actuales de prevención
- ✓ Describa si hay controles actuales de detección
- ✓ Asignar el grado de detección de cada modo de falla Detección es la probabilidad de que la falla sea detectada antes de que llegue al cliente.

Tabla 4. Valorización de Detección

Valor	Detección	Probabilidad de la Detección
10	Absoluta incertidumbre	El control del diseño no puede detectar una causa potencial/mecanismo y modo de fallo subsecuente
9	Muy remota	Muy remota la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes
8	Remota	Identificar modos de Problema potenciales y su impacto en la confiabilidad del proceso o actividad
7	Muy baja	Muy baja la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes
6	Baja	Baja la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes
5	Moderada	Moderada la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes
4	Muy moderada	Muy moderada la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes
3	Alta	Alta la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes
2	Muy alta	Muy alta la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes
1	Casi seguro	Control de diseño detectará causas potenciales/ mecanismos y modos de fallos subsecuentes

Fuente: Moubray 2004.

- ✓ Calcular el NPR (Número Prioritario de Riesgo) de cada efecto. Es un valor que establece una jerarquización de los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección, éste provee la prioridad con la que debe de atacarse cada modo de falla identificado.

$$NPR = Severidad * Ocurrencia * Detección$$

500 - 1000	Alto riesgo de falla
125 - 499	Riesgo de falla medio
1 - 124	Riesgo de falla bajo
0	No existe riesgo de falla

- ✓ Priorizar los modos de falla con el NPR de mayor a menor.
- ✓ Tomar acciones (acciones recomendadas) para eliminar o reducir el riesgo del modo de falla, en este paso debe establecerse un plan de acción para mitigar el riesgo, a estas acciones se les llama acciones recomendadas.
- ✓ Después de ejecutar el plan de trabajo (acciones recomendadas) se calcula el nuevo NPR y se verifica si aún hay riesgos con NPR alto.

Tabla 5. Formato del Análisis de modo y efectos de falla

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA	EFFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Sev	Nueva Ocu	Nueva Det	Nuevo NPR

Fuente: Moubray 2004.

2.2.8. Análisis de fallas con diagramas de árbol

Según Smith y Mobley [22], el árbol de falla es un método deductivo de análisis que sirve para identificar causas potenciales de fallas y poder prevenirlas antes de que estas ocurran. Además, permite evaluar la probabilidad del evento más alto utilizando métodos analíticos o estadísticos.

2.2.8.1. Metodología

S. Borris [23] menciona que para la elaboración del Diagrama de Árbol de Fallas se deben considerar los pasos siguientes:

1) Definir el evento superior

Identificar el tipo de falla que se va a investigar, esto podría ser el resultado final de un incidente.

2) Determinar todos los eventos no deseados en el proceso

Separe esta lista en grupos con características comunes. Un evento puede abarcar a todos los eventos dentro de un grupo. Y finalmente será el evento que se va a estudiar.

3) Conocer el proceso

Se debe estudiar toda la información disponible sobre el proceso y sus etapas. Puede ser de ayuda un análisis de trabajo para determinar la información necesaria.

4) Construir el árbol de fallas

Se usan solamente pocos de los símbolos y la construcción es práctica y sencilla.

5) Validar el árbol

Se requiere de una persona que conozca bien el proceso para verificar que el árbol esté completo y exacto.

6) Evaluar el árbol de fallas

Examinar el árbol para hacer mejoras en el análisis o donde tal vez haya oportunidad de utilizar procedimientos o materiales alternativos para disminuir el peligro.

7) Considerar cambios constructivos

Evaluar los diferentes métodos alternativos que se implementen.

8) Considerar alternativas y recomendar pasos

Se recomiendan acciones correctivas o medidas alternativas.

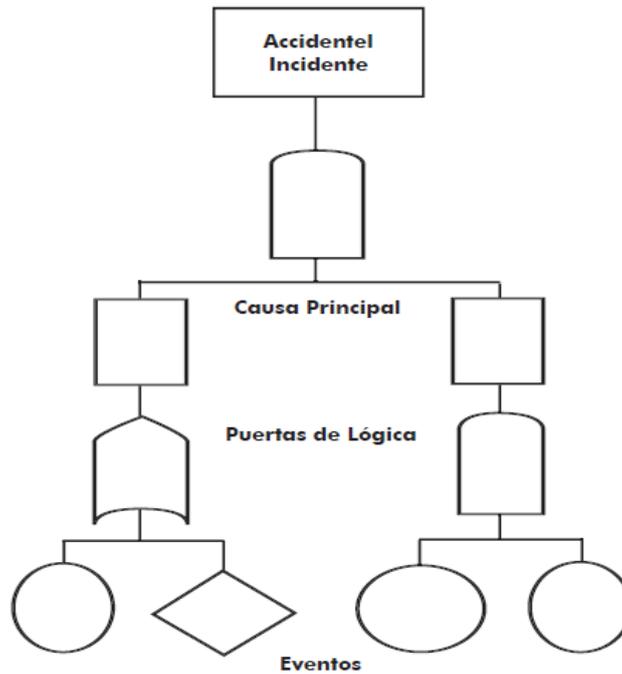


Figura 5. Árbol de Falla

Fuente: TDI 2006 [24].

2.2.8.2.Simbología

Tabla 6. Simbología del Árbol de fallas

SÍMBOLO	NOMBRE	DEFINICIÓN
	Puerta Y	Representa una condición en la cual todos los eventos mostrados por debajo de la puerta tienen que estar presentes para que ocurra el evento que se encuentra arriba de la puerta. Es decir, que el evento de resultado ocurrirá solamente si todos los eventos de entrada existen simultáneamente.
	Puerta O	Simboliza una condición en la cual cualquier de los eventos mostrados por debajo de la puerta al evento que se encuentra arriba de la puerta. El evento de resultado ocurrirá si solamente uno o cualquier combinación de los eventos de entrada ocurren.
	Rectángulo	Es el principal componente del árbol. Representa el evento negativo y se localiza en el punto superior del árbol y puede localizarse por todo el árbol para indicar otros eventos que pueden dividirse más. Este es el único símbolo que tendrá abajo una puerta de lógica y eventos de entrada.
	Círculo	Simboliza un evento base, estos se encuentran en los niveles inferiores y no requieren más desarrollo. No hay puertas o eventos debajo del evento base.
	Diamante	Significa un evento final sin desarrollar debido a la falta de información o significancia. Una rama del árbol de fallas puede terminar con un diamante.
	Óvalo	Representa una situación especial que puede ocurrir solamente si ocurren ciertas circunstancias. Esto se explica adentro del símbolo del óvalo.
	Triángulo	Representa una transferencia de una rama del árbol a otro lugar. Donde se conecta un triángulo al árbol con una flecha, todo que esté mostrado debajo del punto de conexión se pasa a otra área del árbol. Esta área se identifica con un triángulo correspondiente que se conecta al árbol con una línea vertical.

Fuente: TDI 2006 [24].

2.2.9. Mantenimiento basado en Confiabilidad

Según D. Mesa, Y. Ortiz, et al. [25]. El mantenimiento basado en Confiabilidad se aplica para aquellas máquinas o equipos que son críticos para la producción de la empresa, costos de mantenimiento, seguridad y ambiente. La finalidad es aumentar el mantenimiento existente, con la probabilidad de que no ocurra una falla de determinado tipo, para una misión definida y con un nivel de confianza dado.

Según Garcia [26]. Se define a la confiabilidad como la probabilidad de que no ocurra una falla de determinado tipo, para una misión definida y con un nivel de confianza dado. El mantenimiento basado en la confiabilidad se entiende como “Una filosofía de gestión en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, es capaz de optimizar operaciones de un sistema que opera bajo condiciones de trabajo ya establecidas, implantando diferentes actividades de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dichos sistemas.”

En su investigación afirma que la confiabilidad operacional se puede aplicar sustancialmente en casos relacionados con:

- ✓ La elaboración y/o revisión de planes de mantenimiento e inspección en equipos estáticos y dinámicos.
- ✓ Lograr establecer alcances y frecuencias óptimas de paradas por fallas o averías.
- ✓ Dar solución a los problemas recurrentes en equipos e instalaciones que afectan significativamente los costos y la confiabilidad de las operaciones.
- ✓ La determinación de las tareas que permitan minimizar riesgos en los procesos, instalaciones, equipos y ambiente.
- ✓ Implantar procedimientos operacionales y prácticas de trabajo seguro.

Así mismo, con la confiabilidad se logra que una instalación o sistema pueda cumplir con sus funciones dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico. Es importante mencionar que, en un programa de optimización de Confiabilidad Operacional, se debe realizar el análisis de los siguientes cuatro parámetros: disponibilidad de los equipos, mantenibilidad de los equipos y la confiabilidad de los equipos. La variación en conjunto o individualidad de cualquiera de los parámetros mencionados, afectará el comportamiento global de la confiabilidad operacional de un determinado sistema.

2.2.10. Indicadores de Mantenimiento

➤ Overall Equipment Effectiveness

Martínez [27] El OEE mide la efectividad de las máquinas y líneas a través de un porcentaje, que es calculado multiplicando las tres razones porcentuales fundamentales de una producción industrial: disponibilidad (la máquina estuvo cierto tiempo parada), tasa de ejecución (la máquina estuvo funcionando a menos de su capacidad total) o calidad (se ha producido unidades defectuosas).

$$OEE = Disponibilidad * Tasa de Ejecución * Calidad$$

Este indicador se emplea para medir el rendimiento y productividad de aquellas líneas de producción en las que la máquina tiene una gran influencia [27].

Tabla 7. Clasificación del indicador OEE

OEE	CALIFICATIVO	CONSECUENCIAS
OEE < 65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad.
65% < OEE < 75%	Regular	Altas pérdidas económicas. Aceptable sólo si está en proceso de mejora.
75% < OEE < 85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% < OEE < 95%	Buena	Buena competitividad. Entramos ya en los valores del “World Class2”.
OEE > 99%	Excelente	Competitividad excelente.

Fuente: L. Martínez [27].

✓ Disponibilidad

Se entiende por disponibilidad a la capacidad de una maquinaria o equipo para estar funcionando cuando se le requiera y se mantenga operando durante un determinado periodo de tiempo [27].

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ total\ trabajado}{Tiempo\ total\ teórico} * 100$$

✓ Tasa de Ejecución

Según Martínez [27] la tasa de ejecución es el porcentaje de producción realizada en comparación con la producción posible bajo condiciones óptimas de producción.

$$Tasa\ de\ Ejecución = \frac{Producción\ Real}{Producción\ Ideal} * 100$$

✓ Calidad

Según Martínez [27] la tasa de calidad es la probabilidad de obtener unidades buenas o unidades conformes al término del proceso productivo

$$Calidad = \frac{N^{\circ}\ de\ unidades\ conformes}{N^{\circ}\ de\ unidades\ totales} * 100$$

➤ Confiabilidad

F. Apablaza. [28] define a la confiabilidad como la probabilidad de que un equipo o instalación funcione correctamente durante un determinado periodo determinado. Si se tiene un equipo sin fallo, se dice que el equipo es ciento por ciento confiable o que existe una probabilidad de supervivencia igual a uno. Mediante el análisis de confiabilidad de un equipo o sistema, se obtiene información valiosa acerca de la condición del mismo: probabilidad de fallo, tiempo promedio entre fallas, etapa de la vida en que se encuentra el equipo. Se mide por el índice de MTTF.

✓ Tiempo medio hasta el fallo (MTTF)

$$MTTF = \frac{Tiempo\ total\ entre\ fallas}{N^{\circ}\ de\ fallas\ totales\ por\ máquina} = \frac{\Sigma TTF}{n}$$

Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado.

➤ Mantenibilidad

Es la probabilidad de que un equipo o instalación, después de un fallo, sea reparado en un tiempo dado. Se mide por el índice MTTR.

✓ **Tiempo medio para reparar (MTTR)**

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total para reparar}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas totales por máquina}} = \frac{\Sigma TTR}{n}$$

D. Smith [29]. Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado. La mantenibilidad se define como la probabilidad de que una máquina o equipo vuelva a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos específicos.

2.2.11. Costos de Mantenimiento

Según Espinosa [30], se dividen en dos clases:

- Costos relacionados directamente con las actividades de mantenimiento en una organización (costo de mano de obra, costo de repuestos, costos administrativos, costo de capital y costos de almacén).
- Costo por pérdida a causa de las diferentes fallas presentes en la producción.

Según Cuevas [31], existen tres clases de costos generados en la fabricación de un producto o servicio:

- Mano de Obra Directa: todo tipo de costos laborales que se pueden ser físicamente asignados sin dificultades adicionales. todos aquellos materiales que forman parte integral de un producto o servicio. Se denomina costo de mano de obra indirecta a los costos de trabajo humano que no pueden rastrearse o que de hacerlo conllevarían a costos adicionales o problemas prácticos.
- Materiales Directos: todos aquellos materiales que forman parte integral de un producto o servicio que pueden identificarse adecuadamente en el mismo.
- Costos indirectos de fabricación: conocido también como costos generales de fabricación a excepción de mano de obra directa y materiales directos, etc.

2.2.12. Falla

Se considera como falla al desperfecto que sufren máquinas o equipos del proceso y que impide que funcionen con normalidad. Es importante resaltar que es imposible que una instalación esté libre de fallas a lo largo de los años, pero si es posible reducirlas [32].

2.2.13. Avería

La avería resulta de un fallo, ya sea de un mismo elemento o de otra etapa procedente del ciclo de vida. También se considera avería cuando se impide tener un control de los niveles de producción por cualquier anomalía.

III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de la situación actual de la empresa

3.1.1. Breve reseña histórica

La empresa PROCODE S. A. C. nació hace 8 años como un negocio dedicado a la fabricación y comercialización de sacos de polipropileno, hechos para distintos tipos de productos para el que serán destinados a envasar como granos, tubérculos, vegetales, etc. La empresa con el RUC: 20600551290, pertenece al sector manufacturero y busca satisfacer la demanda de sus productos a nivel de local, regional y nacional. Actualmente se encuentra ubicada en la carretera Lambayeque Km.776, – Predio Santo Tomás.



Figura 6. Ubicación de la empresa en estudio

Fuente: Google Earth

3.1.2. Organigrama de la empresa

Partiendo del organigrama actual de la empresa se podrá tener una idea de la magnitud de que se desea analizar. En la presente tesis se prestará mayor atención al área de mantenimiento ya que es ahí donde se hace el mantenimiento de todas las máquinas y equipos.

En PROCODE S. A. C. no se cuenta con un organigrama formal, pero si se tiene el organigrama base para poder manejar el trabajo lo mejor posible. Esta información y los procedimientos de mantenimiento que se realizan en planta fueron brindados directamente por la empresa.

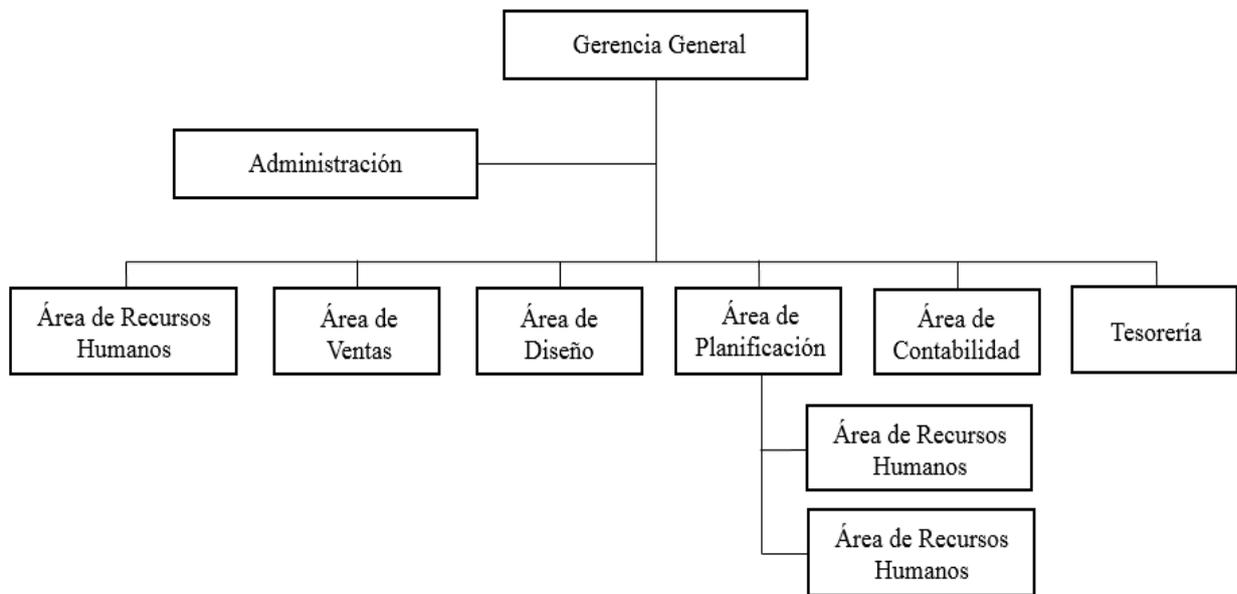


Figura 7. Organigrama de la empresa

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Como se puede apreciar se tiene un organigrama horizontal donde el área a analizar se desprende del departamento de planeación junto con el área de producción.

El importante aclarar que el personal encargado del mantenimiento trabaja conjuntamente con los de producción y casi siempre se encuentran presentes en planta para solucionar cualquier problema de paro de máquina.

Además, no hay un jefe de mantenimiento, por esta razón es el jefe de planeación quien se encarga de coordinar y comunicar con los mecánicos y técnicos cualquier actividad que sea necesaria para poder llevar la producción de la mejor manera posible.

Actualmente no existe un plan de mantenimiento que permita tener un mayor control y supervisión del funcionamiento de las maquinarias que participan del proceso de producción

3.1.3. Actividad principal

La empresa produce diferentes tipos de sacos según las especificaciones que el cliente considera necesarias (franjas de color, con o sin basta, laminado o no laminado, etc.) para los usos que ellos consideren necesarios, como por ejemplo para el envasado de arroz o el envasado de pajilla de arroz.

3.1.4. Descripción del sistema de producción

3.1.4.1.Productos

Los productos que fabrican en la empresa PROCODE S.A.C son sacos de polipropileno, estos poseen diferentes características dependiendo de las dimensiones, colores y pesos que requieran los clientes. Los tipos de sacos que se fabrican y comercializan son los siguientes:

- Saco Tejido: Ideal para ensacar, almacenar y transportar una amplia variedad de productos, dada su resistencia



Figura 8. Saco tejido blanco

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

- Saco Laminado: Sacos confeccionados con tela tubular llevando adherido al tejido, una película de polietileno que mejora las condiciones de barrera, generando mayor protección contra la humedad y elementos contaminantes.



Figura 9. Saco Laminado

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

- Saco Leno: Saco ligero y permeable, utilizado en el sector agrícola para preservar la frescura de los productos.



Figura 10. Saco Leno

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

- Mantas: Telas planas de polipropileno con fines múltiples en los sectores agrícola, industrial, construcción y comercial.



Figura 11. Mantas

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Para la presente investigación se vio conveniente considerar solo los 3 principales tipos de sacos, que son los más demandados, con el fin de tener un análisis más específico y detallado. En la Tabla 8 se detallan las características de los Sacos Tejidos que se usaran para el desarrollo del estudio.

Tabla 8. Ficha técnica del saco tejido

Tipo de saco	Color	Textura	Ancho (pulg)	Largo (pulg)	Espesor (mm)	Peso (g)	Basta (mm)	Borde de costura (pulg)
Tejido	Blanco	áspero	22,5	36	3	56	25	1,5
Tejido	Negro	áspero	26	42	3	80	25	1,5
Tejido	Negro	áspero	27	54	3	160	25	1,5

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Es importante mencionar que desde el momento que empieza la producción son muchos los factores que influirán en el resultado final del saco. En ocasiones durante ciertas etapas, como por ejemplo la de tramado, cuando se genera un tejido defectuoso por fallas o descuido del operario y la manga queda abierta o con nudos, se le denomina saco de clase “B”. El problema para la empresa es que estos sacos ya no pueden ser vendidos dada su condición y terminan significando una pérdida.

Tabla 9. Clase de Sacos

Clase "A"	Clase "B"
	
Descripción	
Son los sacos que se encuentran en perfectas condiciones para ser enfardelados y entregados al cliente.	Son sacos defectuosos que se obtienen durante las etapas de conversión y selección y debido a su estado simplemente se desechan.

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

3.1.4.2. Desechos

Como desecho se tiene merma, generado en la etapa de extrusión y tejido. Además de los sobrantes de tintas, usadas para la impresión de los sacos. Algunas veces la tinta se seca en las tinas empleadas por el operario teniendo que desecharse posteriormente.

De igual forma se genera merma en las etapas de selección y conversión, obteniendo sacos defectuosos a los que llaman “Clase B”. Los sacos de Clase B, como se explicó en la Tabla 9, son los que no se venden por su estado y simplemente se desechan.

3.1.4.3. Materiales e Insumos

➤ Polipropileno

Es la materia prima principal para la elaboración de sacos, este material es un termoplástico, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Dentro de sus usos se tienen una lista larga de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices, etc. El polipropileno utilizado por la empresa PROCODE S.A.C es de la marca Braskem.

➤ Carbonato

Es el mineral más importante para la industria del plástico ya que otorga alta resistencia y pureza. La cantidad a utilizar depende del tipo de cinta que se requiere fabricar.

➤ Aditivos

Lo que le da color a la cinta que se debe producir se conoce como pigmentos. Son adquiridos de Mastercool y viene envasado en bolsas de 25 kg. Los aditivos más empleados por la empresa son:

- ✓ **Masterbatch Blanco:** es un MB que contiene Dióxido de Titanio – TiO_2 , se usa para colorear en blanco. La dosificación del MB va a depender de del aditivo y del tono final buscado.
- ✓ **Masterbatch Negro:** es un MB que contiene como aditivo el negro humo, da buenas propiedades de resistencia a la luz (UV), dándole a la cinta un mayor tiempo de vida que con con PP virgen.
- ✓ **Masterbatch Colores:** es un MB que contienen como aditivos el pigmento del color que se desea obtener. La dosificación dependerá del acabado final que se desea.

➤ **Tintas**

Para la impresión de los diferentes diseños de los sacos se emplean gran cantidad de tintas de distintos colores.

➤ **Alcohol y acetato**

Permiten disolver las tintas que se van a emplear en el proceso de impresión, además se utiliza también para la limpieza de los cilindros de la impresora entre otros.

➤ **Hilos**

Se utilizan para coser las bastas de los sacos de polipropileno.

3.1.4.4. Proceso de producción

La descripción del proceso productivo para la elaboración de sacos de polipropileno consta de las siguientes etapas:

➤ **Recepción**

Se recibe la materia prima necesaria para el proceso de elaboración de sacos de polipropileno, la cual constituye tres materiales principales: el polipropileno, el carbonato de calcio para dar resistencia y el masterbatch para el color de las cintas, que llegan al área de recepción en bolsas de 25 kg.

➤ **Pesado**

La materia prima e insumos que se encuentran en forma de gránulos (pellets) son pesados para tener las cantidades exactas de material, ya que varían de acuerdo de acuerdo al tipo de saco a fabricar. Seguidamente, se deposita en la tolva alimentadora ubicada al inicio del proceso, la cual se encuentra conectada a la máquina utilizada en el siguiente proceso.

➤ **Extrusión**

La máquina utilizada es la extrusora en la cual se comienza el verdadero proceso de elaboración de sacos de polipropileno. En esta, el material ingresa por la tolva y de inmediato pasa por tornillo, ahí se da el proceso de fundición a 255°C (aproximadamente). Después, pasa a través de un rodillo que está a una temperatura determinada, para convertirlo a una sola mezcla líquida. Esta mezcla pasa a una malla filtrante que se encarga de eliminar las impurezas.

Posteriormente, pasa por una matriz, que posee unos tornillos que le dan forma. En esta parte del proceso, ingresa agua fría y es en esta etapa donde la mezcla se solidifica y se forma una especie de película. Después, pasa por unos rodillos, que trabajan a altas temperaturas y le dan estabilidad a la película. Esta última, pasa a la cortacuchillas, con la finalidad de que estas cintas se hagan más delgadas. Seguidamente, recorre un horno, el cual hace que la cinta, al estar sumamente caliente, se estire más y se vuelva más delgada. A continuación, pasan por una serie de rodillos que permite mejorar la estructura y a la vez enfriar la cinta, dándole las características necesarias de resistencia y durabilidad.

➤ **Embobinado**

El hilo terminado que tiene el espesor final deseado, es almacenado en bobinas de distintos colores como rojo, blancas, verdes, entre otros, que son cuidadosamente ensambladas en complejas tramas de urdimbres.

Cabe mencionar, que para retirar alguna, hacen uso de una pistola de aire con la cual detienen la canilla que se desea separar; sin interrumpir al resto.

➤ **Tramado**

Las bobinas son colocadas en el área de telares; donde se realiza el proceso de tramado, a través de telares circulares en los cuales se determina el ancho (dependiendo de las especificaciones del cliente).

En esta etapa se procede a tejer los sacos con las cintas obtenidas de la extrusora. El telar teje tanto en forma horizontal (tramas) como en vertical (urdimbre). Esta máquina cuenta con sistemas automatizados de control permitiendo que el cuerpo del costal no tenga imperfecciones. Ya que cuando un hilo se rompe; la máquina se detiene, debido al sistema de sensores con el que cuenta, para que un operador revise y reponga el hilo roto; o bien, restablezca la bobina de hilo para continuar con la elaboración de la tela.

➤ **Conversión: corte y cosido**

Los rollos tubulares tejidos, pasan al área de conversión, donde mediante el uso de un sensor óptico envía una señal a una cuchilla térmica para que realice el cortado a la manga (de acuerdo al tamaño requerido) y sean cosidos en el “fondo” o lado final del saco.

➤ **Bastillado**

Los sacos son transportados a unas máquinas, donde se cosen las orillas, pero no todos los sacos pasan por este proceso. En la planta se cuenta con cuatro bastilladoras, donde tres de ellas son para sacos y una para mantas.

➤ **Selección**

Cada etapa del proceso es verificada constantemente con el fin de seguir todas y cada una de las especificaciones dadas por el cliente. Los sacos defectuosos por telares o impresión son seleccionados y separados, como de clase B.

➤ **Prensado**

Los sacos se entregan en fardos prensados, lo que facilita su transporte, almacenamiento y posterior despacho.

➤ **Almacenamiento**

Finalmente, ya empacados, se obtiene los sacos de polipropileno listos para ser entregados a los clientes.

3.1.4.5. Diagrama de producción

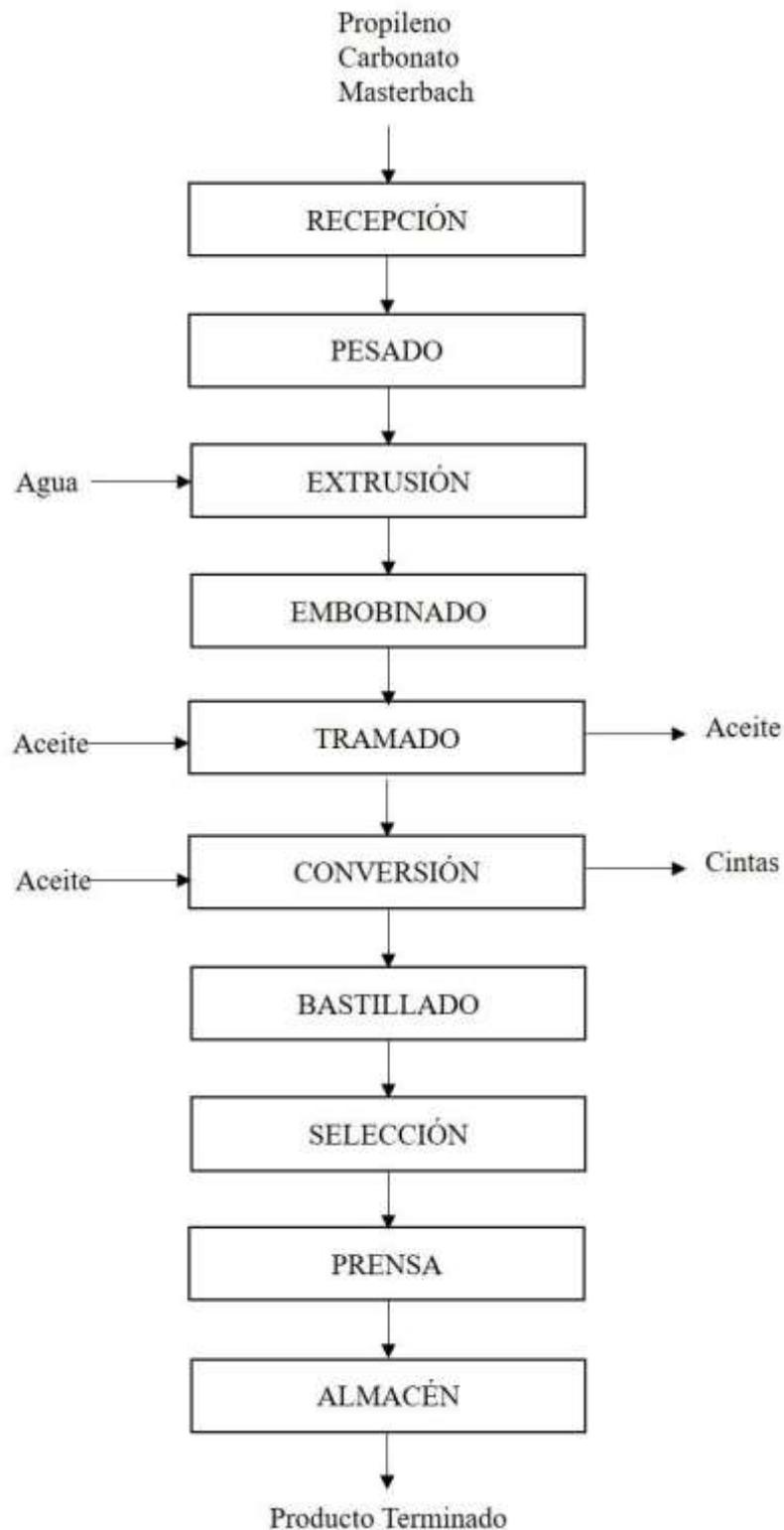


Figura 12. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de sacos

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

3.1.5. Descripción de la maquinaria de la empresa

Tabla 10. Datos generales de maquinaria y equipo

Área	Máquina y/o equipo	MARCA	Cant.	Horas de funcionamiento al día	Año de adquisición	Antigüedad (año)	Motor principal (HP)	Frecuencia del motor (HZ)	Capacidad de trabajo máxima (m/min)	Capacidad de trabajo mínima (m/min)	Capacidad de trabajo máxima (sacos/min)	Capacidad de trabajo mínima (sacos/min)
Extrusión	Extrusora	Extrusora Cinta Hua Shen	1	24			101	60	200	170	-	-
Telares	Telar circular	Lohia Nova 6	5	24	2017	2 AÑO	5	50	3.5	2.2	-	-
		Sincerity	3	24	2015	4 AÑOS	4	50	2.5	1.7	-	-
		ATA	5	24	2009	10 AÑOS	4	50	2	1.4	-	-
		Yumbo #1	1	24	2015	4 AÑOS	20	50	-	0.47	-	-
		Yumbo #2	1	24	2009	10 AÑOS	20	50	-	0.5	-	-
Conversión	Convertidora	Botheven	1	12	2015	4 AÑOS	1	50	-	-	50	36 – 38
Bastas	Bastilladora de sacos	New Long DN - 2HS	3	8	2013	6 AÑOS	03-abr	50/60	-	-	10	8
	Bastilladora de mantas	Unión Special 80 800 c	1	8			01-feb	50/60	-	-	1	1
Enfardelado	Prensa	Made in Perú Hechizas	1	12	2009	10 AÑOS	7	50	-	-	1	1

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

3.1.6. Área de mantenimiento

Actualmente en la empresa, el mantenimiento correctivo es la actividad que se tiene como primera opción debido a que la producción no se detiene hasta que aparece la falla o problema. Pero no contar con un plan de mantenimiento genera largos tiempos de paradas no programadas, ya sea por falta de repuestos necesarios o porque el personal encargado de estos inconvenientes no se abastece para solucionar todo.

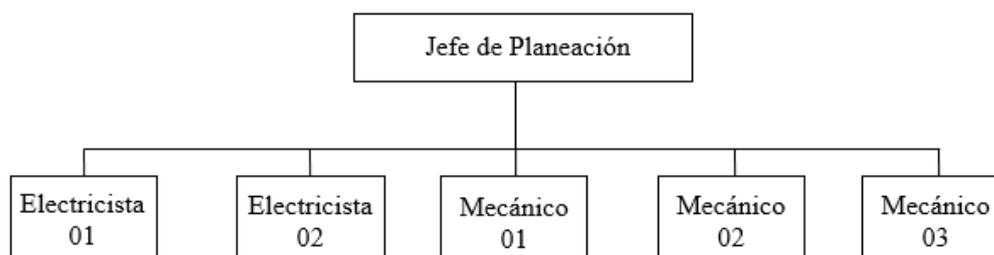


Figura 13. Jerarquización Organizacional del área de Mantenimiento

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

El área de mantenimiento en la empresa PROCODE S. A. C. está bajo la dirección del área de planeación, que a su vez se encuentra bajo órdenes del Gerente General. En la Figura 13 se puede observar que el área de mantenimiento no cuenta con un jefe a cargo, por tal razón no existe un orden o plan determinado para las máquinas. Cabe a señalar que el Jefe de planeación se hace responsable de las actividades de mantenimiento a pesar de contar con conocimientos empíricos al respecto. El personal de mantenimiento consta de 5 personas, 3 en el turno de día y 2 en el de noche.

Tabla 11. Factor Humano del Área de Mantenimiento

PUESTO DE TRABAJO	RANGO DE EDAD	SEXO	NIVEL ACADÉMICO	TIEMPO DE TRABAJO
Electricista 01	26	Masculino	Secundaria completa	2 años y medio
Electricista 02	25	Masculino	Secundaria completa	2 años
Mecánico 01	28	Masculino	Secundaria completa	4 años
Mecánico 02	30	Masculino	Secundaria completa	3 años
Mecánico 03	26	Masculino	Secundaria completa	1 año y 4 meses

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Según como se aprecia en la Tabla 11, el rango de edad del personal está entre 25 y 30 años de edad y el tiempo que llevan trabajando en la empresa tiene un mínimo de año y cuatro meses y un máximo de cuatro años.

Cabe resaltar que el grado de instrucción que presentan los electricistas y mecánicos contempla secundaria completa, mas no una formación académica profesional en el área que se desempeñan. Además, no existe un perfil para cada puesto de trabajo, por ende, los criterios al momento de seleccionar al personal no están definidos y solo se consideraron estas características al momento de contratar al personal:

- El mecánico: Posee habilidades múltiples y marcadas para poder desenvolverse de la mejor manera ante una posible falla.
- El electricista: Se encarga de realizar instalaciones y reparaciones competentes con la electricidad al momento de llevar a cabo algún tipo de mantenimiento. Realiza las funciones de soldador al momento de llevar a cabo algún tipo de mantenimiento.

Todos los trabajadores de mantenimiento conocen al detalle el funcionamiento del proceso de producción de sacos para desempeñar mejor su función. En Procode S. A. C. se actúa según estos puntos al darse una parada:

- Mantenimiento Correctivo: los operarios o supervisores se dan cuenta de la falla o avería de la maquinaria y de forma inmediata se avisa al personal de mantenimiento, dependiendo del problema asiste el electricista o el mecánico a solucionar la situación.
- Las reparaciones se dan en ambos turnos (07:00am - 07:00pm y 07:00pm – 07:00am), puesto que se tiene dividido al personal de mantenimiento.
- Pasos de reparación:
 - ✓ Extraer las piezas averiadas de la máquina.
 - ✓ Llevarlas al área de mantenimiento (no siempre, a veces las revisan en el área del problema).
 - ✓ Revisar las piezas averiadas.
 - ✓ Reparar las piezas averiadas.
 - ✓ Regresar las piezas reparadas a la máquina.
 - ✓ Verificar el correcto funcionamiento de la máquina.

- Adquirir repuestos: todos los materiales necesarios para reparar las máquinas se deberían encontrar en almacén, de esta forma cuando el personal de mantenimiento solicite alguna pieza u otros componentes los pueda recibir inmediatamente. En PROCODE S. A. C. no sucede esto, ya que la mayoría de veces se tiene que esperar un tiempo determinado hasta que consigan los requerimientos.

3.1.7. Fallas en la maquinaria durante el proceso productivo

Se identificaron las fallas ocurridas durante el proceso productivo y el tiempo de paradas no programadas que perjudican el nivel de producción programado. Para lograr esto, se tuvo en cuenta una data de Enero a Diciembre del año 2018. Las máquinas analizadas fueron: Extrusora, Telares, Convertidora, Bastilladoras y Prensa.

En la Tabla 12 se aprecia la frecuencia por cada tipo de falla o avería, siendo el área de Telares la más afectada con el tiempo de paradas no programadas, con un total de 927 140 minutos. Además, el tiempo total de paradas no programadas en este periodo de tiempo es de 1 034 162 minutos.

Tabla 12. Fallas y averías del 2018

ÁREA	EQUIPO/MÁQUINA	FUNCIÓN	FALLA / AVERÍA	FRECUENCIA	N° DE FALLOS	TIEMPO TOTAL DE PARO (min)	TIEMPO TOTAL DE PARO (h)
EXTRUSIÓN	Extrusora	Tiene tres funciones: en primer lugar, extraer el material en gránulos y conducirlo al tiempo que lo comprime y, a veces, desmasifica; en segundo lugar, mezcla y produce un fundido homogéneo, y, en tercer lugar, desarrolla la presión suficiente para que supere la resistencia al flujo de la hilera abierta, de modo que el perfil emerja de la hilera de forma continua.	Portacuchilla dañada	49	224	77 795	1 296,58
			Matriz obstruida	59			
			Picadora desgastada	29			
			Filtro obstruido (en malla)	17			
			Fallo del variador (en motor principal)	24			
			Ventilador obstruido (en motor aspirador de MP)	17			
			Bobinadoras sin calibrar	29			
TELARES	Telares	La máquina va pasando el urdimbre por arriba y por debajo la trama, cruzándola. Con este cruzamiento entre trama y urdimbre se consigue la tela.	Rotura de faja	928	15 927	927 140	15 452,33
			Rotura de varilla	402			
			Rotura de escuadra	541			
			Desgaste de rueda excéntrica	430			
			Cojinete obstruido (en la leva)	570			
			Falla de motor	690			
			Falla en los rodillos enrolladores	876			
			Desgaste de ruedas impulsadoras	596			
			Rotura de lanzadera	773			
			Lanzadera sin calibrar	764			
			Manga doblada	857			
			Desgaste del body	854			
			Body sucio	952			
			Rueda de patín destruida	738			
			Desgaste de lanzadera	600			
			Rotura de cadena	568			
			Rotura de pernos Zoquet (de escuadra)	498			
			Frenos sin calibrar	779			
			Bloque dañado	794			
			Rueda cónica dañada	632			
Resorte dañados	551						
Rotura de leva	657						
Seguro dañado	877						
CONVERSIÓN	Convertidora	Permite transformar una manga a sacos terminados.	Línea de costura sin calibrar	67	243	18 045	300,8
			Sensor de taca sin calibrar	41			
			Cuchilla termica sin calibrar	50			
			Desgaste de uñas (jaladores)	31			
			Pistones dañados	46			
			Resistencias dañadas	4			
			Sizalla dañada	4			
BASTAS	Bastilladoras de sacos (del 01 al 04) y Bastilladora de mantas	Sirve para coser y dobladillar materiales livianos y pesados.	Máquina de coser sin calibrar	50	215	6 354	105,90
			Atascamiento de hilo	165			
ENFARDELADO	Prensa	Diseñada especialmente para embalar un determinado número de sacos o piezas cortadas de tela.	Pistón averiado	26	69	4 828	80
			Sensor dañado	19			
			Fallo de bomba hidráulica	24			
Total				16678	16 678	1 034 162	17 236

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

En la Tabla 13 se muestra un resumen del Número de fallas en el periodo Enero – Diciembre 2018. Las máquinas con mayor frecuencia de fallas son el Telar ATA #12 con un total de 1 471, el Telar ATA #13 con 1 450 y Yumbo #15 con 1 445 fallas. El total de fallas en dicho periodo suman 16 678.

Tabla 13. Número de fallas por máquina en el año 2018

Máquina	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Extrusora	19	22	21	20	16	18	19	19	18	17	20	15	224
Telar Lohia Nova 6 #1	60	43	43	65	43	48	48	38	42	60	45	49	584
Telar Lohia Nova 6 #2	64	47	45	63	50	50	54	55	48	63	48	49	636
Telar Lohia Nova 6 #3	56	50	43	63	46	52	57	45	45	67	46	48	618
Telar Lohia Nova 6 #4	57	52	47	62	51	55	61	51	48	66	46	45	641
Telar Lohia Nova 6 #5	67	49	50	63	48	48	56	45	52	57	45	52	632
Telar Sincerity #6	82	98	84	82	58	127	75	98	86	82	56	122	1 050
Telar Sincerity #7	80	102	84	82	72	122	77	98	87	80	67	121	1 072
Telar Sincerity #8	120	132	121	133	121	130	118	133	118	116	114	115	1 471
Telar ATA #9	108	129	105	113	106	117	120	132	116	109	103	112	1 370
Telar ATA #10	119	140	116	115	115	126	114	131	123	112	100	113	1 424
Telar ATA #11	113	135	138	123	110	123	116	126	118	103	102	124	1 431
Telar ATA #12	77	94	86	85	64	122	82	102	83	81	58	112	1 046
Telar ATA #13	127	128	118	124	119	122	117	126	117	122	111	119	1 450
Yumbo #14	86	91	78	78	72	102	93	102	93	85	62	115	1 057
Yumbo #15	141	147	140	139	129	140	106	122	95	99	92	95	1 445
Convertidora	21	13	23	19	22	24	17	24	19	23	16	22	243
Bastilladora #1	5	2	7	3	5	7	2	5	3	5	2	4	50
Bastilladora #2	6	2	7	5	7	8	3	6	4	5	3	4	60
Bastilladora #3	5	0	6	6	6	7	4	5	3	5	3	4	54
Bastilladora #4	4	2	5	4	4	6	3	6	4	6	2	5	51
Prensa	5	2	8	3	5	11	3	11	5	8	3	5	69
Total	1 422	1 480	1 375	1 450	1 269	1 565	1 345	1 480	1 327	1 371	1 144	1 450	16 678

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

En la Tabla 14 se muestra un resumen del tiempo de paradas no programadas por fallas por máquina de Enero – Diciembre 2018. Siendo los telares las máquinas con más tiempo de paro. El tiempo total de paradas no programadas en dicho periodo suma 17 236 horas.

Tabla 14. Tiempo de paradas no programadas por máquina en el año 2018

Máquina	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Total
Extrusora	6 544	7 145	6 056	8 164	6 259	5 421	7 571	6 592	7 263	4 487	6 861	5 432	77 795	1 296,58
Telar Lohia Nova 6 #1	3 507	2 517	2 684	3 910	2 505	2 541	2 728	2 336	2 642	3 710	2 799	2 489	34 368	572,80
Telar Lohia Nova 6 #2	3 786	2 859	2 832	3 980	2 940	2 615	3 051	3 101	2 842	3 810	2 745	2 427	36 988	616,47
Telar Lohia Nova 6 #3	3 216	3 163	2 725	3 820	2 769	2 805	3 168	2 806	2 792	4 110	2 839	2 399	36 612	610
Telar Lohia Nova 6 #4	3 123	3 240	2 752	3 890	3 109	2 804	3 595	3 066	3 012	4 090	2 809	2 249	37 739	628,98
Telar Lohia Nova 6 #5	3 253	3 188	3 082	3 830	2 859	2 289	3 167	2 626	3 032	3 590	2 574	2 890	36 380	606,33
Telar Sincerity #6	4 913	6 136	4 993	4 710	3 595	7 248	4 383	6 136	4 798	4 710	3 525	6 948	62 095	1 034,9
Telar Sincerity #7	4 498	6 276	4 773	4 710	4 077	6 948	4 294	5 868	5 351	4 582	4 189	6 846	62 412	1 040,20
Telar Sincerity #8	7 445	7 788	7 595	7 650	7 352	6 941	6 803	8 017	6 988	7 162	6 377	6 083	86 201	1 436,68
Telar ATA #9	6 092	7 676	6 311	6 958	6 234	6 086	6 787	7 982	6 606	6 219	6 015	5 699	78 665	1 311,1
Telar ATA #10	6 495	8 216	7 005	6 625	6 642	6 593	6 510	8 166	7 510	6 339	5 642	6 170	81 913	1 365,22
Telar ATA #11	6 392	7 968	7 965	7 012	5 907	6 877	6 750	7 422	7 308	5 800	5 881	6 749	82 031	1 367,18
Telar ATA #12	4 613	5 862	5 121	4 787	3 692	6 948	4 499	6 276	4 975	4 649	3 528	6 490	61 440	1 024,00
Telar ATA #13	7 287	7 878	7 334	7 180	7 023	6 398	6 730	7 693	7 080	6 806	6 353	6 383	84 145	1 402,42
Yumbo #14	4 780	5 698	4 429	4 329	4 318	5 613	5 673	6 381	5 817	5 131	3 999	6 445	62 613	1 043,55
Yumbo #15	8 380	9 156	8 334	7 587	7 446	7 678	5 974	7 256	5 580	5 819	5 464	4 864	83 538	1 392
Convertidora	1 585	964	1 621	1 441	1 638	1 730	1 297	1 714	1 380	1 759	1 213	1 703	18 045	300,8
Bastilladora #1	159	99	255	125	155	172	77	94	54	120	30	103	1 443	24,05
Bastilladora #2	236	50	135	197	231	214	111	135	85	225	51	119	1 789	29,82
Bastilladora #3	153	0	223	266	172	185	80	110	45	134	167	110	1 645	27,42
Bastilladora #4	140	32	149	124	190	171	39	142	122	194	38	136	1 477	25
Prensa	345	120	562	205	363	789	195	793	359	570	204	323	4 828	80
Total	86 942	96 031	86 936	91 500	79 476	89 066	83 482	94 712	85 641	84 016	73 303	83 057	1 034 162	17 236,0

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

3.1.8. Tiempo total teórico

La empresa labora de lunes a sábados con dos turnos al día de 12 horas cada uno. Es importante mencionar que el primer turno de trabajo tiene dos horarios para que el personal pueda ir a desayunar de 07:00am a 08:00am o ir de 08:00am a 09:00am y almorzar de 12:00pm a 13:00pm o ir de 13:00pm a 14:00pm. De igual forma, el segundo turno de trabajo tiene dos horarios para que el personal pueda ir a cenar de 19:00pm a 20:00pm o ir de 20:00pm a 21:00pm. La finalidad de estos dos horarios para cada comida es que mientras una parte del personal se encuentre en el comedor, la otra se mantenga cumpliendo con sus funciones en planta, de esta manera el proceso se mantiene continuo.

Para conocer el tiempo total teórico fue necesario considerar las horas trabajadas al día de cada una de las máquinas. Para obtener las horas trabajadas al mes, se multiplicó las horas de funcionamiento al día (indicadas en la Tabla 10) de cada máquina, por los días al mes que se laboraron en la empresa durante el 2018. En la Tabla 15 se detalla el tiempo total teórico para la Extrusora y Telares, ya que en ambas áreas el tiempo de trabajo es de dos turnos al día (24 horas).

Tabla 15. Tiempo total teórico por máquina

Meses	días / mes	Extrusora y Telares	Convertidora y Prensa	Bastilladoras
		h / mes	h / mes	h / mes
Enero	27	648	324	189
Febrero	20	480	240	140
Marzo	27	648	324	189
Abril	25	600	300	175
Mayo	27	648	324	189
Junio	26	624	312	182
Julio	26	624	312	182
Agosto	27	648	324	189
Septiembre	26	624	312	182
Octubre	26	624	312	182
Noviembre	26	624	312	182
Diciembre	26	624	312	182
Total	309	7416	3708	2163

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

3.1.9. Tiempo total trabajado

El Tiempo total trabajado es el resultado del Tiempo total teórico menos el Tiempo de paradas no programadas especificadas anteriormente en la Tabla 12.

Tabla 16. Tiempo total trabajado por máquina

Máquina	Tiempo total teórico	Tiempo de paradas no programadas	Tiempo total trabajado
Extrusora	7 416	1 296,58	6 119,42
Telar Lohia Nova 6 #1	7 416	572,80	6 843,20
Telar Lohia Nova 6 #2	7 416	616,47	6 799,53
Telar Lohia Nova 6 #3	7 416	610,20	6 805,80
Telar Lohia Nova 6 #4	7 416	628,98	6 787,02
Telar Lohia Nova 6 #5	7 416	606,33	6 809,67
Telar Sincerity #6	7 416	1 034,92	6 381,08
Telar Sincerity #7	7 416	1 040,20	6 375,80
Telar Sincerity #8	7 416	1 436,68	5 979,32
Telar ATA #9	7 416	1 311,08	6 104,92
Telar ATA #10	7 416	1 365,22	6 050,78
Telar ATA #11	7 416	1 367,18	6 048,82
Telar ATA #12	7 416	1 024,00	6 392,00
Telar ATA #13	7 416	1 402,42	6 013,58
Yumbo #14	7 416	1 043,55	6 372,45
Yumbo #15	7 416	1 392,30	6 023,70
Convertidora	3 708	300,80	3 407,20
Bastilladora #1	2 163	24,05	2 138,95
Bastilladora #2	2 163	29,82	2 133,18
Bastilladora #3	2 163	27,42	2 135,58
Bastilladora #4	2 163	24,62	2 138,38
Prensa	3 708	80,00	3 628,00
Total	134 724	17 235,62	117 488,38

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C

3.1.10. Producción de sacos

En la siguiente tabla se muestra la producción total de sacos del 2018, donde se puede observar que el saco tejido blanco (22.5 X 36) fue el más demandado, llegándose a producir un total de 2 106 351 unidades de clase A, seguido del saco tejido negro (26 X 42 C/B) con 836 791 unidades y finalmente el saco tejido negro (27 X 54) con 754 192 unidades.

Tabla 17. Producción mensual de sacos del año 2018

Meses	Saco tejido blanco (22.5 X 36)		Saco tejido negro (26 X 42 C/B)		Saco tejido negro (27 X 54)		Total
	Clase A	Clase B	Clase A	Clase B	Clase A	Clase B	
Enero	184 396	10 254	71 739	2 925	54 996	4 464	328 774
Febrero	115 164	5 379	37 630	1 534	28 848	2 342	190 896
Marzo	182 364	7 399	75 450	6 576	65 789	2 997	340 575
Abril	154 422	8 736	66 547	3 025	64 500	2 558	299 788
Mayo	180 465	10 258	71 550	3 804	69 745	2 741	338 563
Junio	192 300	9 327	80 615	3 765	67 412	4 571	357 990
Julio	174 589	14 172	69 836	5 669	61 106	4 960	330 332
Agosto	205 896	11 648	66 344	5 385	69 836	5 669	364 778
Septiembre	173 210	9 792	78 565	6 377	69 329	3 238	340 511
Octubre	182 172	9 277	82 358	4 659	65 147	2 301	345 915
Noviembre	175 896	7 648	69 759	2 555	64 632	2 456	322 946
Diciembre	185 477	8 750	66 398	3 555	72 853	4 436	341 469
Total	2 106 351	112 640	836 791	49 830	754 192	42 732	3 902 535

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

En la Figura 14 se aprecia a detalle la producción de sacos con mayor demanda del 2018.

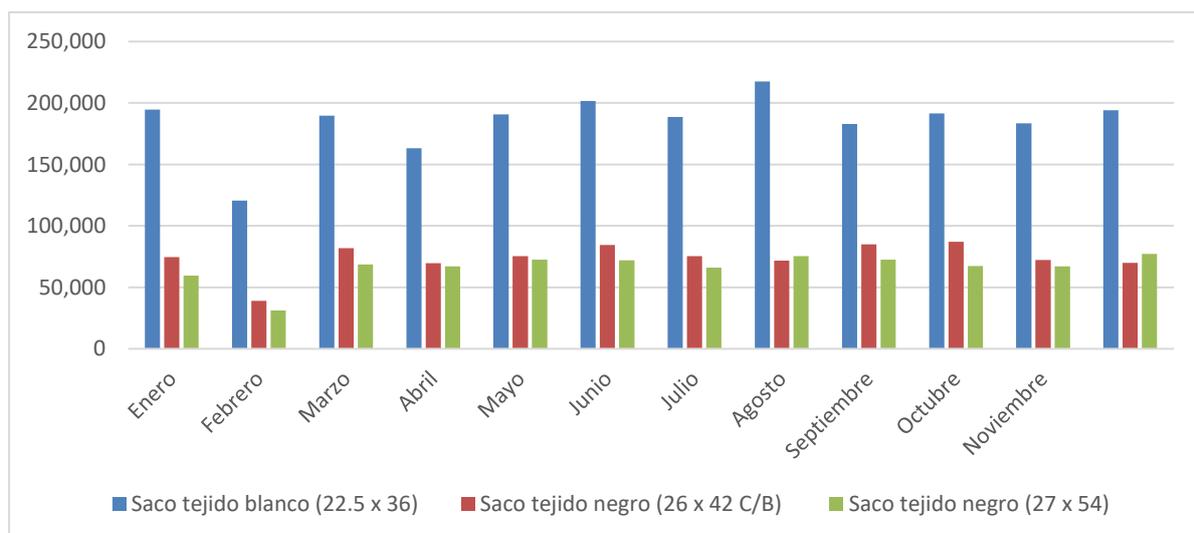


Figura 14. Producción mensual de sacos con mayor demanda del 2018

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

3.1.10.1.Sacos no procesados

La actividad clave en el proceso de producción de sacos de polipropileno es la Extrusión, ya que esta etapa es la que abastece la unidad principal del producto que son las cintas de polipropileno, la cual es tejida para conformar la estructura del saco.

En la Tabla 18 se indica la capacidad máxima de producción de la Extrusora en metros, considerando 7416 días al año (Tabla 15). Cabe indicar que en un saco se encuentra tejido 18,5 m de cinta de polipropileno, con lo cual se puede hallar la cantidad total de sacos que se pueden producir en un año.

Tabla 18. Capacidad de producción de Extrusora

Producción de la Extrusora			
m/min	m/hora	m/año	Und./año
200,00	12 000,00	88 992 000,00	4 810 378,38

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Como se observa en la Tabla 19 se determinó las unidades de sacos no producidos, los cuales son producto de una reducción en las horas teóricas de trabajo, debido al número de tiempo de paradas no programadas que se puede observar en la Tabla 12.

Tabla 19. Unidades no procesadas en el año 2018

Tipo de saco	Producción Esperada	Producción Real	Unidades no producidas
Saco tejido blanco (22.5 x 36)	2 735 192	2 218 990	516 201
Saco tejido negro (26 x 42 C/B)	1 092 874	886 620	206 253
Saco tejido negro (27 x 54)	982 311	796 923	185 387
Total	4 810 378	3 902 535	907 843

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

3.1.10.2.Utilidad no percibida

En la Tabla 20 se presenta el costo total de producción y precio por millar según el tipo de saco. Así mismo, se puede observar la utilidad por millar y por unidad.

Tabla 20. Utilidad por millar

Productos principales	Costo de producción (millar)	Precio por millar	Utilidad por millar	Utilidad por saco
Saco tejido blanco (22.5 x 36)	S/. 430,00	S/. 520,00	S/. 90,00	S/ 0,090
Saco tejido negro (26 x 42 C/B)	S/. 643,00	S/. 750,00	S/. 107,00	S/ 0,107
Saco tejido negro (27 x 54)	S/. 820,00	S/. 1 000,00	S/. 180,00	S/ 0,180

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

En la Tabla 21, se observan las utilidades no percibidas por para cada tipo de saco.

Tabla 21. Utilidad no percibida del año 2018

Productos principales	Utilidad no percibida
Saco tejido blanco (22.5 x 36)	S/ 46 458,15
Saco tejido negro (26 x 42 C/B)	S/ 22 069,16
Saco tejido negro (27 x 54)	S/ 33 369,78
Total	S/ 101 897,08

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 22. Utilidad no percibida por saco tejido blanco (22.5 X 36)

Saco tejido blanco (22.5 X 36)				
Meses	Producción Real	Producción Esperada	Unidades no producidas	Utilidad no percibida
Enero	194 650	227 933	33 283	S/ 2 995,44
Febrero	120 542	227 933	107 390	S/ 9 665,12
Marzo	189 763	227 933	38 170	S/ 3 435,27
Abril	163 158	227 933	64 775	S/ 5 829,72
Mayo	190 723	227 933	37 210	S/ 3 348,87
Junio	201 627	227 933	26 306	S/ 2 367,51
Julio	188 761	227 933	39 172	S/ 3 525,45
Agosto	217 544	227 933	10 389	S/ 934,98
Septiembre	183 002	227 933	44 931	S/ 4 043,76
Octubre	191 449	227 933	36 484	S/ 3 283,53
Noviembre	183 544	227 933	44 389	S/ 3 994,98
Diciembre	194 227	227 933	33 706	S/ 3 033,51
Total	2 218 990	2 735 192	516 202	S/ 46 458,15

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Para una mejor visualización, en Figura 15 se aprecia que febrero y abril fueron los meses donde hubo más utilidad no percibida. El total de utilidad no percibida de sacos tejido blanco (22.5 X 36) es de S/ 46 458,15.

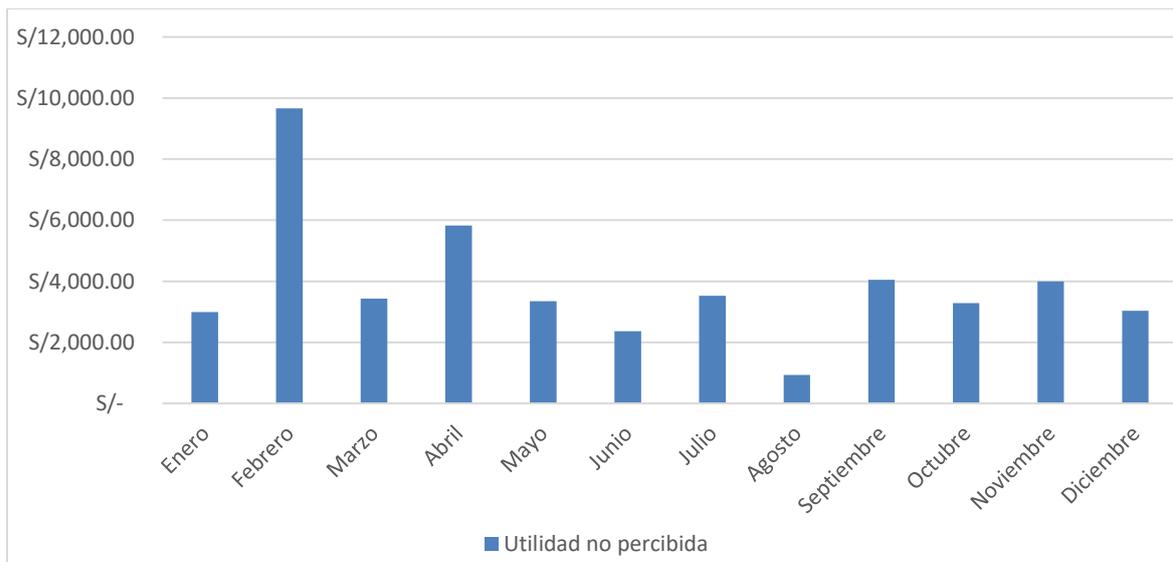


Figura 15. Utilidades no producidas por fallas del saco tejido blanco (22.5 X 36)

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 23. Utilidad no percibida por Saco tejido negro (26 X 42 C/B)

Saco tejido negro (26 X 42 C/B)				
Meses	Producción Real	Producción Esperada	Unidades no producidas	Utilidad no percibida
Enero	74 664	91 073	16 409	S/ 1 755,75
Febrero	39 165	91 073	51 908	S/ 5 554,18
Marzo	82 026	91 073	9 047	S/ 968,02
Abril	69 572	91 073	21 501	S/ 2 300,60
Mayo	75 354	91 073	15 719	S/ 1 681,92
Junio	84 380	91 073	6 693	S/ 716,17
Julio	75 504	91 073	15 568	S/ 1 665,83
Agosto	71 729	91 073	19 344	S/ 2 069,78
Septiembre	84 942	91 073	6 130	S/ 655,96
Octubre	87 018	91 073	4 055	S/ 433,92
Noviembre	72 314	91 073	18 759	S/ 2 007,20
Diciembre	69 953	91 073	21 120	S/ 2 259,83
Total	886 621	1 092 875	206 254	S/ 22 069,16

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Para una mejor visualización, en la Figura 16 se aprecia que febrero y abril fueron los meses donde hubo más utilidad no percibida. El total de utilidad no percibida de Saco tejido negro (26 X 42 C/B) es de S/ 22 069,16.

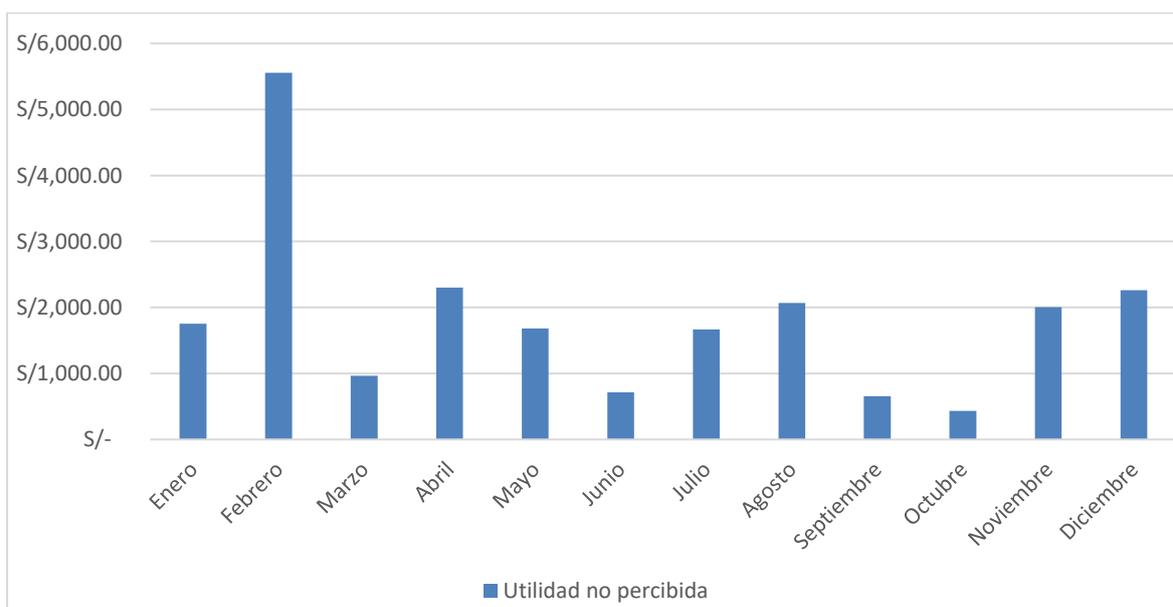


Figura 16. Utilidades no producidas por fallas del saco tejido negro (26 X 42 C/B)

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 24. Utilidad no percibida por Saco tejido negro (27 X 54)

Total Saco tejido negro (27 X 54)				
Meses	Producción Real	Producción Esperada	Unidades no producidas	Utilidad no percibida
Enero	59 460	81 859	22 400	S/ 4 031,92
Febrero	31 189	81 859	50 670	S/ 9 120,59
Marzo	68 786	81 859	13 073	S/ 2 353,19
Abril	67 058	81 859	14 801	S/ 2 664,23
Mayo	72 486	81 859	9 373	S/ 1 687,19
Junio	71 983	81 859	9 876	S/ 1 777,73
Julio	66 066	81 859	15 793	S/ 2 842,73
Agosto	75 504	81 859	6 355	S/ 1 143,88
Septiembre	72 567	81 859	9 293	S/ 1 672,70
Octubre	67 448	81 859	14 411	S/ 2 594,03
Noviembre	67 088	81 859	14 771	S/ 2 658,83
Diciembre	77 289	81 859	4 571	S/ 822,73
Total	796 924	982 312	185 388	S/ 33 369,78

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Para una mejor visualización, en la Figura 17, se aprecia que febrero y julio fueron los meses donde hubo más utilidad no percibida. El total de utilidad no percibida de sacos tejido blanco (22.5 X 36) es de S/ 33 369,78.

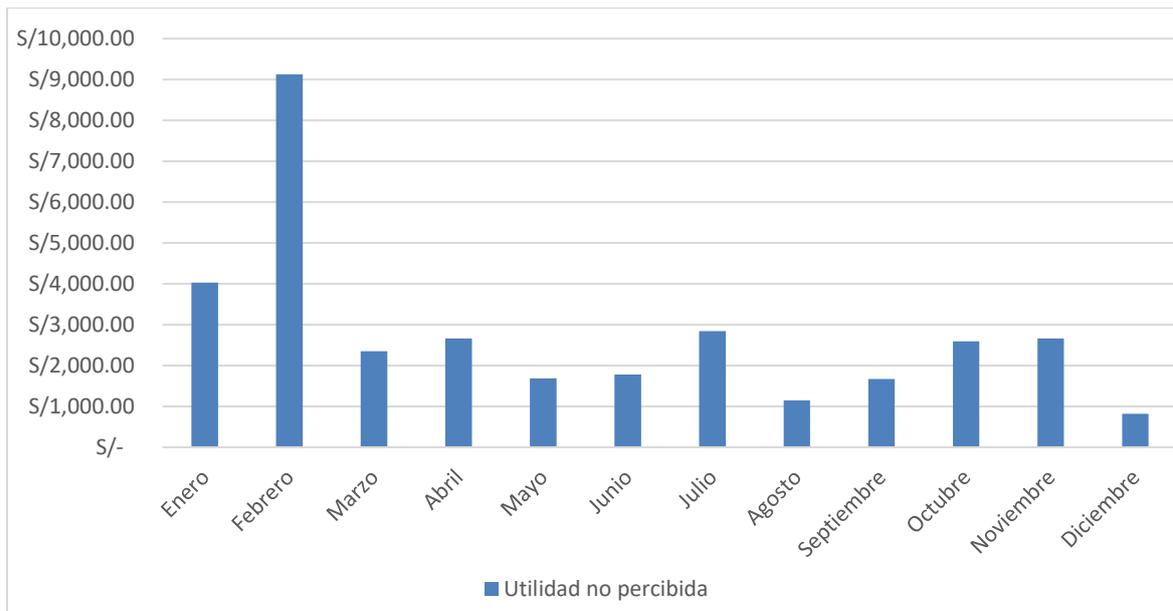


Figura 17. Utilidades no producidas por fallas del saco tejido negro (27 X 54)

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

3.1.11. Indicadores de Mantenimiento

- Disponibilidad: La fórmula para el cálculo de este indicador de mantenimiento, relaciona el Tiempo total teórico (horas teóricas), con el Tiempo total trabajado (horas trabajadas) como se muestra en la siguiente ecuación. En la Tabla 25, se observa que la disponibilidad de la gran mayoría de máquinas se encuentran por debajo del 90%, esto refleja un exceso de horas no programadas por mantenimiento.

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ total\ teórico - Tiempo\ total\ de\ paro}{Tiempo\ total\ teórico} * 100$$

$$Disponibilidad = \frac{134\ 724 - 17\ 235,62}{134\ 724} * 100$$

$$Disponibilidad = 87,21\%$$

Tabla 25. Disponibilidad por máquina durante el año 2018

Máquina	Tiempo total teórico	Tiempo de paradas no programadas	Disponibilidad
Extrusora	7 416	1 296,58	82,52%
Telar Lohia Nova 6 #1	7 416	572,80	92,28%
Telar Lohia Nova 6 #2	7 416	616,47	91,69%
Telar Lohia Nova 6 #3	7 416	610,20	91,77%
Telar Lohia Nova 6 #4	7 416	628,98	91,52%
Telar Lohia Nova 6 #5	7 416	606,33	91,82%
Telar Sincerity #6	7 416	1 034,92	86,04%
Telar Sincerity #7	7 416	1 040,20	85,97%
Telar Sincerity #8	7 416	1 436,68	80,63%
Telar ATA #9	7 416	1 311,08	82,32%
Telar ATA #10	7 416	1 365,22	81,59%
Telar ATA #11	7 416	1 367,18	81,56%
Telar ATA #12	7 416	1 024,00	86,19%
Telar ATA #13	7 416	1 402,42	81,09%
Yumbo #14	7 416	1 043,55	85,93%
Yumbo #15	7 416	1 392,30	81,23%
Convertidora	3 708	300,80	91,89%
Bastilladora #1	2 163	24,05	98,89%
Bastilladora #2	2 163	29,82	98,62%
Bastilladora #3	2 163	27,42	98,73%
Bastilladora #4	2 163	24,62	98,86%
Prensa	3 708	80,00	97,84%
Total	134 724	17 235,62	87,21%

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

- Tasa de Ejecución: La fórmula para el cálculo de este indicador de mantenimiento, relaciona la producción ideal de la maquinaria, con la producción neta (real) como se muestra en la siguiente ecuación. Entonces, la tasa de ejecución que se tiene de las máquinas en el periodo de enero - diciembre del 2018 es 81,13%.

$$Tasa\ de\ Ejecución = \frac{Producción\ Real}{Producción\ Ideal} * 100$$

$$Tasa\ de\ Ejecución = \frac{3\ 902\ 535}{4\ 810\ 378} * 100$$

$$Tasa\ de\ Ejecución = 81,13\%$$

- Calidad: La fórmula para el cálculo de este indicador de mantenimiento, relaciona el producto en perfectas condiciones (Clase A) con la producción real, como se muestra

en la siguiente ecuación. Entonces, la calidad que se tiene de las máquinas en el periodo de enero - diciembre del 2018 es 94,74%.

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Unidades Conformes}}{\text{Producción Real}} * 100\%$$

$$\text{Calidad} = \frac{3\ 697\ 333}{3\ 902\ 535} * 100\%$$

$$\text{Calidad} = 94,74\%$$

- Overall Equipment Effectiveness (OEE): La fórmula para calcular el indicador es la siguiente.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Tasa de Ejecución} * \text{Calidad} *$$

$$\text{OEE} = 87,21\% * 81,13\% * 94,74\%$$

$$\text{OEE} = 67,02\%$$

El grado de eficiencia en la utilización de las máquinas durante la producción de sacos es realmente baja, con tan sólo 67,02% (se considera una efectividad baja, por ser una planta que labora las 24 horas del día). Lo que ocasiona pérdidas económicas, puesto que se deja de producir en todo ese tiempo ocioso y un aumento en los costos de mantenimiento.

- Confiabilidad y Mantenibilidad

En la Tabla 26 se muestra el resumen de los dos indicadores, donde el cálculo de la confiabilidad relaciona el Tiempo total entre falla (TTF) especificado anteriormente y el N° de Fallas mostrado en la Tabla 12. Para obtener la Mantenibilidad, se relaciona el Tiempo para reparar (TTR) y el N° de Fallas especificado en la Tabla 12.

Tabla 26. Confiabilidad y Mantenibilidad de máquinas

Máquina	Tiempo total teórico	Σ TTR (h)	Σ TTF (h)	N° de Fallas	MTTF (h)	MTTR (h)
Extrusora	7 416	1296,58	6119,42	224	27,32	5,79
Telar Lohia Nova 6 #1	7 416	572,80	6843,20	302	22,66	1,90
Telar Lohia Nova 6 #2	7 416	616,47	6799,53	319	21,32	1,93
Telar Lohia Nova 6 #3	7 416	610,20	6805,80	310	21,95	1,97
Telar Lohia Nova 6 #4	7 416	628,98	6787,02	324	20,95	1,94
Telar Lohia Nova 6 #5	7 416	606,33	6809,67	325	20,95	1,87
Telar Sincerity #6	7 416	1034,92	6381,08	531	12,02	1,95
Telar Sincerity #7	7 416	1040,20	6375,80	542	11,76	1,92
Telar Sincerity #8	7 416	1436,68	5979,32	757	7,90	1,90
Telar ATA #9	7 416	1311,08	6104,92	678	9,00	1,93
Telar ATA #10	7 416	1365,22	6050,78	731	8,28	1,87
Telar ATA #11	7 416	1367,18	6048,82	742	8,15	1,84
Telar ATA #12	7 416	1024,00	6392,00	528	12,11	1,94
Telar ATA #13	7 416	1402,42	6013,58	738	8,15	1,90
Yumbo #14	7 416	1043,55	6372,45	507	12,57	2,06
Yumbo #15	7 416	1392,30	6023,70	836	7,21	1,67
Convertidora	3 708	300,80	3407,20	432	7,89	0,70
Bastilladora #1	2 163	24,05	2138,95	50	42,78	0,48
Bastilladora #2	2 163	29,82	2133,18	60	35,55	0,50
Bastilladora #3	2 163	27,42	2135,58	54	39,55	0,51
Bastilladora #4	2 163	24,62	2138,38	51	41,93	0,48
Prensa	3 708	80,00	3628,00	69	52,58	1,16
Total	134 724	17235,62	117488,38	9 110	12,90	1,89

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

De acuerdo a la Tabla 26, el MTTF es 12,90 horas, indicando que cada 12,90 horas ocurrirá una falla. Para el MTTR es de 1,89 horas, indicando que por cada falla se demorarán 1,89 horas en reparar .

3.1.12. Costos de materiales y repuestos

Se debe mencionar que, existe un almacén en el área de mantenimiento donde se encuentran la mayoría de componentes, piezas de repuesto u otros materiales para la reparación, y ahí acuden los encargados de mantenimiento para conseguirlos. Al no contar con un plan de mantenimiento que indique qué y cuándo se necesitará de materiales y repuestos hay ocasiones en las que se debe esperar un tiempo indefinido hasta que se consigan.

En las siguientes tablas, se muestran los costos para realizar el mantenimiento general en las máquinas durante el año 2018. En el **Anexo N° 1** se detallan los costos por cada uno de los 15 telares.

Tabla 27. Costo por materiales y repuestos en Telares

Falla	N° de Fallas	Costo total por falla
Rotura de faja	928	S/ 618,67
Rotura de varilla	402	S/ 268,00
Rotura de escuadra	541	S/ 2 366,00
Desgaste de rueda excéntrica	430	S/ 286,67
Cojinete obstruido (en la leva)	570	S/ 663,33
Falla de motor	690	S/ 9 298,66
Falla en los rodillos enrolladores	876	S/ 19 982,98
Desgaste de ruedas impulsadoras	596	S/ 2 484,00
Rotura de lanzadera	773	S/ 5 248,67
Lanzadera sin calibrar	764	S/ 5 187,56
Manga doblada	857	S/ 585,00
Desgaste del body	854	S/ 5 798,66
Body sucio	952	S/ 1 662,00
Rueda de patín destruida	738	S/ 1 444,50
Desgaste de lanzadera	600	S/ 450,00
Rotura de cadena	568	S/ 16 910,67
Rotura de pernos Zoquet (de escuadra)	498	S/ 2 636,62
Frenos sin calibrar	779	S/ 607,62
Bloque en mal estado	794	S/ 6 939,56
Rueda cónica dañada	632	S/ 492,96
Resorte dañados	551	S/ 11 080,00
Rotura de leva	657	S/ 15 814,86
Seguro dañado	877	S/ 2 543,30
TOTAL	15927	S/ 113 370,28

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 28. Costo por materiales y repuestos en Extrusora

Falla	N° de Fallas	Costo total por falla
Portacuchilla dañada	49	S/ 118,00
Matriz obstruida	59	S/ 185,50
Picadora desgastada	29	S/ 276,91
Filtro obstruido (en malla)	17	S/ 2 418,40
Fallo del variador (en motor principal)	24	S/ 240,00
Ventilador obstruido (en motor aspirador de MP)	17	S/ 804,40
Bobinadoras sin calibrar	29	S/ 398,91
Total		S/ 4 442,12

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 29. Costo por materiales y repuestos en Convertidora

Falla	N° de Fallas	Costo total por falla
Línea de costura sin calibrar	67	S/ 303,80
Sensor de taca sin calibrar	41	S/ 159,90
Cuchilla térmica sin calibrar	50	S/ 169,90
Desgaste de uñas (jaladores)	31	S/ 208,00
Pistones dañados	46	S/ 400,00
Resistencias dañadas	4	S/ 39,00
Sizalla dañada	4	S/ 120,00
Total		S/ 1 400,60

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 30. Costo por materiales y repuestos en Bastilladoras

Falla	N° de Fallas	Costo total por falla
Máquina de coser sin calibrar	50	S/ 50,00
Atascamiento de hilo	165	S/ 138,28
Total		S/ 188,28

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 31. Costo por materiales y repuestos en Prensa

Falla	N° de Fallas	Costo total por falla
Pistón averiado	26	S/ 1 242,00
Sensor dañado	19	S/ 10,00
Fallo de bomba hidráulica	24	S/ 1 104,00
Total		S/ 2 356,00

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

A continuación, se presenta un cuadro resumen con todas las máquinas analizadas y su costo por materiales y repuestos, mostrando un total de S/ 121 757,28.

Tabla 32. Costo total por materiales y repuestos

Máquina	Costo total
Extrusora	S/ 4 442,12
Telares	S/ 113 370,28
Covertidora	S/ 1 400,60
Bastilladoras	S/ 188,28
Prensa	S/ 2 356,00
Total	S/ 121 757,28

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

3.1.13. Costos de mano de obra

En la Tabla 33 se aprecia el costo total de S/ 91 800,00 para el personal de mantenimiento que opera en ambos turnos de trabajo (día y noche).

Tabla 33. Costo de mano de obra de Enero a Diciembre del 2018

Trabajadores de Mantenimiento	Costo de mensual de M.O. (S/.)	Costo de anual de M.O. (S/.)	Gratificación (2 al año) (s/.)	CTS (Remuneración Computable en 12 meses) (s/.)	Costo Total de M.O. anual (s/.)
Electricista 01	S/ 1 200,00	S/ 14 400,00	S/ 2 000,00	S/ 1 000,00	S/ 17 400,00
Electricista 02	S/ 1 200,00	S/ 14 400,00	S/ 2 000,00	S/ 1 000,00	S/ 17 400,00
Mecánico 01	S/ 1 200,00	S/ 14 400,00	S/ 2 000,00	S/ 1 000,00	S/ 17 400,00
Mecánico 02	S/ 1 200,00	S/ 14 400,00	S/ 2 000,00	S/ 1 000,00	S/ 17 400,00
Mecánico 03	S/ 1 200,00	S/ 14 400,00	S/ 2 000,00	S/ 1 001,00	S/ 22 200,00
Total	S/ 6 000,00	S/ 72 000,00	S/ 10 000,00	S/ 5 001,00	S/ 91 800,00

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

En la Tabla 34 se muestra el resumen del total de pérdidas económicas debido a la falta de un plan de mantenimiento, siendo un monto de S/ 315 454,36.

Tabla 34. Costo Total de Diagnóstico

RESULTADO	VALOR (s/.)
Utilidad bruta no percibida por las unidades no procesadas (Tabla 21)	S/ 101 897,08
Costo de materiales y repuestos (Tabla 32)	S/ 121 757,28
Costo de mano de obra (Tabla 33)	S/ 91 800,00
TOTAL	S/ 315 454,36

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Es importante mencionar que se realizó previamente la Tabla de Ponderación (**Anexo N° 2**) para elegir el tipo de mantenimiento que se presentó en la propuesta de plan de mantenimiento, considerando los problemas presentados al momento de seleccionar.

3.1.14. Análisis de Criticidad

Para el análisis de criticidad de los equipos se utilizó la metodología del modelo semicuantitativo desarrollado en la investigación de Blanco y Duque [5], donde se determinó el riesgo, frecuencia de falla y consecuencias de los eventos de dichas fallas en los equipos de la empresa. La finalidad de este análisis es identificar los equipos críticos y semi- críticos para poder facilitar la toma de decisiones y poder realizar el AMEF. Cabe mencionar que en esta investigación solo se consideraron los equipos que obtuvieron una criticidad total mayor de 50.

$$\text{Criticidad total} = \text{Frecuencia de falla} * \text{Consecuencia}$$

$$\text{Frecuencia} = \text{N}^\circ \text{ de fallas en un determinado tiempo}$$

Consecuencia

$$\begin{aligned} &= \text{Daños al personal} + \text{Daños a las instalaciones} \\ &+ \text{Impacto en la producción} + \text{Impacto a la población} \\ &+ \text{Impacto al ambiente} \end{aligned}$$

Tabla 35. Análisis de Criticidad para Extrusora

Criterio	Categoría	Descripción	Frecuencia
			3
Daños al personal	5	Muerte o incapacidad total permanente.	
	4	Incapacidad parcial permanente. Requiere suspensión laboral.	
	3	Heridas o enfermedades severas en uno o más miembros de la empresa. Daños reportables.	
	2	El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.	2
	1	No se esperan heridas o daños físicos.	
Impacto en la Población	5	Muerte o incapacidad total permanente, daños o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	
	4	Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos tres miembros de la población.	
	3	Hospitalización de al menos 1 persona, requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	
	2	Pueden resultar en heridas o enfermedades leves.	2
	1	Sin efecto a la población.	
Impacto al ambiente	5	Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales.	
	4	Daños irreversibles al ambiente pero que no violan regulaciones y leyes ambientales.	
	3	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	
	2	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	2
	1	Sin daños ambientales ni violación de leyes ambientales.	
Daños a las instalaciones	5	Mayor de 5 000 soles.	
	4	Con daños que puedan ascender de 1 000 a 5 000 soles.	
	3	Con daños que puedan ascender de 500 a 1 000 soles.	
	2	Con daños que puedan llegar hasta 500 soles.	2
	1	Sin daños en las instalaciones.	
Impacto de Producción	5	Mayor de 10 000 soles.	5
	4	De 8 000 a 10 000 soles.	
	3	De 5 000 a 8 000 soles.	
	2	De 1 000 a 5 000 soles.	
	1	Hasta 1 000 soles.	
Costo de materiales y repuestos	5	Mayor de 10 000 soles.	
	4	De 8 000 a 10 000 soles.	4
	3	De 5 000 a 8 000 soles.	
	2	De 1 000 a 5 000 soles.	
	1	Hasta 1 000 soles.	
Impacto Total			17
Nivel de Criticidad			51

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 36. Análisis de Criticidad para Telares

Maquinas			Lohia Nova 6 - #1	Lohia Nova 6 - #2	Lohia Nova 6 - #3	Lohia Nova 6 - #4	Lohia Nova 6 - #5	Sincerity - #5	Sincerity - #6	Sincerity - #7	ATA - #8	ATA - #9	ATA - #10	ATA - #11	ATA - #12	Yumbo #13	Yumbo #14	
Criterio	Categoría	Descripción	Frecuencia															
			4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	
Daños al personal	5	Muerte o incapacidad total permanente.																
	4	Incapacidad parcial permanente. Requiere suspensión laboral.															4	
	3	Heridas o enfermedades severas en uno o más miembros de la empresa. Daños reportables.								3	3	3	3					
	2	El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.	2	2	2	2	2	2	2	2					2	2		
	1	No se esperan heridas o daños físicos.															1	
Impacto en la Población	5	Muerte o incapacidad total permanente, daños o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.																
	4	Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos tres miembros de la población.																
	3	Hospitalización de al menos 1 persona, requiere tratamiento médico o primeros auxilios.																
	2	Pueden resultar en heridas o enfermedades leves.																
	1	Sin efecto a la población.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Impacto al ambiente	5	Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales.																
	4	Daños irreversibles al ambiente pero que no violan regulaciones y leyes ambientales.																
	3	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.																
	2	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.																
	1	Sin daños ambientales ni violación de leyes ambientales.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Daños a las instalaciones	5	Mayor de 5 000 soles.																
	4	Con daños que puedan ascender de 1 000 a 5 000 soles.																
	3	Con daños que puedan ascender de 500 a 1 000 soles.																
	2	Con daños que puedan llegar hasta 500 soles.																
	1	Sin daños en las instalaciones.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Impacto de Producción	5	Mayor de 10 000 soles.																
	4	De 8 000 a 10 000 soles.							4	4	4	4	4		4		4	
	3	De 5 000 a 8 000 soles.																
	2	De 1 000 a 5 000 soles.	2	2	2	2	2	2	2					2		2		
	1	Hasta 1 000 soles.																
Costo de materiales y repuestos	5	Mayor de 10 000 soles.								5	5	5	5		5			
	4	De 8 000 a 10 000 soles.															4	
	3	De 5 000 a 8 000 soles.			3			3	3					3		3		
	2	De 1 000 a 5 000 soles.	2	2		2	2											
	1	Hasta 1 000 soles.																
Impacto Total			9	9	10	9	9	10	12	15	15	15	15	10	14	10	15	
Nivel de Criticidad			36	36	40	36	36	40	48	75	75	75	75	40	70	45	75	

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 37. Análisis de Criticidad para Convertidora

Criterio	Categoría	Descripción	Frecuencia
			3
Daños al personal	5	Muerte o incapacidad total permanente.	
	4	Incapacidad parcial permanente. Requiere suspensión laboral.	4
	3	Heridas o enfermedades severas en uno o más miembros de la empresa. Daños reportables.	
	2	El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.	
	1	No se esperan heridas o daños físicos.	
Impacto en la Población	5	Muerte o incapacidad total permanente, daños o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	
	4	Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos tres miembros de la población.	
	3	Hospitalización de al menos 1 persona, requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	
	2	Pueden resultar en heridas o enfermedades leves.	
	1	Sin efecto a la población.	1
Impacto al ambiente	5	Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales.	
	4	Daños irreversibles al ambiente pero que no violan regulaciones y leyes ambientales.	
	3	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	
	2	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	
	1	Sin daños ambientales ni violación de leyes ambientales.	1
Daños a las instalaciones	5	Mayor de 5 000 soles.	
	4	Con daños que puedan ascender de 1 000 a 5 000 soles.	
	3	Con daños que puedan ascender de 500 a 1 000 soles.	
	2	Con daños que puedan llegar hasta 500 soles.	
	1	Sin daños en las instalaciones.	1
Impacto de Producción	5	Mayor de 10 000 soles.	
	4	De 8 000 a 10 000 soles.	4
	3	De 5 000 a 8 000 soles.	
	2	De 1 000 a 5 000 soles.	
	1	Hasta 1 000 soles.	
Costo de materiales y repuestos	5	Mayor de 10 000 soles.	
	4	De 8 000 a 10 000 soles.	
	3	De 5 000 a 8 000 soles.	
	2	De 1 000 a 5 000 soles.	2
	1	Hasta 1 000 soles.	
Impacto Total			13
Nivel de Criticidad			39

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 38. Análisis de Criticidad para Bastilladoras

Máquina			Bastilladora #1	Bastilladora #2	Bastilladora #3	Bastilladora #4
Criterio	Categoría	Descripción	Frecuencia			
			2	2	2	2
Daños al personal	5	Muerte o incapacidad total permanente.				
	4	Incapacidad parcial permanente. Requiere suspensión laboral.				
	3	Heridas o enfermedades severas en uno o más miembros de la empresa. Daños reportables.				
	2	El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.	2	2	2	2
	1	No se esperan heridas o daños físicos.				
Impacto en la Población	5	Muerte o incapacidad total permanente, daños o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.				
	4	Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos tres miembros de la población.				
	3	Hospitalización de al menos 1 persona, requiere tratamiento médico o primeros auxilios.				
	2	Pueden resultar en heridas o enfermedades leves.				
	1	Sin efecto a la población.	1	1	1	1
Impacto al ambiente	5	Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales.				
	4	Daños irreversibles al ambiente pero que no violan regulaciones y leyes ambientales.				
	3	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.				
	2	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.				
	1	Sin daños ambientales ni violación de leyes ambientales.	1	1	1	1
Daños a las instalaciones	5	Mayor de 5 000 soles.				
	4	Con daños que puedan ascender de 1 000 a 5 000 soles.				
	3	Con daños que puedan ascender de 500 a 1 000 soles.				
	2	Con daños que puedan llegar hasta 500 soles.				
	1	Sin daños en las instalaciones.	1	1	1	1
Impacto de Producción	5	Mayor de 10 000 soles.				
	4	De 8 000 a 10 000 soles.				
	3	De 5 000 a 8 000 soles.	3	3	3	3
	2	De 1 000 a 5 000 soles.				
	1	Hasta 1 000 soles.				
Costo de materiales y repuestos	5	Mayor de 10 000 soles.				
	4	De 8 000 a 10 000 soles.				
	3	De 5 000 a 8 000 soles.				
	2	De 1 000 a 5 000 soles.				
	1	Hasta 1 000 soles.	1	1	1	1
Impacto Total			9	9	9	9
Nivel de Criticidad			18	18	18	18

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 39. Análisis de Criticidad para Prensa

Criterio	Categoría	Descripción	Frecuencia
			1
Daños al personal	5	Muerte o incapacidad total permanente.	
	4	Incapacidad parcial permanente. Requiere suspensión laboral.	
	3	Heridas o enfermedades severas en uno o más miembros de la empresa. Daños reportables.	
	2	El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.	
	1	No se esperan heridas o daños físicos.	1
Impacto en la Población	5	Muerte o incapacidad total permanente, daños o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	
	4	Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos tres miembros de la población.	
	3	Hospitalización de al menos 1 persona, requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	
	2	Pueden resultar en heridas o enfermedades leves.	
	1	Sin efecto a la población.	1
Impacto al ambiente	5	Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales.	
	4	Daños irreversibles al ambiente pero que no violan regulaciones y leyes ambientales.	
	3	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	
	2	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	
	1	Sin daños ambientales ni violación de leyes ambientales.	1
Daños a las instalaciones	5	Mayor de 5 000 soles.	
	4	Con daños que puedan ascender de 1 000 a 5 000 soles.	
	3	Con daños que puedan ascender de 500 a 1 000 soles.	
	2	Con daños que puedan llegar hasta 500 soles.	
	1	Sin daños en las instalaciones.	1
Impacto de Producción	5	Mayor de 10 000 soles.	
	4	De 8 000 a 10 000 soles.	
	3	De 5 000 a 8 000 soles.	3
	2	De 1 000 a 5 000 soles.	
	1	Hasta 1 000 soles.	
Costo de materiales y repuestos	5	Mayor de 10 000 soles.	
	4	De 8 000 a 10 000 soles.	
	3	De 5 000 a 8 000 soles.	
	2	De 1 000 a 5 000 soles.	2
	1	Hasta 1 000 soles.	
Impacto Total			9
Nivel de Criticidad			9

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

3.1.15. Árbol de fallas

Se muestra en las siguientes figuras se muestran los diagramas de árbol de falla de cada máquina que presenta alta criticidad (expuesto anteriormente), donde se dan a conocer las causas para cada una de las fallas encontradas.

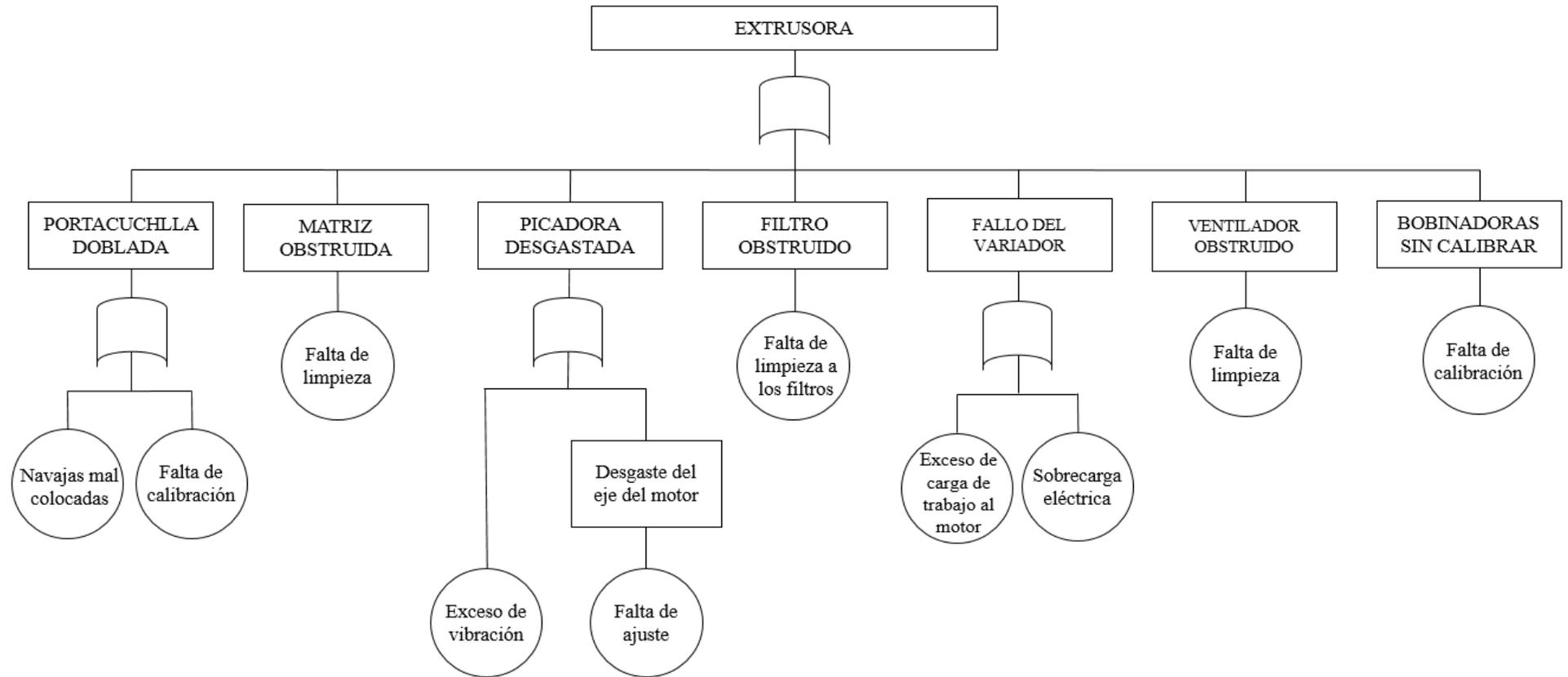


Figura 18. Árbol de falla de la extrusora

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

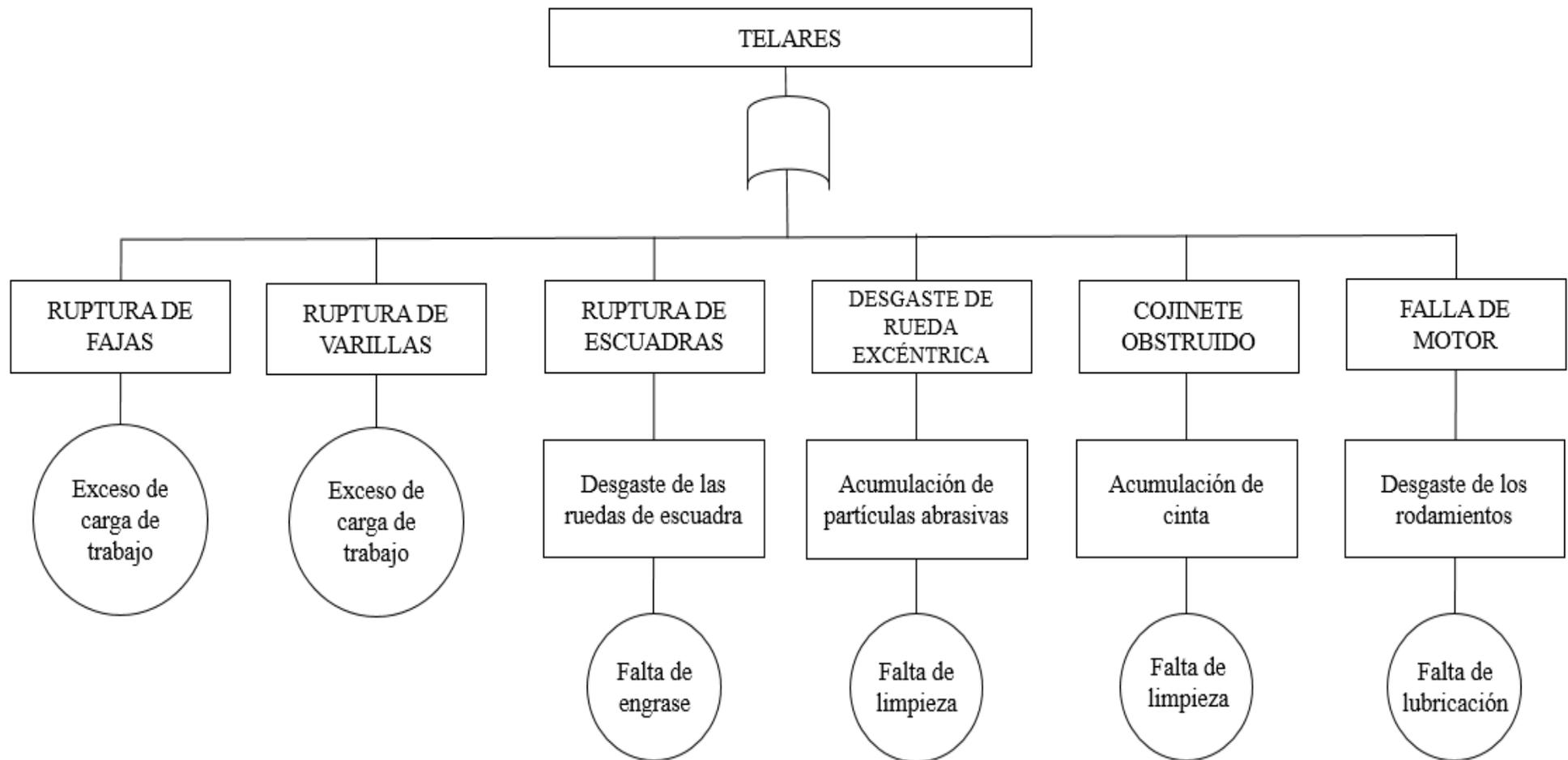


Figura 19. Árbol de falla de los telares

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

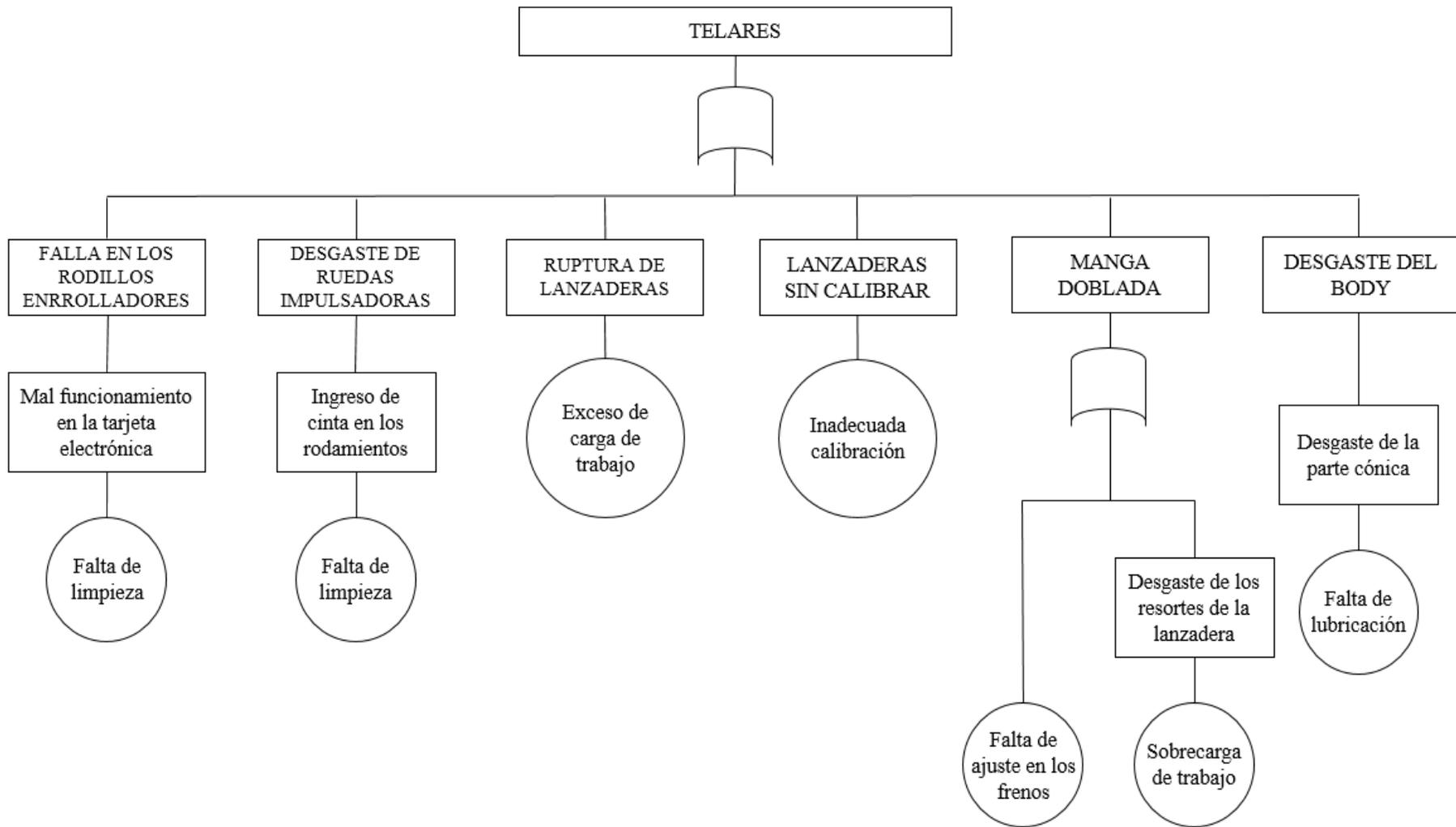


Figura 20. Árbol de falla de los telares

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

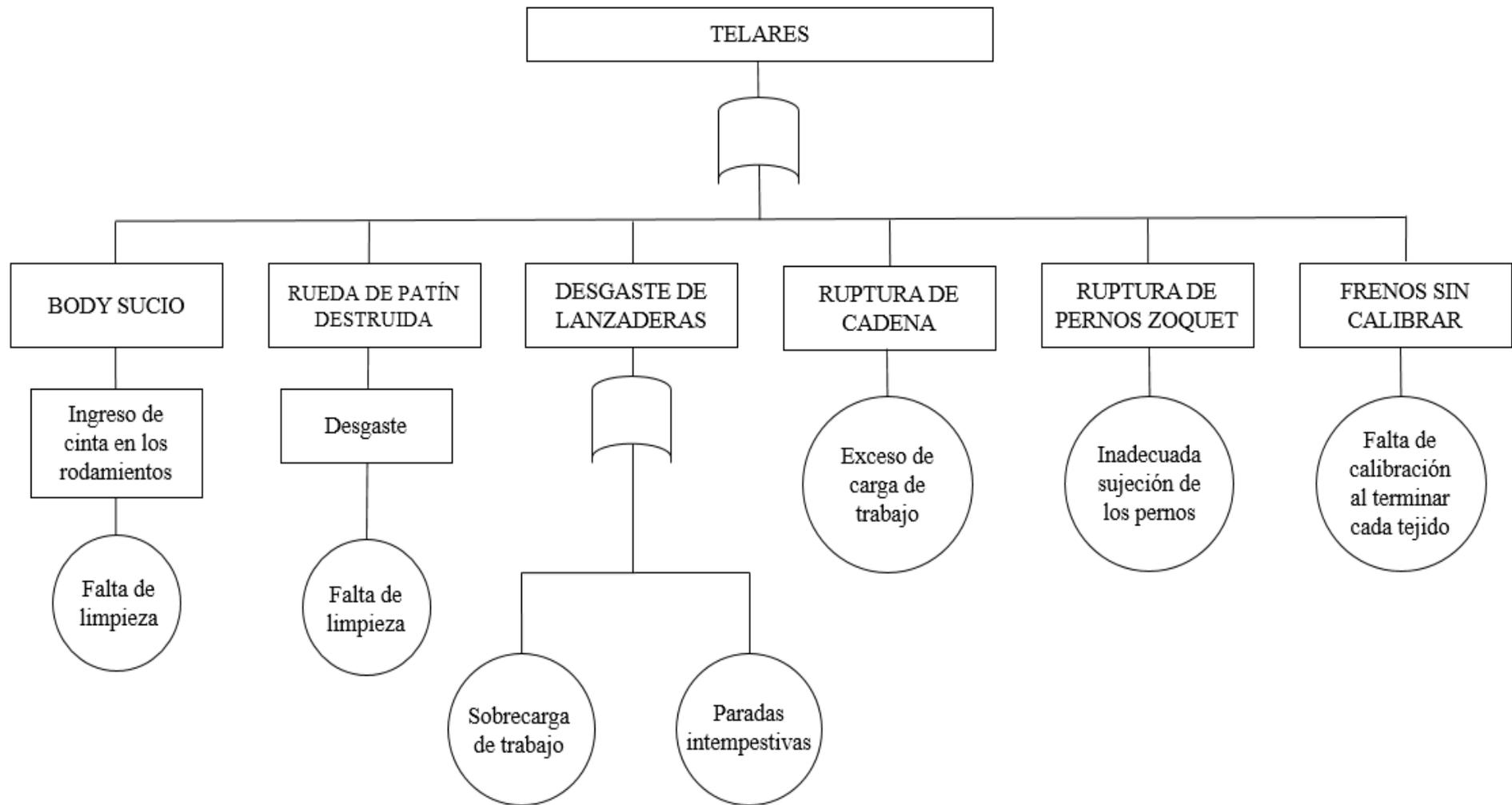


Figura 21. Árbol de falla de los telares

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

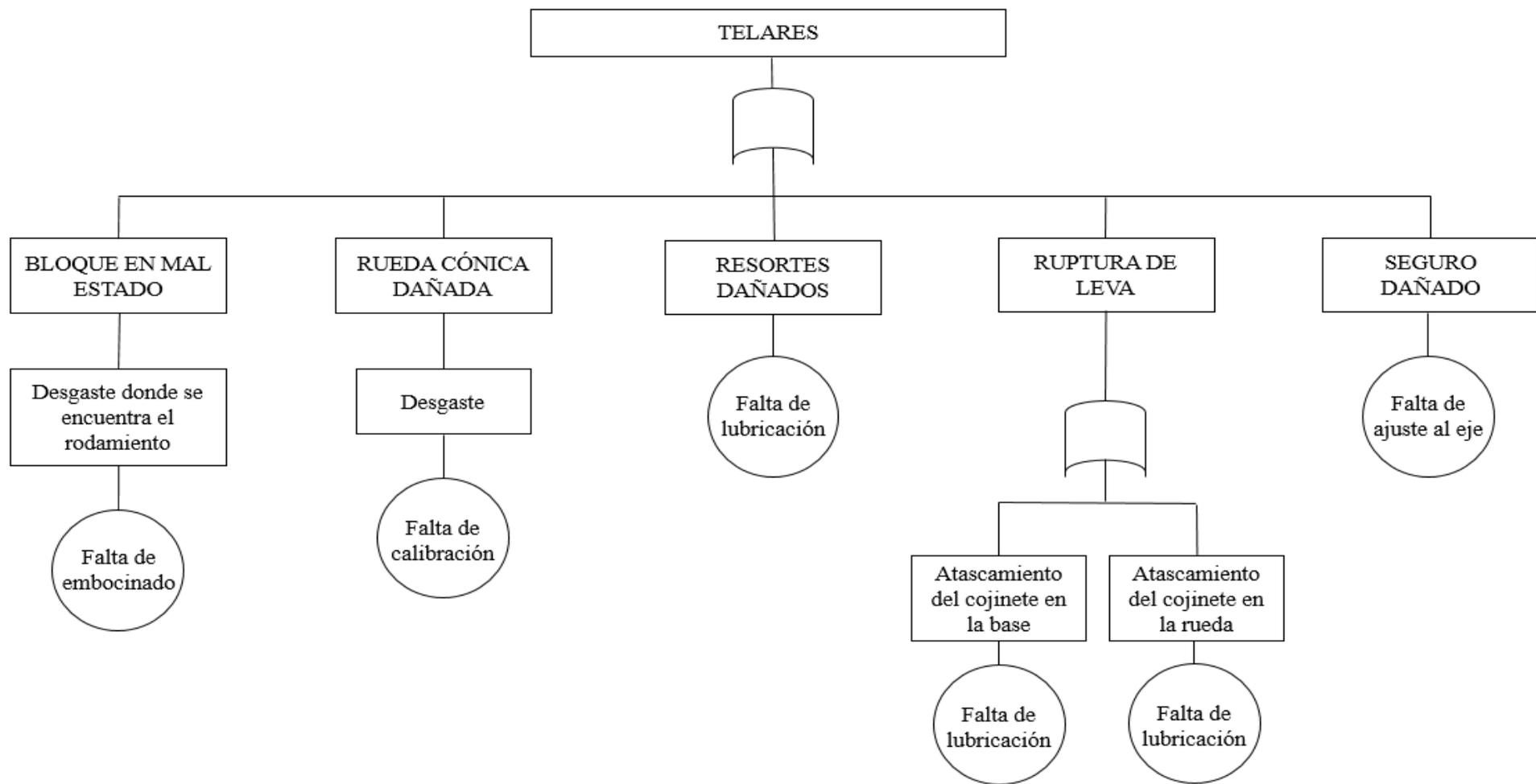


Figura 22. Árbol de falla de los telares

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

3.1.16. Análisis de los Modos y Efectos de Fallas (AMEF)

Una vez que todas las fallas y averías han sido identificadas se puede analizar mediante la herramienta Análisis de los modos y efectos de fallas. Para el desarrollo del cuadro se contó con la ayuda del personal de mantenimiento, explicándole los diferentes parámetros del análisis. Como se puede observar en el AMEF, se determinaron las fallas funcionales, los modos de fallas, efectos de fallas y las principales causas. Los valores otorgados a las columnas de Severidad, Ocurrencia y Detección se explican en el **Anexo N° 3** en función a las tablas de valorización.

Tabla 40. Análisis de los modos y efectos de falla para la Extrusora

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Extrusora	Obtener cintas de polipropileno.	1	Portacuchilla doblada	Variación en el tamaño de la cinta, alterando el denier del peso de la bobina. Además, se producen roturas constantes de la película.	7	No se realiza una buena calibración. Las navajas están mal montadas o mal colocadas.	7	Verificación Visual	6	294	Inspección, calibración y cambio periódico de las cuchillas.	2	3	3	18
		2	Matriz obstruida	Provoca variación en el peso del denier de la cinta, Rotura de la misma y una producción defectuosa.	6	La matriz no se encuentra en condiciones de trabajo, por estar completamente sucia para realizar su función correctamente.	7	Verificación Visual	7	294	Limpieza con la purga Max a la matriz.	2	2	4	16
		3	Picadora desgastada	Se produce un sonido defectuoso que alarma a los operarios, acompañado de una vibración fuera de lo normal en el motor.	5	Es producido por el desgaste del eje del motor, la vibración se da cuando los rodamientos se encuentran en mal estado.	6	Verificación Visual	7	210	Ajuste del eje y cambio de los rodamientos.	3	3	4	36
		4	Filtro obstruido (en malla)	Las mangueras presentan calentamiento excesivo al obstruirse con el sarro que se produce. Además, cuando se recalientan las mangueras sale material por los costados de la malla y provoca que la operación se detenga.	7	Se obstruye porque se trabaja sin sistemas y equipos para el tratamiento de agua que se emplea.	4	Verificación Visual	8	224	Inspección y/o cambio de mangueras al recalentarse. Limpieza y/o cambio de los filtros.	2	2	4	16
		5	Fallo del variador (en motor principal)	Fallo en el variador provocando que pare la producción.	7	Los componentes electrónicos se encuentran muy averiados. Los contactos auxiliares del contactor fallan constantemente.	5	Verificación Eléctrica	8	280	Verificación de funcionamiento de componentes con multítester.	3	3	4	36
		6	Ventilador obstruido (en motor aspirador de MP)	La extrusora no puede recibir material para continuar trabajando.	4	No existe una limpieza correcta de las partes, impidiendo el buen funcionamiento.	4	Verificación Eléctrica	8	128	Limpieza del ventilador.	2	2	4	16
		7	Bobinadoras sin calibrar	Cintas en mal estado o cinta doblada.	4	No se realiza una buena calibración. Los piñones, fajas y rodamiento no se cambian a tiempo.	6	Verificación Visual	7	168	Calibración de las cintas.	3	3	3	27

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 41. Análisis de los modos y efectos de falla para el Telar - Sincerity #8

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	1	Rotura de faja	Parada no programada de la producción.	6	Se debe al fin del tiempo de vida de la faja. No se cambió a tiempo.	8	Verificación Visual	6	288	Tensión y ajuste periódica de la faja.	5	4	3	60
		2	Rotura de varilla	Parada no programada de la producción.	6	Se debe al fin del tiempo de vida de la faja. No se cambió a tiempo.	7	Verificación Visual	6	252	Tensión y ajuste periódica de la varilla.	5	4	3	60
		3	Rotura de escuadras	El tejido empieza a salir en mal estado, se visualiza un tramo del tejido abierto.	6	Desgaste de las ruedas de escuadra.	5	Verificación Visual	6	180	Limpieza y engrase periódico de las ruedas.	5	2	3	30
		4	Desgaste de rueda excéntrica	La rueda excéntrica deja de retener la lanzadera dentro del peine y poder formarse la tela para el saco.	5	Condición de trabajo inadecuado provocado por el desgaste de la cinta y/o por la forma de limpieza de los telares.	6	Verificación Visual	7	210	Limpieza periódica.	1	3	4	12
		5	Cojinete obstruido (en la leva)	Parada no programada de la producción. Sobrecalentamiento de componentes y equipo. Sobrecarga en el sistema.	5	La alta contaminación que existe en el lugar de trabajo, por el desgaste que sufre la cinta, este desgaste se introduce en el cojinete provocando de esta manera la falla de los cojinetes.	6	Verificación Visual	7	210	Limpieza periódica.	3	3	4	36
		6	Falla de motor	Parada no programada de la producción.	6	Falta de lubricación y desgaste de los rodamientos.	6	Verificación Eléctrica	7	252	Lubricación periódica.	4	3	4	48
		7	Falla en los rodillos enrolladores	Lo que se va tejiendo no se puede enrollar, quedando acumulado en la parte superior de la máquina.	7	Los rodillos van acumulando restos de cinta de los sacos.	7	Verificación Eléctrica	6	294	Limpieza periódica.	5	4	3	60
		8	Desgaste de ruedas impulsadoras	Se observa Rotura de cinta constante durante el tejido.	5	La cinta ingresa a los rodamientos, provocando que las ruedas se enduren.	7	Verificación Visual	7	245	Limpieza periódica.	1	4	4	16
		9	Rotura de lanzadera	Se observa Rotura de cinta constante durante el tejido.	7	Excesiva carga de trabajo o en otras ocasiones se debe al fin del tiempo de vida de los rodamientos.	7	Verificación Visual	6	294	Cambio de las ruedas por otras en mejor estado.	5	4	3	60

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR	
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	10	Lanzaderas sin calibrar	Rotura constante en el tejido y provoca que se malogren otras partes de la máquina.	5	No se realiza una buena calibración de las lanzaderas.	5	Verificación Visual	8	200	Ajuste y tensión adecuado.	3	2	5	30
		11	Manga doblada	Un tejido defectuoso, debido al aumento de medida en la manga, generando una variación en el pedido.	5	Desgaste de los resortes del cuerpo de la lanzadera, perdiendo la flexibilidad de un inicio.	7	Verificación Visual	6	210	Ajuste a los frenos del telar.	1	4	3	12
		12	Desgaste del body	La trama del tejido se ajusta y por lo tanto la manga se reduce, dando una variación en el pedido.	5	Desgaste de la parte cónica del body.	7	Verificación Visual	7	245	Lubricación periódica.	2	4	4	32
		13	Body sucio	La trama del tejido se ajusta y por lo tanto la manga se reduce, dando una variación en el pedido.	5	Interrupción en los rodamientos internos del body por presencia de cinta.	7	Verificación Visual	7	245	Limpieza periódica o cambio de rodamiento de los bodys.	1	4	4	16
		14	Rueda de patín destruida	La tela sale defectuosa y de mala calidad.	6	Deformación del material con que están fabricados.	6	Verificación Visual	7	252	Revisar integridad de las ruedas para evitar que las ruedas se deformen o destruyan antes de su vida útil. Ajuste periódico.	5	3	4	60
		15	Desgaste de lanzaderas	El urdimbre se rompe constantemente.	5	Rotura de las bases de las lanzaderas, por paradas intempestivas o sobrecarga de trabajo.	7	Verificación Visual	7	245	Ajuste periódico de las lanzaderas, evitando paradas bruscas.	3	4	4	48
		16	Rotura de cadena	Parada no programada de la producción.	6	Se debe al fin del tiempo de vida de la cadena. No se cambió a tiempo.	6	Verificación Visual	7	252	Limpieza y cambio periódico de la cadena.	5	3	4	60
		17	Rotura de pernos Zoquet (de escuadra)	Parada no programada de la producción.	6	Falta de ajuste y engrase periódico de los pernos de las planchas. Las vibraciones causan el desajuste a largo plazo.	7	Verificación Visual	7	294	Torqueo periódico de los pernos.	5	4	4	80
		18	Frenos sin calibrar	Variación de pedido según especificaciones del cliente.	5	Incorrecta regulación de los frenos.	6	Verificación Visual	7	210	Calibrar frenos.	3	3	4	36

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	19	Bloque en mal estado	Se produce un tejido defectuoso, acompañado de un sonido extraño que alarma al personal encargado que algo falla.	6	Desgaste donde se encuentra alojado el rodamiento.	7	Verificación Visual	7	294	Revisar y/o embocinar periódicamente el bloque donde se encuentra alojado el rodamiento.	3	4	4	48
		20	Rueda cónica dañada	Parada no programada de la producción.	5	Desgaste de las ruedas	5	Verificación Visual	7	175	Inspección y ajuste periódico de las ruedas.	4	2	4	32
		21	Resortes dañados	Parada no programada de la producción. Se detecta falta de consistencia en el estiramiento de la cinta.	6	Problemas con la deformación del Resorte.	6	Verificación Visual	8	288	Lubricar con mayor frecuencia el resorte. Inspección de integridad y calibración.	4	3	5	60
		22	Rotura de leva	Parada no programada de la producción.	6	Atascamiento del cojinete en la rueda o del cojinete de la base, cuando uno de estos cojinetes se atascan la falla provocada es la fractura de la Leva.	7	Verificación Visual	7	294	Dar lubricación y seguir los procedimientos adecuados de mantenimiento y operación.	5	4	4	80
		23	Seguro dañado	Se salen de su lugar y provoca que la bobina de la trama se salga de la lanzadera y se detenga el telar.	5	El eje se encuentra demasiado gastado en el espacio o alojamiento del seguro y no es suficiente para retenerlo y por tal motivo una de las bobinas se disloca..	5	Verificación Visual	7	175	Ajuste de los ejes del seguro del greyser y cambiar los ejes con mayor desgaste, por los ejes que se sujetan al greyser con tornillo, este tipo sujeta al greyser con tornillo y hacen un mejor trabajo que los seguros.	4	2	4	32

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 42. Análisis de los modos y efectos de falla para el Telar - ATA #9

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	1	Rotura de faja	Parada no programada de la producción.	7	Se debe al fin del tiempo de vida de la faja. No se cambió a tiempo.	8	Verificación Visual	6	336	Tensión y ajuste periódica de la faja.	5	4	3	60
		2	Rotura de varilla	Parada no programada de la producción.	7	Se debe al fin del tiempo de vida de la faja. No se cambió a tiempo.	8	Verificación Visual	6	336	Tensión y ajuste periódica de la varilla.	5	4	3	60
		3	Rotura de escuadras	El tejido empieza a salir en mal estado, se visualiza un tramo del tejido abierto.	7	Desgaste de las ruedas de escuadra.	8	Verificación Visual	6	336	Limpieza y engrase periódico de las ruedas.	5	4	3	60
		4	Desgaste de rueda excéntrica	La rueda excéntrica deja de retener la lanzadera dentro del peine y poder formarse la tela para el saco.	6	Condición de trabajo inadecuado provocado por el desgaste de la cinta y/o por la forma de limpieza de los telares.	5	Verificación Visual	8	240	Limpieza periódica.	2	2	5	20
		5	Cojinete obstruido (en la leva)	Parada no programada de la producción. Sobrecalentamiento de componentes y equipo. Sobrecarga en el sistema.	5	La alta contaminación que existe en el lugar de trabajo, por el desgaste que sufre la cinta, este desgaste se introduce en el cojinete provocando de esta manera la falla de los cojinetes.	7	Verificación Visual	8	280	Limpieza periódica.	3	4	5	60
		6	Falla de motor	Parada no programada de la producción.	7	Falta de lubricación y desgaste de los rodamientos.	7	Verificación Eléctrica	8	392	Lubricación periódica.	5	4	5	100
		7	Falla en los rodillos enrolladores	Lo que se va tejiendo no se puede enrollar, quedando acumulado en la parte superior de la máquina.	8	Los rodillos van acumulando restos de cinta de los sacos.	8	Verificación Eléctrica	7	448	Limpieza periódica.	5	4	4	80
		8	Desgaste de ruedas impulsadoras	Se observa Rotura de cinta constante durante el tejido.	6	La cinta ingresa a los rodamientos, provocando que las ruedas se endurezcan.	8	Verificación Visual	8	384	Limpieza periódica.	2	4	5	40
		9	Rotura de lanzadera	Se observa Rotura de cinta constante durante el tejido.	8	Excesiva carga de trabajo o en otras ocasiones se debe al fin del tiempo de vida de los rodamientos.	8	Verificación Visual	7	448	Cambio de las ruedas por otras en mejor estado.	5	4	4	80

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	10	Lanzaderas sin calibrar	Se produce una Rotura constante en el tejido y provoca que se malogren otras partes de la máquina.	5	No se realiza una buena calibración de las lanzaderas.	7	Verificación Visual	8	280	Ajuste y tensión adecuado.	3	4	5	60
		11	Manga doblada	Un tejido defectuoso, debido al aumento de medida en la manga, generando una variación en el pedido.	5	Desgaste de los resortes del cuerpo de la lanzadera, perdiendo la flexibilidad de un inicio.	6	Verificación Visual	7	210	Ajuste a los frenos del telar.	2	3	4	24
		12	Desgaste del body	La trama del tejido se ajusta y por lo tanto la manga se reduce, dando una variación en el pedido.	6	Desgaste de la parte cónica del body.	8	Verificación Visual	8	384	Lubricación periódica.	2	4	5	40
		13	Body sucio	La trama del tejido se ajusta y por lo tanto la manga se reduce, dando una variación en el pedido.	5	Interrupción en los rodamientos internos del body por presencia de cinta.	8	Verificación Visual	8	320	Limpieza periódica o cambio de rodamiento de los bodys.	2	4	5	40
		14	Rueda de patín destruida	La tela sale defectuosa y de mala calidad.	7	Deformación del material con que están fabricados.	6	Verificación Visual	8	336	Usar ruedas originales para evitar que las ruedas se deformen o destruyan antes de su vida útil. Ajuste periódico.	5	3	5	75
		15	Desgaste de lanzaderas	El urdimbre se rompe constantemente.	6	Rotura de las bases de las lanzaderas, por paradas intempestivas o bruscas..	7	Verificación Visual	8	336	Tensión y ajuste periódico de las lanzaderas, evitando paradas bruscas.	3	4	5	60
		16	Rotura de cadena	Se para la máquina, desperdiciando tiempo para la producción.	7	Se debe al fin del tiempo de vida de la cadena. No se cambió a tiempo.	8	Verificación Visual	8	448	Limpieza y cambio periódico de la cadena.	5	4	5	100
		17	Rotura de pernos Zoquet (de escuadra)	Se para la máquina, desperdiciando tiempo para la producción.	7	Falta de ajuste y engrase periódico de los pernos de las planchas. Las vibraciones causan el desajuste a largo plazo.	8	Verificación Visual	8	448	Ajuste y engrase periódico de los pernos.	5	4	5	100
		18	Frenos sin calibrar	La manga se reduce o aumenta por los frenos no calibrados, variando de esta forma en el pedido que especificó el cliente.	5	Incorrecta regulación de los frenos.	6	Verificación Visual	8	240	Calibrar los frenos al terminar cada tejido para evitar futuros problemas con el tejido nuevo.	3	3	5	45

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	19	Bloque en mal estado	Se produce un tejido defectuoso, acompañado de un sonido extraño que alarma al personal encargado que algo falla.	6	Desgaste donde se encuentra alojado el rodamiento.	8	Verificación Visual	8	384	Revisar y/o embocinar periódicamente el bloque donde se encuentra alojado el rodamiento.	4	4	5	80
		20	Rueda cónica dañada	Dejan de brindar movimiento a la lanzadera que está sobre el peine por lo que es importante solucionar los problemas cuanto antes.	7	Desgaste de las ruedas	7	Verificación Visual	9	441	Inspección y ajuste periódico de las ruedas.	4	3	5	60
		21	Resortes dañados	La máquina no trabaja bien y por tal motivo se detiene automáticamente, además se detecta falta de templado en la cinta.	7	Problemas con la deformación del Resorte.	7	Verificación Visual	8	392	Lubricar con mayor frecuencia el resorte. Inspección de integridad y calibración.	5	3	5	75
		22	Rotura de leva	Por la forma de la pieza existe dos puntos frágiles en las cuales siempre se dé la falla, estas son la esquina de la leva y la otra es en la parte detrás de las ruedas.	6	Atascamiento del cojinete en la rueda o del cojinete de la base, cuando uno de estos cojinetes se atascan la falla provocada es la fractura de la Leva.	8	Verificación Visual	8	384	Dar lubricación y seguir los procedimientos adecuados de mantenimiento y operación.	4	4	5	80
		23	Seguro dañado	Se salen de su lugar y provoca que la bobina de la trama se salga de la lanzadera y se detenga el telar.	6	El eje se encuentra demasiado gastado en el espacio o alojamiento del seguro y no es suficiente para retenerlo y por tal motivo una de las bobinas se disloca..	8	Verificación Visual	8	384	Ajuste de los ejes del seguro del greyser y cambiar los ejes con mayor desgaste, por los ejes que se sujetan al greyser con tornillo, este tipo sujeta al greyser con tornillo y hacen un mejor trabajo que los seguros.	4	4	5	80

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 43. Análisis de los modos y efectos de falla para el Telar - ATA #10

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	1	Rotura de faja	Parada no programada de la producción.	7	Se debe al fin del tiempo de vida de la faja. No se cambió a tiempo.	7	Verificación Visual	6	294	Tensión y ajuste periódica de la faja.	5	3	3	45
		2	Rotura de varilla	Parada no programada de la producción.	7	Se debe al fin del tiempo de vida de la faja. No se cambió a tiempo.	7	Verificación Visual	6	294	Tensión y ajuste periódica de la varilla.	5	3	3	45
		3	Rotura de escuadras	El tejido empieza a salir en mal estado, se visualiza un tramo del tejido abierto.	7	Desgaste de las ruedas de escuadra.	8	Verificación Visual	6	336	Limpieza y engrase periódico de las ruedas.	5	4	3	60
		4	Desgaste de rueda excéntrica	La rueda excéntrica deja de retener la lanzadera dentro del peine y poder formarse la tela para el saco.	6	Condición de trabajo inadecuado provocado por el desgaste de la cinta y/o por la forma de limpieza de los telares.	6	Verificación Visual	8	288	Limpieza periódica.	2	2	5	20
		5	Cojinete obstruido (en la leva)	Parada no programada de la producción. Sobrecalentamiento de componentes y equipo. Sobrecarga en el sistema.	5	La alta contaminación que existe en el lugar de trabajo, por el desgaste que sufre la cinta, este desgaste se introduce en el cojinete provocando de esta manera la falla de los cojinetes.	6	Verificación Visual	8	240	Limpieza periódica.	3	2	5	30
		6	Falla de motor	Parada no programada de la producción.	7	Falta de lubricación y desgaste de los rodamientos.	7	Verificación Eléctrica	8	392	Lubricación periódica.	5	3	5	75
		7	Falla en los rodillos enrolladores	Lo que se va tejiendo no se puede enrollar, quedando acumulado en la parte superior de la máquina.	8	Los rodillos van acumulando restos de cinta de los sacos.	8	Verificación Eléctrica	7	448	Limpieza periódica.	5	4	4	80
		8	Desgaste de ruedas impulsadoras	Se observa Rotura de cinta constante durante el tejido.	6	La cinta ingresa a los rodamientos, provocando que las ruedas se endurezcan.	8	Verificación Visual	8	384	Limpieza periódica.	2	4	5	40
		9	Rotura de lanzadera	Se observa Rotura de cinta constante durante el tejido.	8	Excesiva carga de trabajo o en otras ocasiones se debe al fin del tiempo de vida de los rodamientos.	7	Verificación Visual	7	392	Cambio de las ruedas por otras en mejor estado.	5	3	4	60

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	10	Lanzaderas sin calibrar	Se produce una Rotura constante en el tejido y provoca que se malogren otras partes de la máquina.	5	No se realiza una buena calibración de las lanzaderas.	7	Verificación Visual	8	280	Ajuste y tensión adecuado.	3	3	5	45
		11	Manga doblada	Un tejido defectuoso, debido al aumento de medida en la manga, generando una variación en el pedido.	5	Desgaste de los resortes del cuerpo de la lanzadera, perdiendo la flexibilidad de un inicio.	8	Verificación Visual	7	280	Ajuste a los frenos del telar.	2	4	4	32
		12	Desgaste del body	La trama del tejido se ajusta y por lo tanto la manga se reduce, dando una variación en el pedido.	6	Desgaste de la parte cónica del body.	8	Verificación Visual	8	384	Lubricación periódica.	2	4	5	40
		13	Body sucio	La trama del tejido se ajusta y por lo tanto la manga se reduce, dando una variación en el pedido.	5	Interrupción en los rodamientos internos del body por presencia de cinta.	8	Verificación Visual	8	320	Limpieza periódica o cambio de rodamiento de los bodys.	2	4	5	40
		14	Rueda de patín destruida	La tela sale defectuosa y de mala calidad.	7	Deformación del material con que están fabricados.	8	Verificación Visual	8	448	Usar ruedas originales para evitar que las ruedas se deformen o destruyan antes de su vida útil. Ajuste periódico.	5	4	5	100
		15	Desgaste de lanzaderas	El urdimbre se rompe constantemente.	6	Rotura de las bases de las lanzaderas, por paradas intempestivas o bruscas..	7	Verificación Visual	8	336	Tensión y ajuste periódico de las lanzaderas, evitando paradas bruscas.	3	3	5	45
		16	Rotura de cadena	Se para la máquina, desperdiciando tiempo para la producción.	7	Se debe al fin del tiempo de vida de la cadena. No se cambió a tiempo.	7	Verificación Visual	8	392	Limpieza y cambio periódico de la cadena.	5	3	5	75
		17	Rotura de pernos Zoquet (de escuadra)	Se para la máquina, desperdiciando tiempo para la producción.	7	Falta de ajuste y engrase periódico de los pernos de las planchas. Las vibraciones causan el desajuste a largo plazo.	8	Verificación Visual	8	448	Ajuste y engrase periódico de los pernos.	5	4	5	100
		18	Frenos sin calibrar	La manga se reduce o aumenta por los frenos no calibrados, variando de esta forma en el pedido que especificó el cliente.	5	Incorrecta regulación de los frenos.	8	Verificación Visual	8	320	Calibrar los frenos al terminar cada tejido para evitar futuros problemas con el tejido nuevo.	3	4	5	60

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	19	Bloque en mal estado	Se produce un tejido defectuoso, acompañado de un sonido extraño que alarma al personal encargado que algo falla.	7	Desgaste donde se encuentra alojado el rodamiento.	8	Verificación Visual	8	448	Revisar y/o embocinar periódicamente el bloque donde se encuentra alojado el rodamiento.	3	4	5	60
		20	Rueda cónica dañada	Dejan de brindar movimiento a la lanzadera que está sobre el peine por lo que es importante solucionar los problemas cuanto antes.	6	Desgaste de las ruedas	7	Verificación Visual	8	336	Inspección y ajuste periódico de las ruedas.	4	3	5	60
		21	Resortes dañados	La máquina no trabaja bien y por tal motivo se detiene automáticamente, además se detecta falta de templado en la cinta.	7	Problemas con la deformación del Resorte.	8	Verificación Visual	9	504	Lubricar con mayor frecuencia el resorte. Inspección de integridad y calibración.	4	4	5	80
		22	Rotura de leva	Por la forma de la pieza existe dos puntos frágiles en las cuales siempre se dé la falla, estas son la esquina de la leva y la otra es en la parte detrás de las ruedas.	7	Atascamiento del cojinete en la rueda o del cojinete de la base, cuando uno de estos cojinetes se atascan la falla provocada es la fractura de la Leva.	8	Verificación Visual	8	448	Dar lubricación y seguir los procedimientos adecuados de mantenimiento y operación.	5	4	5	100
		23	Seguro dañado	Se salen de su lugar y provoca que la bobina de la trama se salga de la lanzadera y se detenga el telar.	6	El eje se encuentra demasiado gastado en el espacio o alojamiento del seguro y no es suficiente para retenerlo y por tal motivo una de las bobinas se disloca..	8	Verificación Visual	8	384	Ajuste de los ejes del seguro del greyser y cambiar los ejes con mayor desgaste, por los ejes que se sujetan al greyser con tornillo, este tipo sujeta al greyser con tornillo y hacen un mejor trabajo que los seguros.	4	4	5	80

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 44. Análisis de los modos y efectos de falla para el Telar - ATA #11

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	1	Rotura de faja	Parada no programada de la producción.	7	Se debe al fin del tiempo de vida de la faja. No se cambió a tiempo.	8	Verificación Visual	6	336	Tensión y ajuste periódica de la faja.	5	4	3	60
		2	Rotura de varilla	Parada no programada de la producción.	7	Se debe al fin del tiempo de vida de la faja. No se cambió a tiempo.	8	Verificación Visual	6	336	Tensión y ajuste periódica de la varilla.	5	4	3	60
		3	Rotura de escuadras	El tejido empieza a salir en mal estado, se visualiza un tramo del tejido abierto.	7	Desgaste de las ruedas de escuadra.	8	Verificación Visual	6	336	Limpieza y engrase periódico de las ruedas.	5	4	3	60
		4	Desgaste de rueda excéntrica	La rueda excéntrica deja de retener la lanzadera dentro del peine y poder formarse la tela para el saco.	6	Condición de trabajo inadecuado provocado por el desgaste de la cinta y/o por la forma de limpieza de los telares.	7	Verificación Visual	8	336	Limpieza periódica.	2	3	5	30
		5	Cojinete obstruido (en la leva)	Parada no programada de la producción. Sobrecalentamiento de componentes y equipo. Sobrecarga en el sistema.	5	La alta contaminación que existe en el lugar de trabajo, por el desgaste que sufre la cinta, este desgaste se introduce en el cojinete provocando de esta manera la falla de los cojinetes.	8	Verificación Visual	8	320	Limpieza periódica.	3	4	5	60
		6	Falla de motor	Parada no programada de la producción.	7	Falta de lubricación y desgaste de los rodamientos.	7	Verificación Eléctrica	8	392	Lubricación periódica.	5	3	5	75
		7	Falla en los rodillos enrolladores	Lo que se va tejiendo no se puede enrollar, quedando acumulado en la parte superior de la máquina.	8	Los rodillos van acumulando restos de cinta de los sacos.	7	Verificación Eléctrica	7	392	Limpieza periódica.	5	3	4	60
		8	Desgaste de ruedas impulsadoras	Se observa Rotura de cinta constante durante el tejido.	6	La cinta ingresa a los rodamientos, provocando que las ruedas se enduren.	8	Verificación Visual	8	384	Limpieza periódica.	2	4	5	40
		9	Rotura de lanzadera	Se observa Rotura de cinta constante durante el tejido.	8	Excesiva carga de trabajo o en otras ocasiones se debe al fin del tiempo de vida de los rodamientos.	7	Verificación Visual	7	392	Cambio de las ruedas por otras en mejor estado.	5	3	4	60

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	10	Lanzaderas sin calibrar	Se produce una Rotura constante en el tejido y provoca que se malogren otras partes de la máquina.	5	No se realiza una buena calibración de las lanzaderas.	8	Verificación Visual	8	320	Tensión y ajuste periódica de la faja.	3	4	5	60
		11	Manga doblada	Un tejido defectuoso, debido al aumento de medida en la manga, generando una variación en el pedido.	5	Desgaste de los resortes del cuerpo de la lanzadera, perdiendo la flexibilidad de un inicio.	7	Verificación Visual	7	245	Tensión y ajuste periódica de la varilla.	2	3	4	24
		12	Desgaste del body	La trama del tejido se ajusta y por lo tanto la manga se reduce, dando una variación en el pedido.	6	Desgaste de la parte cónica del body.	8	Verificación Visual	8	384	Limpieza y engrase periódico de las ruedas.	2	4	5	40
		13	Body sucio	La trama del tejido se ajusta y por lo tanto la manga se reduce, dando una variación en el pedido.	5	Interrupción en los rodamientos internos del body por presencia de cinta.	8	Verificación Visual	8	320	Limpieza periódica.	2	4	5	40
		14	Rueda de patín destruida	La tela sale defectuosa y de mala calidad.	7	Deformación del material con que están fabricados.	8	Verificación Visual	8	448	Limpieza periódica.	5	4	5	100
		15	Desgaste de lanzaderas	El urdimbre se rompe constantemente.	6	Rotura de las bases de las lanzaderas, por paradas intempestivas o bruscas..	7	Verificación Visual	8	336	Lubricación periódica.	3	3	5	45
		16	Rotura de cadena	Se para la máquina, desperdiciando tiempo para la producción.	7	Se debe al fin del tiempo de vida de la cadena. No se cambió a tiempo.	8	Verificación Visual	8	448	Limpieza periódica.	5	4	5	100
		17	Rotura de pernos Zoquet (de escuadra)	Se para la máquina, desperdiciando tiempo para la producción.	7	Falta de ajuste y engrase periódico de los pernos de las planchas. Las vibraciones causan el desajuste a largo plazo.	8	Verificación Visual	8	448	Limpieza periódica.	5	4	5	100
		18	Frenos sin calibrar	La manga se reduce o aumenta por los frenos no calibrados, variando de esta forma en el pedido que especificó el cliente.	5	Incorrecta regulación de los frenos.	8	Verificación Visual	8	320	Cambio de las ruedas por otras en mejor estado.	3	4	5	60

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	19	Bloque en mal estado	Se produce un tejido defectuoso, acompañado de un sonido extraño que alarma al personal encargado que algo falla.	7	Desgaste donde se encuentra alojado el rodamiento.	8	Verificación Visual	8	448	Revisar y/o embocinar periódicamente el bloque donde se encuentra alojado el rodamiento.	3	4	5	60
		20	Rueda cónica dañada	Dejan de brindar movimiento a la lanzadera que está sobre el peine por lo que es importante solucionar los problemas cuanto antes.	6	Desgaste de las ruedas	6	Verificación Visual	8	288	Inspección y ajuste periódico de las ruedas.	4	2	5	40
		21	Resortes dañados	La máquina no trabaja bien y por tal motivo se detiene automáticamente, además se detecta falta de templado en la cinta.	7	Problemas con la deformación del Resorte.	5	Verificación Visual	9	315	Lubricar con mayor frecuencia el resorte. Inspección de integridad y calibración.	4	2	5	40
		22	Rotura de leva	Por la forma de la pieza existe dos puntos frágiles en las cuales siempre se dé la falla, estas son la esquina de la leva y la otra es en la parte detrás de las ruedas.	7	Atascamiento del cojinete en la rueda o del cojinete de la base, cuando uno de estos cojinetes se atascan la falla provocada es la fractura de la Leva.	8	Verificación Visual	8	448	Dar lubricación y seguir los procedimientos adecuados de mantenimiento y operación.	5	4	5	100
		23	Seguro dañado	Se salen de su lugar y provoca que la bobina de la trama se salga de la lanzadera y se detenga el telar.	6	El eje se encuentra demasiado gastado en el espacio o alojamiento del seguro y no es suficiente para retenerlo y por tal motivo una de las bobinas se disloca..	8	Verificación Visual	8	384	Ajuste de los ejes del seguro del greyser y cambiar los ejes con mayor desgaste, por los ejes que se sujetan al greyser con tornillo, este tipo sujeta al greyser con tornillo y hacen un mejor trabajo que los seguros.	4	4	5	80

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 45. Análisis de los modos y efectos de falla para el Telar - ATA #13

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	1	Rotura de faja	Parada no programada de la producción.	7	Se debe al fin del tiempo de vida de la faja. No se cambió a tiempo.	8	Verificación Visual	6	336	Tensión y ajuste periódica de la faja.	5	4	3	60
		2	Rotura de varilla	Parada no programada de la producción.	7	Se debe al fin del tiempo de vida de la faja. No se cambió a tiempo.	8	Verificación Visual	6	336	Tensión y ajuste periódica de la varilla.	5	4	3	60
		3	Rotura de escuadras	El tejido empieza a salir en mal estado, se visualiza un tramo del tejido abierto.	7	Desgaste de las ruedas de escuadra.	8	Verificación Visual	6	336	Limpieza y engrase periódico de las ruedas.	5	4	3	60
		4	Desgaste de rueda excéntrica	La rueda excéntrica deja de retener la lanzadera dentro del peine y poder formarse la tela para el saco.	6	Condición de trabajo inadecuado provocado por el desgaste de la cinta y/o por la forma de limpieza de los telares.	5	Verificación Visual	8	240	Limpieza periódica.	2	2	5	20
		5	Cojinete obstruido (en la leva)	Parada no programada de la producción. Sobrecalentamiento de componentes y equipo. Sobrecarga en el sistema.	5	La alta contaminación que existe en el lugar de trabajo, por el desgaste que sufre la cinta, este desgaste se introduce en el cojinete provocando de esta manera la falla de los cojinetes.	8	Verificación Visual	8	320	Limpieza periódica.	3	4	5	60
		6	Falla de motor	Parada no programada de la producción.	7	Falta de lubricación y desgaste de los rodamientos.	6	Verificación Eléctrica	8	336	Lubricación periódica.	5	3	5	75
		7	Falla en los rodillos enrolladores	Lo que se va tejiendo no se puede enrollar, quedando acumulado en la parte superior de la máquina.	8	Los rodillos van acumulando restos de cinta de los sacos.	7	Verificación Eléctrica	7	392	Limpieza periódica.	5	3	4	60
		8	Desgaste de ruedas impulsadoras	Se observa Rotura de cinta constante durante el tejido.	6	La cinta ingresa a los rodamientos, provocando que las ruedas se enduren.	8	Verificación Visual	8	384	Limpieza periódica.	2	4	5	40
		9	Rotura de lanzadera	Se observa Rotura de cinta constante durante el tejido.	8	Excesiva carga de trabajo o en otras ocasiones se debe al fin del tiempo de vida de los rodamientos.	8	Verificación Visual	7	448	Cambio de las ruedas por otras en mejor estado.	5	4	4	80

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	10	Lanzaderas sin calibrar	Se produce una Rotura constante en el tejido y provoca que se malogren otras partes de la máquina.	5	No se realiza una buena calibración de las lanzaderas.	8	Verificación Visual	8	320	Ajuste y tensión adecuado.	3	4	5	60
		11	Manga doblada	Un tejido defectuoso, debido al aumento de medida en la manga, generando una variación en el pedido.	5	Desgaste de los resortes del cuerpo de la lanzadera, perdiendo la flexibilidad de un inicio.	6	Verificación Visual	7	210	Ajuste a los frenos del telar.	2	3	4	24
		12	Desgaste del body	La trama del tejido se ajusta y por lo tanto la manga se reduce, dando una variación en el pedido.	6	Desgaste de la parte cónica del body.	8	Verificación Visual	8	384	Lubricación periódica.	2	4	5	40
		13	Body sucio	La trama del tejido se ajusta y por lo tanto la manga se reduce, dando una variación en el pedido.	5	Interrupción en los rodamientos internos del body por presencia de cinta.	8	Verificación Visual	8	320	Limpieza periódica o cambio de rodamiento de los bodys.	2	4	5	40
		14	Rueda de patín destruida	La tela sale defectuosa y de mala calidad.	7	Deformación del material con que están fabricados.	6	Verificación Visual	8	336	Usar ruedas originales para evitar que las ruedas se deformen o destruyan antes de su vida útil. Ajuste periódico.	5	3	5	75
		15	Desgaste de lanzaderas	El urdimbre se rompe constantemente.	6	Rotura de las bases de las lanzaderas, por paradas intempestivas o bruscas..	8	Verificación Visual	8	384	Tensión y ajuste periódico de las lanzaderas, evitando paradas bruscas.	3	4	5	60
		16	Rotura de cadena	Se para la máquina, desperdiciando tiempo para la producción.	7	Se debe al fin del tiempo de vida de la cadena. No se cambió a tiempo.	8	Verificación Visual	8	448	Limpieza y cambio periódico de la cadena.	5	4	5	100
		17	Rotura de pernos Zoquet (de escuadra)	Se para la máquina, desperdiciando tiempo para la producción.	7	Falta de ajuste y engrase periódico de los pernos de las planchas. Las vibraciones causan el desajuste a largo plazo.	7	Verificación Visual	8	392	Ajuste y engrase periódico de los pernos.	5	3	5	75
		18	Frenos sin calibrar	La manga se reduce o aumenta por los frenos no calibrados, variando de esta forma en el pedido que especificó el cliente.	5	Incorrecta regulación de los frenos.	8	Verificación Visual	8	320	Calibrar los frenos al terminar cada tejido para evitar futuros problemas con el tejido nuevo.	3	4	5	60

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	19	Bloque en mal estado	Se produce un tejido defectuoso, acompañado de un sonido extraño que alarma al personal encargado que algo falla.	7	Desgaste donde se encuentra alojado el rodamiento.	8	Verificación Visual	8	448	Revisar y/o embocinar periódicamente el bloque donde se encuentra alojado el rodamiento.	3	4	5	60
		20	Rueda cónica dañada	Dejan de brindar movimiento a la lanzadera que está sobre el peine por lo que es importante solucionar los problemas cuanto antes.	6	Desgaste de las ruedas	8	Verificación Visual	8	384	Inspección y ajuste periódico de las ruedas.	4	4	5	80
		21	Resortes dañados	La máquina no trabaja bien y por tal motivo se detiene automáticamente, además se detecta falta de templado en la cinta.	7	Problemas con la deformación del Resorte.	8	Verificación Visual	9	504	Lubricar con mayor frecuencia el resorte. Inspección de integridad y calibración.	4	4	5	80
		22	Rotura de leva	Por la forma de la pieza existe dos puntos frágiles en las cuales siempre se dé la falla, estas son la esquina de la leva y la otra es en la parte detrás de las ruedas.	7	Atascamiento del cojinete en la rueda o del cojinete de la base, cuando uno de estos cojinetes se atascan la falla provocada es la fractura de la Leva.	8	Verificación Visual	8	448	Dar lubricación y seguir los procedimientos adecuados de mantenimiento y operación.	5	4	5	100
		23	Seguro dañado	Se salen de su lugar y provoca que la bobina de la trama se salga de la lanzadera y se detenga el telar.	6	El eje se encuentra demasiado gastado en el espacio o alojamiento del seguro y no es suficiente para retenerlo y por tal motivo una de las bobinas se disloca..	8	Verificación Visual	8	384	Ajuste de los ejes del seguro del greyser y cambiar los ejes con mayor desgaste, por los ejes que se sujetan al greyser con tornillo, este tipo sujeta al greyser con tornillo y hacen un mejor trabajo que los seguros.	4	4	5	80

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 46. Análisis de los modos y efectos de falla para el Telar - Yumbo #15

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	1	Rotura de faja	Parada no programada de la producción	7	Rotura de faja	8	Verificación Visual	5	280	Tensión y ajuste periódica de la faja.	5	4	2	40
		2	Desgaste de rueda excéntrica	La rueda excéntrica deja de retener la lanzadera dentro del peine y poder formarse la tela para el saco.	6	Condición de trabajo inadecuado provocado por el desgaste de la cinta y/o por la forma de limpieza de los telares.	5	Verificación Visual	7	210	Limpieza periódica.	2	2	4	16
		3	Cojinete obstruido (en la leva)	Parada no programada de la producción. Sobrecalentamiento de componentes y equipo. Sobrecarga en el sistema..	5	La alta contaminación que existe en el lugar de trabajo, por el desgaste que sufre la cinta, este desgaste se introduce en el cojinete provocando de esta manera la falla de los cojinetes.	7	Verificación Visual	7	245	Limpieza periódica.	4	3	4	48
		4	Falla de motor	Parada no programada de la producción	7	Falta de lubricación y desgaste de los rodamientos.	8	Verificación Eléctrica	7	392	Lubricación periódica o cambio de los rodamientos.	5	4	4	80
		5	Falla en los rodillos enrolladores	Lo que se va tejiendo no se puede enrollar, quedando acumulado en la parte superior de la máquina.	8	Los rodillos van acumulando restos de cinta de los sacos.	7	Verificación Eléctrica	6	336	Limpieza periódica.	5	3	3	45
		6	Desgaste de ruedas impulsadoras	Se observa Rotura de cinta constante durante el tejido.	6	La cinta ingresa a los rodamientos, provocando que las ruedas se enduren.	7	Verificación Visual	7	294	Limpieza periódica.	2	3	4	24
		7	Rotura de lanzadera	Se observa Rotura de cinta constante durante el tejido.	8	Excesiva carga de trabajo o en otras ocasiones se debe al fin del tiempo de vida de los rodamientos.	8	Verificación Visual	6	384	Cambio de las ruedas por otras en mejor estado.	5	4	3	60

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	8	Lanzaderas sin calibrar	Rotura constante en el tejido y provoca que se malogren otras partes de la máquina.	5	No se realiza una buena calibración de las lanzaderas.	7	Verificación Visual	7	245	Ajuste y tensión adecuado.	4	3	4	48
		9	Manga doblada	Un tejido defectuoso, debido al aumento de medida en la manga, generando una variación en el pedido.	5	Desgaste de los resortes del cuerpo de la lanzadera, perdiendo la flexibilidad de un inicio.	6	Verificación Visual	6	180	Ajuste a los frenos del telar.	2	2	3	12
		10	Desgaste del body	La trama del tejido se ajusta y por lo tanto la manga se reduce, dando una variación en el pedido.	6	Desgaste de la parte cónica del body.	7	Verificación Visual	7	294	Lubricación periódica.	2	3	4	24
		11	Body sucio	La trama del tejido se ajusta y por lo tanto la manga se reduce, dando una variación en el pedido.	5	Interrupción en los rodamientos internos del body por presencia de cinta.	8	Verificación Visual	7	280	Limpieza periódica o cambio de rodamiento de los bodys.	2	4	4	32
		12	Rueda de patín destruida	La tela sale defectuosa y de mala calidad.	7	Deformación con que están fabricados.	8	Verificación Visual	7	392	Usar ruedas originales para evitar que las ruedas se deformen o destruyan antes de su vida útil. También, tener un ajuste periódico.	5	4	4	80
		13	Desgaste de lanzaderas	El urdimbre se rompe constantemente.	6	Rotura de las bases de las lanzaderas, por paradas intempestivas o bruscas.	6	Verificación Visual	7	252	Tensión y ajuste periódico de las lanzaderas, evitando paradas bruscas.	3	2	4	24
		14	Rotura de cadena	Parada no programada de la producción	7	Se debe al fin del tiempo de vida de la cadena. No se cambió a tiempo.	8	Verificación Visual	7	392	Limpieza y cambio periódico de la cadena.	5	4	4	80
15	Frenos sin calibrar	Variación de pedido según especificaciones del cliente.	5	Incorrecta regulación de los frenos.	8	Verificación Visual	7	280	Calibrar los frenos al terminar cada tejido para evitar futuros problemas con el tejido nuevo.	3	4	4	48		

EQUIPO O MÁQUINA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	Severidad	CAUSAS REALES O POTENCIALES	Ocurrencia	DISEÑO DE CONTROLES	Detección	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva Detección	Nuevo NPR
Telares	Realizar el proceso de tramado con las cintas obtenidas al inicio.	16	Bloque en mal estado	Se produce un tejido defectuoso, acompañado de un sonido extraño	7	Desgaste donde se encuentra alojado el rodamiento.	7	Verificación Visual	7	343	Revisar y/o embocar periódicamente el bloque donde se encuentra alojado el rodamiento.	4	3	4	48
		17	Rueda cónica dañada	Parada no programada de la producción	6	Desgaste de las ruedas	7	Verificación Visual	7	294	Inspección y ajuste periódico de las ruedas.	4	3	4	48
		18	Resortes dañados	Parada no programada de la producción. Se detecta falta de consistencia en el estiramiento de la cinta.	7	Problemas con la deformación del Resorte.	7	Verificación Visual	8	392	Lubricar con mayor frecuencia el resorte. Inspección de integridad y calibración.	4	3	5	60
		19	Rotura de leva	Parada no programada de la producción	7	Atascamiento del cojinete en la rueda o del cojinete de la base, cuando uno de estos cojinetes se atascan la falla provocada es la fractura de la Leva.	6	Verificación Visual	7	294	Dar lubricación y seguir los procedimientos adecuados de mantenimiento y operación.	5	2	4	40
		20	Seguro dañado	Se salen de su lugar y provoca que la bobina de la trama se salga de la lanzadera y se detenga el telar.	6	El eje se encuentra demasiado gastado en el espacio o alojamiento del seguro y no es suficiente para retenerlo y por tal motivo se sale el seguro del eje, provocando que una de las bobinas de la cinta se salga de su lugar.	8	Verificación Visual	7	336	Ajuste de los ejes del seguro del greyser y cambiar los ejes con mayor desgaste, por los ejes que se sujetan al greyser con tornillo, este tipo sujeta al greyser con tornillo y hacen un mejor trabajo que los seguros.	4	4	4	64

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

3.1.17. Análisis de NPR

Para el total de NPR de las maquina críticas que se tienen en la empresa, se debe tener en cuenta que la prioridad de riesgo que se debe dar a cada de estas. Para obtener el NPR, se tiene en cuenta el valor de severidad, ocurrencia y probabilidad de detección.

La máquina que presenta una mayor criticidad es el Telar ATA #13. En la Tabla 45 se puede observar el AMEF de su análisis, de donde se comprende que su criticidad radica en su frecuencia de falla ocurrente, y que sus fallas poseen una ocurrencia y severidad de alta importancia.

El Telar Yumbo #15 es la segunda máquina con mayor NPR. Esta máquina que está dentro del rango de las maquinas más antiguas de la planta, tiene su criticidad basada en su frecuencia de falla ocurrente, al igual que el caso anterior.

Además, son los telares ATA #11 y ATA #10 los que también tienen una alta criticidad. Con esto podemos determinar que, pese a que estos cuatro tipos de máquinas de carácter relevante para el proceso presentan una alta valorización de NPR o criticidad, la situación de la criticidad de las máquinas en el pilado de arroz no es tan alarmante, y también luego del análisis, estas máquinas no presentan una gran complejidad en sus funcionamientos.

3.2.Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo

Una vez diagnosticada la situación actual de la empresa se puede empezar con el diseño del plan de mantenimiento. Para realizar la propuesta, se debe considerar un conjunto de actividades coordinadas que dirijan y controlen el proceso de mantenimiento, para lo cual se realizará los procedimientos que dirijan dicho proceso y se hará en base a la confiabilidad con el fin de controlar el cumplimiento y evaluar las actividades realizadas.

3.2.1. Filosofía del Área de Mantenimiento

Es de suma importancia considerar la filosofía de esta área para sintetizar el ambiente o cultura y de igual manera guiar a los trabajadores a tomar decisiones, al mismo tiempo que puede servir como herramienta de marca, haciendo que el trabajo resulte más llevadero.

Por estas razones se ha elaborado con la ayuda del personal de mantenimiento (ver **Anexo N° 4**) una filosofía que permita describir la importancia de esta área, su propósito, qué se debe realizar y cómo deberá evolucionar para obtener una mejora continua. La filosofía es la siguiente:

“En el área de mantenimiento nos esforzamos día a día para dar una total confiabilidad del funcionamiento de las máquinas y equipos de la empresa PROCEDE S. A. C., así como recurrir a todas sus necesidades ante una falla o avería, empleando todo el potencial y conocimiento para cumplir nuestros objetivos.”

Lo que se quiere lograr con esta filosofía es la identificación de funciones y responsabilidades de los operarios para lograr las metas trazadas en la empresa.

3.2.2. Política Del Mantenimiento

“Asegurar la ejecución del mantenimiento preventivo oportuno de las máquinas existentes en la empresa PROCODE S. A. C. comprometiéndonos a brindar soluciones eficientes a nuestros trabajadores de las demás áreas de la planta conforme a los requisitos establecidos, de manera que superen sus expectativas.”

La finalidad de contar con una política es saber qué dirección tomar en caso exista cualquier tipo de problema con las máquinas, permitiendo que se pueda aplicar una decisión bajo métodos ya establecidos (ver **Anexo N° 4**).

3.2.3. Objetivos del Plan de Mantenimiento

La propuesta de cualquier plan de mantenimiento, su posterior implementación y diseño debe siempre estar bajo determinados objetivos, para la presente investigación, se vio necesario definirlos con ayuda del personal de mantenimiento (ver **Anexo N° 4**). Cualquier sofisticación del proceso productivo deber ser contemplado con gran prudencia para evitar que se infrinjan dichos objetivos o se dificulte su consecución.

3.2.3.1. Objetivo General

Prever las fallas manteniendo las máquinas, equipos e instalaciones productivas en el mejor estado posible durante el horario de producción, obteniendo una eficiencia óptima y cooperando a la generación de utilidades de la empresa.

3.2.3.2. Objetivos Específicos

- 1) Planificar oportunamente el proceso de mantenimiento.
- 2) Realizar el plan de mantenimiento acordado por el jefe de mantenimiento.
- 3) Brindar atención eficaz y oportuna a la maquinaria en general.
- 4) Aumentar la disponibilidad de la maquinaria y equipos.
- 5) Capacitación continua del personal.
- 6) Disminución de los costos de mantenimiento.
- 7) Optimización de los recursos humanos.
- 8) Maximización de la vida de la máquina.
- 9) Lograr intervalos más largos para un reemplazo.

Son 9 los objetivos que se han considerado necesarios para lograr el objetivo general:

- ✓ El primer objetivo hace referencia a la correcta planificación del área de mantenimiento en cuanto a las tareas y actividades dentro de sus procesos.
- ✓ El segundo objetivo radica en la responsabilidad que tiene el jefe de mantenimiento de controlar que el personal a su cargo cumpla de manera eficiente con el plan de mantenimiento que él ha establecido, de manera que se evite cualquier inconveniente a causa de un descuido.

- ✓ El tercer objetivo trata de conservar en buen estado las máquinas y equipos con miras a facilitar la producción al cumplir de forma conveniente con la planeación y programas de mantenimiento.
- ✓ El cuarto objetivo tiene como fin mejorar la labor de mantenimiento de la empresa, evaluando y midiendo los diferentes indicadores ya establecidos.
- ✓ El quinto objetivo se establece para que todas las acciones que se lleven a cabo dentro de la función de mantenimiento estén coordinadas entre sí y orientadas hacia un fin común, de manera que se pueda afirmar que los fines del área de mantenimiento son los mismos de los individuos que la componen.
- ✓ El sexto objetivo tiene como fin reducir el costo de reemplazo o reparación, ya que muchas veces el costo de los repuestos o materiales afecta las estimaciones y ocasiona aumentos en el presupuesto.
- ✓ El séptimo objetivo se refiere a la correcta selección y adiestramiento del personal de mantenimiento logrando que se encuentre calificado para llevar a cabo los distintos deberes y responsabilidades de la función.
- ✓ El octavo objetivo establece que se debe conservar, reparar y revisar maquinaria y equipo, manteniendo todas las unidades respectivas en buen estado de funcionamiento.
- ✓ El noveno objetivo responde al mantenimiento preventivo que se le dará a las máquinas, por lo que la esperanza de vida de los elementos que son objeto de un programa de mantenimiento preventivo se incrementa, dando lugar a intervalos menos frecuentes para la reparación o sustitución.

Es necesario aclarar que en esta propuesta se hace hincapié en los dos primeros objetivos específicos y en base a ellos se puede lograr el desarrollo de los objetivos restantes.

3.2.4. Jerarquización Organizacional del Área de Mantenimiento

Después de haber realizado el diagnóstico de la empresa, se evidenció que el personal del área de mantenimiento no trabaja de acuerdo a un plan. Así mismo, no existe un jefe responsable del trabajo que se realiza en esta área, que conozca las expectativas de los superiores a cargo y que pueda contribuir al desarrollo del plan de mantenimiento preventivo propuesto por el autor en la presente investigación. Es entonces, que se considera necesario contar con una persona que asuma la jefatura del área, la cual deberá cumplir las siguientes funciones:

- ✓ Elaborar, supervisar el plan y presupuesto de mantenimiento anual.
- ✓ Gestionar las actividades de mantenimiento preventivo
- ✓ Gestionar al personal a su cargo para realizar las actividades bajo su responsabilidad
- ✓ Mantener una comunicación permanente y desarrollar
- ✓ Mantener actualizados y archivados los formatos de mantenimiento según plan.

Para que el plan de mantenimiento pueda ser llevado a cabo con éxito, también se deben considerar las funciones del resto de personal, para que tengan bien definidas sus responsabilidades.

➤ Mecánico

- ✓ Ejecutar el plan de mantenimiento programado a los diferentes equipos mecánicos de la empresa.
- ✓ Revisar en forma general y periódica el estado de las máquinas y equipos.
- ✓ Reportar al jefe de mantenimiento el estado de las máquinas revisadas.
- ✓ Operar y dar mantenimiento rutinario a las máquinas.
- ✓ Asegurarse de ordenar y dejar todo limpio después de realizar alguna actividad.

➤ Electricista

- ✓ Reportar al jefe inmediato sobre las novedades encontradas en las revisiones efectuadas.
- ✓ Evaluar el cambio de componentes de los equipos eléctricos.
- ✓ Asegurarse del bloqueo de seguridad de equipos para su mantenimiento.
- ✓ Asegurarse de ordenar y dejar todo limpio después de realizar alguna actividad.

Actualmente la empresa PROCODE S. A. C. cuenta con 5 puestos de trabajo en el Área de Mantenimiento: 2 Electricistas y 3 Mecánicos. En la Figura 23 se muestra la propuesta del organigrama, donde se incluye el nuevo puesto de trabajo: El Jefe de Mantenimiento, pero se mantiene 2 Electricistas y 2 Mecánicos. Esto servirá para que se trabaje de forma ordenada y estructurada, pudiendo distribuir mejor el trabajo y teniendo a un responsable que vele por el cumplimiento de las actividades.

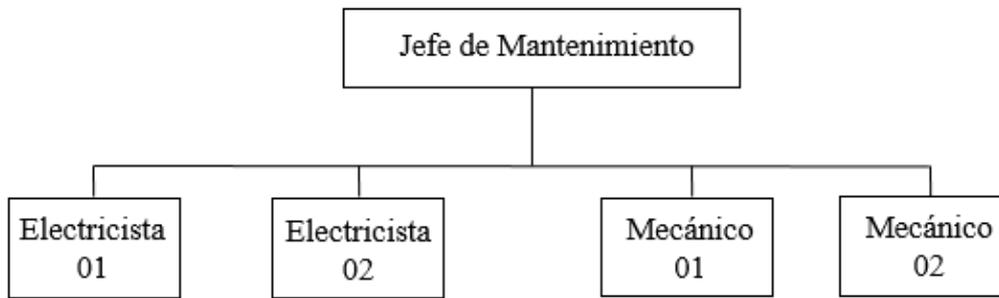


Figura 23. Jerarquización Organizacional

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

3.2.5. Plan de Mantenimiento

El plan de mantenimiento propuesto tiene como finalidad reducir las pérdidas económicas y lograr mayor disponibilidad de las máquinas y equipos en PROCODE S. A. C. Desde la Tabla 47 hasta la Tabla 49 se presentan todas las actividades de mantenimiento a desarrollar, los materiales y herramientas que se necesitaran, el periodo para realizarlo, el personal encargado del trabajo, la condición en la que se encuentra la máquina, y el tiempo que tomará dicho trabajo.

Además, en la última columna se colocan las observaciones a considerar para cuando se esté realizando la actividad, ya que contiene recomendaciones o datos importantes para que el personal encargado pueda hacer bien su trabajo.

➤ Para las actividades

Partiendo del AMEF se han extraído todas las acciones recomendadas descritas. Es importante destacar la ayuda de los operarios al brindar sugerencias ya que, ellos conocen más la maquinaria y tienen un contacto directo.

➤ Trabajo a realizar

Es de forma específica lo que se realizará en base a la actividad que se menciona anteriormente.

➤ Materiales y herramientas

Para cada trabajo el personal de mantenimiento requerirá una serie de repuestos o materiales, es de suma importancia conocer cuáles son para evitar que falten al momento de hacer un trabajo. De igual forma tener en cuenta las herramientas que se requieren para poder llevar a cabo la tarea.

➤ **Para el periodo**

Se calculó el tiempo medio entre falla (MTTF) de la maquinaria para saber cuándo aproximadamente ocurriría la siguiente falla y así poder establecer el periodo de mantenimiento de manera que contrarreste la falla antes que ocurra.

Además, Se ha calculado el tiempo medio para reparar (MTTR) de la máquina para saber cuánto es lo que dura aproximadamente la reparación.

➤ **Personal responsable**

Para determinar que operario debe ser el responsable de realizar este trabajo, se tiene en cuenta la actividad requerida y en base a eso se selecciona al mecánico o al eléctrico. La persona seleccionada tendrá que cumplir con el tiempo establecido en el plan de mantenimiento con respecto a las labores de mantenimiento en cada máquina o instalación.

➤ **Condición de la máquina**

En esta parte se indica si la maquina está en funcionamiento o se encuentra parada por algún fallo o avería.

3.2.6. Cronograma de mantenimiento

Son el conjunto de tareas preventivas a realizar en la empresa con el fin de cumplir unos objetivos de confiabilidad, de disponibilidad, de coste y con el objetivo final de aumentar al máximo posible la vida útil de las máquinas y equipos. Es necesario considerar 3 tipos de actividades:

- ✓ Las actividades rutinarias, es decir las que se realizan a diario.
- ✓ Las actividades programadas que se realizan a lo largo del año.
- ✓ Las actividades que se realizan durante las paradas no programadas.

Tabla 47. Plan de Actividades de Mantenimiento para la Extrusora

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA LA EXTRUSORA EN LA EMPRESA PROCODE S. A. C.									
Equipo	Actividad	Trabajo a realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo aprox. de trabajo	Observaciones
Extrusora	Inspección, calibración y cambio periódico de las cuchillas.	Cambio	Navajas de gillete	Llave n°22, llave hexagonal 6 y un destornillador plano	Mensual	Mecánico	Máquina en parada	50 min	Las cuchillas se desgastan con el tiempo y terminan rotas o dobladas. Por tanto, deben ser cambiadas a tiempo para evitar que el diámetro de la cinta se altere.
	Limpieza con la PURGA MAX a la matriz.	Limpieza	Trapo Industrial, PURGA MAX	Espátula de bronce, llave hexagonal n°10	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	15 min	La matriz debe mantenerse en buenas condiciones porque si algo ocurre afectará la calidad de la cinta y por ende la productividad.
	Ajuste del eje y cambio de los rodamientos.	Cambio	Trapo Industrial, grasa (SKF), rodamientos	Torno, vernier, micrómetro, esmeril.	Anual	Mecánico	Máquina en parada	3 horas	El eje de la picadora con el tiempo se desgasta y lo mismo pasa con los rodamientos. Para la vida útil del rodamiento se utilizó el Catálogo SKF [34].
	Inspección y/o cambio de mangueras al recalentarse. Limpieza y/o cambio de los filtros.	Cambio y Limpieza	Trapo Industrial, mangueras, lubricador WD40	Taladro, llave n°19 y llave n°17	Trimestral	Mecánico	Máquina en parada	3 horas	Se retiran las mangueras para evitar que se sigan recalentando, se limpian los filtros con el trapo industrial, lubricador WD40 y se coloca el filtro correctamente.
	Verificación de funcionamiento de componentes con multítester.	Verificación	Trapo Industrial	Multítester, destornillador plano y destornillador estrella, taladro, broca	Trimestral	Electricista	Máquina en parada	30 min	El variador se desgasta afectando el desempeño del motor principal, el rendimiento y por tanto la producción.
	Limpieza del ventilador.	Limpieza	Trapo Industrial y lubricador WD40	Cautil, destornillador plano y destornillador de estrella	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	1 hora	La tarjeta periódica del motor se repara utilizando el cautil, destornillador plano y destornillador de estrella.
	Calibración de las bobinas.	Cambio	Trapo Industrial, grasa (SKF)	Llave n°14 llave n°7, llave hexagonal n°4, llave hexagonal n°5, destornillador plano	Mensual	Mecánico	Máquina en parada	2 horas	Las bobinadoras se dañan por la excesiva carga de trabajo, se debe considerar que es importante calibrar las bobinas para obtener un buen tejido.

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C

Tabla 48. Plan de Actividades de Mantenimiento para los Telares marca Sincerity y ATA

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA LOS TELARES MARCA SINCERITY Y ATA EN LA EMPRESA PROCODE S. A. C.									
Equipo	Actividad	Trabajo a realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo aproximado de trabajo	Observaciones
Telares	Tensión y ajuste periódica de la faja.	Ajuste	Trapo Industrial	Llave n°19, llave n°17, martillo	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Se retira la faja desgastada del telar para luego colocarla con el ajuste correcto.
	Tensión y ajuste periódica de la varilla.	Ajuste	Trapo Industrial	Llave hexagonal n°5 y un destornillador estrella	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Las varillas se rompen con el tiempo debido al desgaste, por eso que deben ajustarse a tiempo para evitar que afecte gravemente la producción.
	Limpieza y engrase periódico de las ruedas.	Limpieza / Engrase	Trapo Industrial, grasa (SKF)	Llave n°14, hexagonal n°4, una llave T con hexagonal n°6	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	20 min	Las ruedas de las escuadras siempre sufren desgaste ya que el telar trabaja durante 2 turnos seguidos.
	Limpieza periódica.	Limpieza	Trapo Industrial	Espátula de bronce, llave hexagonal n°9	Diario	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Las planchas con el tiempo se aguieran en su plataforma por la falta de limpieza, es por eso que deben estar siempre en buen estado para que no afecte el rendimiento y la productividad.
	Limpieza periódica.	Limpieza	Trapo Industrial	Espátula de bronce, llave hexagonal n°10	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Las rampas o mallas metálicas de la selectora con el tiempo llegan a acumularse gran cantidad de cerilla del arroz que se queda pegado en las paredes de las rampas, es por eso que deben mantenerse en buen estado.
	Lubricación periódica.	Lubricación	Trapo Industrial, aceite lubricante	Llave n°17, hexagonal n°6, martillo, plano mecánico, hexagonal n°8	Mensual	Mecánico	Máquina en parada	120 min	Los rodamientos al desgastarse afectan el desempeño de la máquina, el rendimiento, y por ende la productividad.
	Limpieza periódica.	Limpieza	Trapo Industrial	Cautil de 60W y cautil de 30W, pata de soldar, multímetro, estaño, fuente de alimentación	Semanal	Electricista	Máquina en parada	10 min	Los restos de cinta que quedan al romperse un saco se van acumulando, afectando el desempeño de los rodillos enrolladores, el rendimiento, y por ende la productividad.

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA LOS TELARES MARCA SINCERITY Y ATA EN LA EMPRESA PROCODE S. A. C.									
Equipo	Actividad	Trabajo a realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo aproximado de trabajo	Observaciones
Telares	Limpieza periódica.	Limpieza	Trapo Industrial lija	Llave mixta n° 14	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Las ruedas impulsadoras del telar deben estar siempre limpias, para evitar que el tejido empiece a romperse, afectar gravemente el sistema
	Cambio de las ruedas por otras en mejor estado.	Cambio	Trapo Industrial, ruedas	Llave allen 5mm	Trimestral	Mecánico	Máquina en parada	30 min	Se pasa el trapo industrial para dejar a la faja como en un inicio, y luego con la ayuda de la llave se monta la nueva rueda tensionándola correctamente.
	Ajuste y tensión adecuado.	Ajuste	Trapo Industrial	Llave allen 5mm, llave mixta n°10	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Las lanzaderas del telar deben estar ajustadas correctamente ya que su correcto oscilamiento influye en el resultado del tejido del telar y si se llega a desajustar, dañaría al sistema.
	Ajuste a los frenos del telar.	Ajuste	Trapo Industrial	Llave allen 4mm	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Los frenos del telar deben ser ajustados correctamente ya que con el tiempo pierden la flexibilidad y provocan el aumento de la medida de la manga.
	Lubricación periódica.	Lubricación	Trapo Industrial, aceite lubricante	Llave allen 6mm, llave hexagonal n°5	Mensual	Mecánico	Máquina en parada	30 min	Se retira el body desgastado, se limpia el espacio ocupado con el trapo industrial, se utiliza el aceite lubricador y finalmente se coloca nuevamente el body.
	Limpieza periódica o cambio de rodamiento de los bodys.	Limpieza / Cambio	Trapo Industrial, grasa (SKF), rodamientos	Llave hexagonal n°5	Mensual	Mecánico	Máquina en parada	30 min	Se usa la llave hexagonal para retirar el body del telar y con ayuda del trapo se limpian los rodamientos, se utiliza la grasa industrial y finalmente se vuelve a montar la faja.
	Revisar integridad de las ruedas y dar ajuste.	Ajuste	Trapo Industrial	Llave 17"	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	10 min	La rueda de patín con el tiempo se desgasta, llegando a romperse. Es importante que sean ajustados a tiempo porque la rotura de estas piezas perjudica por bastante tiempo la producción.
	Ajuste de las lanzaderas.	Ajuste	Trapo Industrial	Llave allen 5mm, llave allen 4 mm	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Se retira la lanzadera averiada, se limpia el espacio ocupado con el trapo industrial, y se realiza el ajuste.

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA LOS TELARES MARCA SINCERITY Y ATA EN LA EMPRESA PROCODE S. A. C.									
Equipo	Actividad	Trabajo a realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo aproximado de trabajo	Observaciones
Telares	Limpieza y cambio periódico de la cadena.	Limpieza / Cambio	Trapo Industrial, grasa (SKF), cadena	Alicate, martillo, punzones	Trimestral	Mecánico	Máquina en parada	60 min	Se retira la cadena malograda, se limpia el espacio ocupado con el trapo industrial, se utiliza la grasa industrial y finalmente se vuelve a colocar la cadena.
	Torqueo periódico de los pernos.	Torqueo	Trapo Industrial	Llave allen 6mm, llave mixta n°14, llave allen 4 mm	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Los pernos con el tiempo se desgastan, llegando a romperse. Es importante engrasar a tiempo porque la rotura de estas piezas perjudica por bastante tiempo la producción.
	Calibrar frenos.	Calibración	Trapo Industrial, purga Max	Llave allen 3mm	Diario	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Los frenos del telar deben ser regulados correctamente ya que con el tiempo pierden la flexibilidad y provocan el aumento de la medida de la manga.
	Revisar y/o embocinar periódicamente el bloque donde se encuentra alojado el rodamiento.	Revisión	Trapo Industrial,	Torno, cuchillas para torno, llave allen 6 mm	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	30 min	Se retira el bloque donde se encuentra el rodamiento, ya que periódicamente debe ser embocinado y al final se vuelve a colocar en su sitio.

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA LOS TELARES MARCA SINCERITY Y ATA EN LA EMPRESA PROCODE S. A. C.									
Equipo	Actividad	Trabajo a realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo aproximado de trabajo	Observaciones
Telares	Ajuste periódico de las ruedas.	Ajuste	Trapo Industrial	Llave hexagonal n°5	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Se retiran los resortes desgastados con ayuda de la llave hexagonal, se realiza el ajuste de las ruedas y se limpia el espacio ocupado con el trapo industrial.
	Lubricar el resorte. Inspección de integridad y calibración.	Lubricación / calibración	Trapo Industrial, aceite de lubricación	Llave allen 6mm, llave hexagonal n°5, llave hexagonal n°3	Mensual	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Se utiliza el aceite lubricante de manera que retrase el desgaste de los resortes.
	Lubricación de resortes.	Lubricación	Trapo Industrial, lubricador WD40	Llave allen 6mm, llave hexagonal n°5	Mensual	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Se necesita el aceite lubricante para la leva, de manera que retrase el desgaste y próxima rotura de la leva.
	Ajuste de los ejes del seguro del greyser y cambiar los ejes con mayor desgaste.	Ajuste / Cambio	Trapo Industrial, ejes	Llave allen 6mm, llave mixta n°14, llave allen 4 mm	Trimestral	Mecánico	Máquina en parada	40 min	Los ejes del seguro con el tiempo se desgastan, llegando a romperse, perjudicando gravemente al sistema.

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 49. Plan de Actividades de Mantenimiento para el Telar Yumbo #15

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA EL TELAR YUMBO #15 EN LA EMPRESA PROCODE S. A. C.									
Equipo	Actividad	Trabajo a realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo aproximado de trabajo	Observaciones
Telares	Tensión y ajuste periódica de la faja.	Ajuste	Trapo Industrial	Llave n°19, llave n°17, martillo	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	30 min	Se retira la faja desgastada del telar para luego colocarla con el ajuste correcto.
	Limpieza periódica.	Limpieza	Trapo Industrial	Espátula de bronce, llave hexagonal n°9	Diario	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Las planchas con el tiempo se agujeran en su plataforma por la falta de limpieza, es por eso que deben estar siempre en buen estado para que no afecte el rendimiento y la productividad.
	Limpieza periódica.	Limpieza	Trapo Industrial	Espátula de bronce, llave hexagonal n°10	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Las rampas o mallas metálicas de la selectora con el tiempo llegan a acumularse gran cantidad de cerilla del arroz que se queda pegado en las paredes de las rampas, es por eso que deben mantenerse en buen estado.
	Lubricación periódica.	Lubricación	Trapo Industrial, aceite lubricante	Llave n°17, hexagonal n°6, martillo, plano mecánico, hexagonal n°8	Mensual	Mecánico	Máquina en parada	120 min	Los rodamientos al desgastarse afectan el desempeño de la máquina, el rendimiento, y por ende la productividad.
	Limpieza periódica.	Limpieza	Trapo Industrial, aceite lubricante	Cautil de 60W y cautil de 30W, pata de soldar, multímetro, estaño, fuente de alimentación	Semanal	Electricista	Máquina en parada	10 min	Los restos de cinta que quedan al romperse un saco se van acumulando, afectando el desempeño de los rodillos enrolladores, el rendimiento, y por ende la productividad.
	Lubricación periódica.	Lubricación	Trapo Industrial, aceite lubricante	Llave n°17, hexagonal n°6, martillo, plano mecánico, hexagonal n°8	Trimestral	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Los rodamientos al desgastarse afectan el desempeño de la máquina, el rendimiento, y por ende la productividad.

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA EL TELAR YUMBO #15 EN LA EMPRESA PROCODE S. A. C.									
Equipo	Actividad	Trabajo a realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo aproximado de trabajo	Observaciones
Telares	Cambio de las ruedas por otras en mejor estado.	Cambio	Trapo Industrial, ruedas	Llave allen 5mm	Trimestral	Mecánico	Máquina en parada	30 min	Se pasa el trapo industrial para dejar a la faja como en un inicio, y luego con la ayuda de la llave se monta la nueva rueda tensionándola correctamente.
	Ajuste y tensión adecuado.	Ajuste	Trapo Industrial	Llave allen 5mm, llave mixta n°10	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Las lanzaderas del telar deben estar ajustadas correctamente ya que su correcto oscilamiento influye en el resultado del tejido del telar y si se llega a desajustar, dañaría al sistema.
	Ajuste a los frenos del telar.	Ajuste	Trapo Industrial	Llave allen 4mm	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Los frenos del telar deben ser ajustados correctamente ya que con el tiempo pierden la flexibilidad y provocan el aumento de la medida de la manga.
	Lubricación periódica.	Lubricación	Trapo Industrial, aceite lubricante	Llave allen 6mm, llave hexagonal n°5	Mensual	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Se retira el body desgastado, se limpia el espacio ocupado con el trapo industrial, se utiliza el aceite lubricador y finalmente se coloca nuevamente el body.
	Limpieza periódica o cambio de rodamiento de los bodys.	Limpieza / Cambio	Trapo Industrial, grasa (SKF), rodamientos	Llave hexagonal n°5	Mensual	Mecánico	Máquina en parada	30 min	Se usa la llave hexagonal para retirar el body del telar y con ayuda del trapo se limpian los rodamientos, se utiliza la grasa industrial y finalmente se vuelve a montar la faja.
	Revisar integridad de las ruedas y dar ajuste.	Ajuste	Trapo Industrial	Llave 17"	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	10 min	La rueda de patín con el tiempo se desgasta, llegando a romperse. Es importante que sean ajustados a tiempo porque la rotura de estas piezas perjudica por bastante tiempo la producción.

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA EL TELAR YUMBO #15 EN LA EMPRESA PROCODE S. A. C.									
Equipo	Actividad	Trabajo a realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo aproximado de trabajo	Observaciones
Telares	Ajuste de las lanzaderas.	Ajuste	Trapo Industrial	Llave allen 5mm, llave allen 4 mm	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Las ruedas impulsadoras del telar deben estar siempre limpias, para evitar que el tejido empiece a romperse, afectar gravemente el sistema
	Limpieza y cambio periódico de la cadena.	Limpieza / Cambio	Trapo Industrial, grasa (SKF), cadena	Alicate, martillo, punzones	Trimestral	Mecánico	Máquina en parada	60 min	Se pasa el trapo industrial para dejar a la faja como en un inicio, y luego con la ayuda de la llave se monta la nueva rueda tensionándola correctamente.
	Torqueo periódico de los pernos.	Torqueo	Trapo Industrial	Llave allen 6mm, llave mixta n°14, llave allen 4 mm	Semestral	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Las lanzaderas del telar deben estar ajustadas correctamente ya que su correcto oscilamiento influye en el resultado del tejido del telar y si se llega a desajustar, dañaría al sistema.
	Calibrar frenos.	Calibración	Trapo Industrial, purga Max	Llave allen 3mm	Diario	Mecánico	Máquina en parada	30 min	Se retira el bloque donde se encuentra el rodamiento, ya que periódicamente debe ser embocinado y al final se vuelve a colocar en su sitio. Los bloques de la yumbo son de plástico a diferencia de los bloques del telar que son de metal, por tal motivo ya no se necesita embocinar.

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA EL TELAR YUMBO #15 EN LA EMPRESA PROCODE S. A. C.									
Equipo	Actividad	Trabajo a realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo aproximado de trabajo	Observaciones
Telares	Ajuste periódico de las ruedas.	Ajuste	Trapo Industrial	Llave hexagonal n°5	Semanal	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Se retiran los resortes desgastados con ayuda de la llave hexagonal, se realiza el ajuste de las ruedas y se limpia el espacio ocupado con el trapo industrial.
	Lubricar el resorte. Inspección de integridad y calibración.	Lubricación /calibración	Trapo Industrial, aceite de lubricación	Llave allen 6mm, llave hexagonal n°5, llave hexagonal n°3	Mensual	Mecánico	Máquina en parada	10 min	Se utiliza el aceite lubricante de manera que retrase el desgaste de los resortes.
	Lubricación de resortes.	Lubricación	Trapo Industrial, lubricador WD40	Llave allen 6mm, llave hexagonal n°5	Mensual	Mecánico	Máquina en parada	20 min	Se necesita de lubricante para la leva, de manera que retrase el desgaste y próxima rotura de la leva.
	Ajuste de los ejes del seguro del greyser y cambiar los ejes con mayor desgaste.	Ajuste / Cambio	Trapo Industrial, ejes	Llave allen 6mm, llave mixta n°14, llave allen 4 mm	Trimestral	Mecánico	Máquina en parada	40 min	Los ejes del seguro con el tiempo se desgastan, llegando a romperse, perjudicando gravemente al sistema.

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 50. Cronograma de mantenimiento para Extrusora

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA EXTRUSORA EN LA EMPRESA PROCODE S.A.C.																																																	
Máquina	Actividad	MES																																															
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Extrusora	Inspección, calibración y cambio periódico de las cuchillas.				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				
	Limpieza con la Purga Max a la matriz.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S				
	Ajuste del eje y cambio de los rodamientos.																																												A				
	Inspección y/o cambio de mangueras al recalentarse. Limpieza y/o cambio de los filtros.												T												T																				T				
	Verificación de funcionamiento de componentes con multítester.												T												T																				T				
	Limpieza del ventilador.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S				
	Calibración de las bobinas				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 51. Cronograma de mantenimiento para Telares

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA EXTRUSORA EN LA EMPRESA PROCODE S.A.C.																																																	
Máquina	Actividad	MES																																															
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Telares	Tensión y ajuste periódica de la faja.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S									
	Tensión y ajuste periódica de la varilla.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S									
	Limpieza y engrase periódico de las ruedas.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S									
	Limpieza periódica.	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D									
	Limpieza periódica.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S									
	Lubricación periódica.			M				M				M				M				M				M				M				M				M				M									
	Limpieza periódica.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S									
	Limpieza periódica.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S									
	Cambio de las ruedas por otras en mejor estado.												T																												T								
	Ajuste y tensión adecuado.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S								
Ajuste a los frenos del telar.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S									
Lubricación periódica.			M				M				M				M				M				M				M				M				M				M										

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA EXTRUSORA EN LA EMPRESA PROCODE S.A.C.

Máquina	Actividad	MES																																															
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Telares	Limpieza periódica o cambio de rodamiento de los bodys.				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M								
	Revisar integridad de las ruedas y dar ajuste.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S								
	Ajuste de las lanzaderas.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S								
	Limpieza y cambio periódico de la cadena.												T																																T				
	Torqueo periódico de los pernos.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S								
	Calibrar frenos.	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D								
	Revisar y/o embocinar periódicamente el bloque donde se encuentra alojado el rodamiento.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S								
	Ajuste periódico de las ruedas.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S								
	Lubricar el resorte. Inspección de integridad y calibración.				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M								
	Lubricación de resortes.				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M								
Ajuste de los ejes del seguro del greyser y cambiar los ejes con mayor desgaste.												T																																T					

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 52. Cronograma de mantenimiento para el Telar - Yumbo #15

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EL TELAR YUMBO EN LA EMPRESA PROCODE S.A.C.																																																	
Máquina	Actividad	MES																																															
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Telares	Tensión y ajuste periódica de la faja.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S								
	Limpieza periódica.	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D							
	Limpieza periódica.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S							
	Lubricación periódica.			M				M				M				M				M				M				M				M				M				M			M						
	Limpieza periódica.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S						
	Limpieza periódica.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S						
	Cambio de las ruedas por otras en mejor estado.												T																														T						
	Ajuste y tensión adecuado.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S						
	Ajuste a los frenos del telar.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S						
Lubricación periódica.			M				M				M				M				M				M				M				M				M				M			M							

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EL TELAR YUMBO EN LA EMPRESA PROCODE S.A.C.

Máquina	Actividad	MES																																															
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Telares	Limpieza periódica o cambio de rodamiento de los bodys.				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M								
	Revisar integridad de las ruedas y dar ajuste.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S								
	Ajuste de las lanzaderas.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S								
	Limpieza y cambio periódico de la cadena.												T																																T				
	Calibrar frenos.	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D								
	Revisar y/o embocinar periódicamente el bloque donde se encuentra alojado el rodamiento.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S								
	Ajuste periódico de las ruedas.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S								
	Lubricar el resorte. Inspección de integridad y calibración.				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M								
	Lubricación de resortes.				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M								
	Ajuste de los ejes del seguro del greyser y cambiar los ejes con mayor desgaste.												T																																T				

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 53. Leyenda del Cronograma de Mantenimiento

CRONOGRAMA	
D	Diario
S	Semanal
M	Mensual
T	Trimestral
A	Anual

Fuente: Elaboración propia.

3.2.7. Procedimiento del Mantenimiento

El cronograma de mantenimiento detallado anteriormente, busca establecer la frecuencia del conjunto de actividades preventivas según el periodo de tiempo obtenido del plan de mantenimiento. A partir de ahí, se puede realizar el correcto procedimiento de mantenimiento que contribuya a lograr una mayor confiabilidad de las máquinas que se tienen en la empresa, evitando futuros problemas. El encargado de programar al personal calificado con anticipación es el jefe de planta. De igual gorma, se deberán planear las paradas de las máquinas de acuerdo a las condiciones productivas de la empresa.

Además, será necesario que al menos una vez al año, el jefe de mantenimiento se encargue de analizar las actividades realizadas durante ese tiempo, con el fin de proponer acciones de mejora para el periodo siguiente. Otra función importante del jefe de mantenimiento será que revise y presente datos representativos del plan de mantenimiento realizado, así como los recursos que considere necesarios adquirir. De esta forma se podrá saber si sus propuestas han sido adecuadas o no.

A continuación, en la Tabla 54 se muestra el diagrama de flujo en el que se especifica cada una de las etapas durante el procedimiento del mantenimiento preventivo, el personal encargado y las tareas que se realizarán para plan propuesto. Cuando los encargados lleven a cabo alguno de las actividades, el jefe de mantenimiento procede a observar y verificar el trabajo. Al finalizar el mantenimiento, el operario deberá realizar el reporte correspondiente en los formatos para actividades de mantenimiento de la máquina o equipo, indicando las horas de paro, la acción realizada y los materiales y/o repuestos utilizados.

Tabla 54. Diagrama de flujo de proceso de mantenimiento

Flujo de tareas	¿Qué?	¿Quién?
	Revisar el plan de mantenimiento para la asignación de recursos para el desarrollo de la actividad	Operarios de Mantenimiento
	Informar al personal operativo involucrado, las actividades a desarrollar	Jefe de Mantenimiento
	Revisar y preparar al personal para realizar las actividades del cronograma de mantenimiento	Jefe de Mantenimiento
	Acudir a la zona de trabajo con las herramientas necesarias	Operarios de Mantenimiento
	¿Se necesita de repuestos y/o materiales?	
	Observar y verificar el trabajo realizado por los encargados	Jefe de Mantenimiento
	Culminar el mantenimiento y realizar el reporte de mantenimiento correspondiente	Operarios de Mantenimiento
	Buscar el repuesto y/o material solicitado en almacén	Encargado de logística
	Entregar el repuesto y/o material comprado al operario que lo solicitó	Encargado de logística
	Observar y verificar el trabajo realizado por los encargados	Jefe de Mantenimiento
	Culminar el mantenimiento y realizar el reporte de mantenimiento correspondiente	Operarios de Mantenimiento

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

3.2.8. Plan Formativo de Capacitación

Para contribuir al buen desempeño de las actividades designadas en el plan de mantenimiento, se consideró necesario capacitar al jefe de mantenimiento. Esta persona tendrá la responsabilidad de actualizar cada año las tareas o actividades que se deben cumplir, teniendo como base el historial de fallas o averías del año anterior. Es por ello que se le capacitará en “Estrategias de Optimización y Mejora del Mantenimiento”, con el objetivo de optimizar las tareas de planificación que tendrá a cargo.

Tabla 55: Capacitación para Jefe de Mantenimiento

Nombre	Estrategias de Optimización y Mejora del Mantenimiento
Licencia Habilitante Participante	TECSUP
Acerca Del Programa	El curso permite que el participante aplique métodos de mejora del mantenimiento para optimizar las tareas de planificación y así lograr un mayor tiempo operativo a un menor costo. Se presenta el modelo Uptime que comprende actividades que permiten lograr resultados superiores en la gestión del mantenimiento.
Público	Dirigido a profesionales involucrados en la Gestión del Mantenimiento y busquen potenciar sus competencias en el área, así como a los profesionales del área de producción de las diversas organizaciones industriales y de servicios.
Competencia A Desarrollar	Desarrollar la metodología RCM para la optimización del plan de mantenimiento. Desarrollar estrategias para la identificación y solución de fallas. Análisis y aplicación del modelo Uptime para lograr la excelencia en mantenimiento.
Inversión Económica	S/ 1 260,00
Fechas	Sábados (8:00 ~ 15:30) y Domingos (8:00 ~ 12:30)
Duración	36 horas (3 semanas)

Fuente: Empresa TECSUP.

Para elegir la capacitación adecuada se consideró la cotización enviada por la empresa TECSUP, donde se detallaron diferentes módulos y talleres. El precio de esa capacitación será de S/ 1 260,00.

3.2.9. Nuevos Indicadores de Mantenimiento

En la Tabla 56, se muestra un resumen de las horas que se necesitarían para el plan de mantenimiento preventivo de la Extrusora y Telares.

Tabla 56. Tiempo de paro programado por mantenimiento

MÁQUINA	ACTIVIDADES	MINUTOS POR ACTIVIDAD	MINUTOS AL AÑO POR ACTIVIDAD	HORAS AL AÑO POR ACTIVIDAD
Extrusora	Inspección, calibración y cambio periódico de las cuchillas.	50	600,00	10,00
	Limpieza con la purga max a la matriz.	15	720,00	12,00
	Ajuste del eje y cambio de los rodamientos.	180	720,00	12,00
	Inspección y/o cambio de mangueras al recalentarse. Limpieza y/o cambio de los filtros.	180	720,00	12,00
	Verificación de funcionamiento de componentes con multítester.	30	120,00	2,00
	Limpieza del ventilador.	60	2 880,00	48,00
	Calibración de las bobinas	120	1 440,00	24,00
Telar	Tensión y ajuste periódica de la faja.	10,00	480,00	8,00
	Tensión y ajuste periódica de la varilla.	10,00	480,00	8,00
	Limpieza y engrase periódico de las ruedas.	20,00	960,00	16,00
	Limpieza periódica.	10,00	3 090,00	51,50
	Limpieza periódica.	10,00	480,00	8,00
	Lubricación periódica.	120,00	1 440,00	24,00
	Limpieza periódica.	10,00	480,00	8,00
	Limpieza periódica.	10,00	480,00	8,00
	Cambio de las ruedas por otras en mejor estado.	30,00	120,00	2,00
	Ajuste y tensión adecuado.	10,00	480,00	8,00
	Ajuste a los frenos del telar.	10,00	480,00	8,00
	Lubricación periódica.	30,00	360,00	6,00
	Limpieza periódica o cambio de rodamiento de los bodys.	30,00	360,00	6,00
	Revisar integridad de las ruedas y dar ajuste.	10,00	480,00	8,00
	Ajuste de las lanzaderas.	10,00	480,00	8,00
	Limpieza y cambio periódico de la cadena.	60,00	100,00	1,67
	Torqueo periódico de los pernos.	10,00	480,00	8,00
	Calibrar frenos.	10,00	3 090,00	51,50
	Revisar y/o embocinar periódicamente el bloque donde se encuentra alojado el rodamiento.	30,00	1 440,00	24,00
	Ajuste periódico de las ruedas.	10,00	480,00	8,00
Lubricar el resorte. Inspección de integridad y calibración.	10,00	120,00	2,00	
Lubricación de resortes.	10,00	120,00	2,00	
Ajuste de los ejes del seguro del greyser y cambiar los ejes con mayor desgaste.	40,00	160,00	2,67	
Total		1 145,00	23 840,00	397,33

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

De la Tabla 56 se tienen dos tiempos de paro programado por mantenimiento, primero el que abarca la Extrusora y el segundo que es de Telares. En la Tabla 57 se muestran los tiempos de paro programado por mantenimiento incluyendo las 5 máquinas críticas restantes.

Tabla 57. Tiempo total de paro de programado por mantenimiento

Máquina	Tiempo Total de paro programado (h)
Extrusora	120
Telar Sincerity #8	277,3
Telar ATA #9	277,3
Telar ATA #10	277,3
Telar ATA #11	277,3
Telar ATA #13	277,3
Yumbo #15	261,6
Total	1768

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

➤ **Nueva Confiabilidad y Mantenibilidad**

Se muestra la nueva Confiabilidad con un valor de 10,66 horas de tiempo promedio entre falla y una Mantenibilidad con 0,37 minutos de tiempo de reparación por cada falla.

Tabla 58. Nueva Confiabilidad y Mantenibilidad

Máquina	Tiempo total teórico	Σ TTR (h)	Σ TTF (h)	N° de Fallas	MTTF (h)	MTTR (h)
Extrusora	7 416	91,00	7325,00	224	32,70	0,41
Telar Sincerity #8	7 416	276,33	7139,67	757	9,43	0,37
Telar ATA #9	7 416	276,33	7139,67	678	10,53	0,41
Telar ATA #10	7 416	276,33	7139,67	731	9,77	0,38
Telar ATA #11	7 416	276,33	7139,67	742	9,62	0,37
Telar ATA #13	7 416	276,33	7139,67	738	9,67	0,37
Yumbo #15	7 416	260,33	7155,67	836	8,56	0,31
Total	51 912	1733,00	50179,00	4 706	10,66	0,37

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

En la Tabla 59 se muestra el porcentaje de variación que existe entre la Confiabilidad del diagnóstico y la Confiabilidad después del plan de mantenimiento. De igual forma con el indicador de Mantenibilidad. Dando una variación de 16% y 85% respectivamente.

Tabla 59. Variación de Confiabilidad y Mantenibilidad

Máquina	MTTF (h)	MTTF (h)	Variación	MTTR (h)	MTTR (h)	Variación
Extrusora	27,32	32,70	16%	5,79	0,41	93%
Telar Sincerity #8	7,90	9,43	16%	1,90	0,37	81%
Telar ATA #9	9,00	10,53	14%	1,93	0,41	79%
Telar ATA #10	8,28	9,77	15%	1,87	0,38	80%
Telar ATA #11	8,15	9,62	15%	1,84	0,37	80%
Telar ATA #13	8,15	9,67	16%	1,90	0,37	80%
Yumbo #15	7,21	8,56	16%	1,67	0,31	81%
Total	76,01	90,29	16%	16,90	2,62	85%

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

➤ Disponibilidad

En la Tabla 60, se observa que la disponibilidad de las máquinas asciende al 96%, esto refleja una disminución en el total de horas no programadas por mantenimiento.

Tabla 60. Disponibilidad por máquina durante el año 2018

Máquina	Tiempo total teórico	Tiempo de paradas programadas	Disponibilidad
Extrusora	7 416	120	98,38%
Telar Sincerity #8	7 416	277,3	96,26%
Telar ATA #9	7 416	277,3	96,26%
Telar ATA #10	7 416	277,3	96,26%
Telar ATA #11	7 416	277,3	96,26%
Telar ATA #13	7 416	277,3	96,26%
Yumbo #15	7 416	261,6	96,47%
Total	51 912	1768	96,59%

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

➤ **Tasa de Ejecución**

Después de la propuesta del plan de mantenimiento, la tasa de ejecución que se tiene de las máquinas en el periodo de enero - diciembre del 2018 es 96%.

$$Tasa\ de\ Ejecución = \frac{Producción\ Real}{Producción\ Ideal} * 100$$

$$Tasa\ de\ Ejecución = \frac{4\ 631\ 351}{4\ 810\ 378} * 100$$

$$Tasa\ de\ Ejecución = 96\%$$

➤ **Calidad**

Después de la propuesta del plan de mantenimiento, Después de la propuesta del plan de mantenimiento, la calidad que se tiene de las máquinas en el periodo de enero - diciembre del 2018 es 95%.

$$Calidad = \frac{Unidades\ Conformes}{Producción\ Real} * 100\%$$

$$Calidad = \frac{4\ 399\ 783}{4\ 631\ 351} * 100\%$$

$$Calidad = 95\%$$

➤ **Overall Equipment Effectiveness (OEE)**

Con los tres nuevos indicadores se puede obtener el nuevo porcentaje:

$$OEE = Disponibilidad * Tasa\ de\ Ejecución * Calidad *$$

$$OEE = 96,59\% * 96\% * 95\%$$

$$OEE = 88,09\%$$

El porcentaje de eficiencia en la utilización de las máquinas con la propuesta de plan de mantenimiento es alto por ser una empresa que labora las 24 horas del día, con un 88,09%.

3.2.10. Nuevas Utilidades no percibidas

A partir de las horas de mantenimiento del plan propuesto se obtendrán la cantidad de unidades no producidas. Con la producción ideal anual, se podrá conocer la producción ideal por hora, y el producto de estas por las horas no producidas por las horas programadas para mantenimiento, dará como resultado las nuevas unidades no producidas.

Tabla 61. Nueva producción de Extrusora

Nueva producción de Extrusora				
m/min	m/hora	m/año	m/saco	Und/año
200,00	12 000,00	88 128 000	18,50	4 763 675,68

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 62. Nueva Utilidad no percibida

Porcentaje de producción	Producción Ideal	Producción Real	Unidades no producidas	Utilidad no percibida
57%	2 735 192,03	2 708 637	26 555	2 389,97
23%	1 092 874,78	1 082 264	10 610	1 135,32
20%	982 311,57	972 775	9 537	1 716,66
100%	4 810 378	4 763 676	46 703	5 241,95

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 63. Variación de la Utilidad no percibida

Utilidad no percibida	Nueva Utilidad no percibida	Variación
46 458,15	2 389,97	95%
22 069,16	1 135,32	95%
33 369,78	1 716,66	95%
101 897,08	5 241,95	95%

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

De las anteriores tablas se concluye que existe una reducción del 95% en pérdidas económicas que se traducen en utilidades no percibidas.

3.3. Análisis Costo – Beneficio de la Propuesta

3.3.1. Repuestos y Materiales de Mantenimiento

Los repuestos y material de trabajo se deben considerar desde un principio como punto primordial, ya que son sumamente necesarios por el personal encargado del plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 64. Costo anual de repuestos y materiales para los Telares

Repuesto/Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
Navajas de gillete	12	Paquete	S/ 5,90	S/ 70,80
Purga Max	24	kg	S/ 4,85	S/ 116,40
Trapo Industrial	25	m	S/ 4,00	S/ 100,00
Rodamientos	4	Unidad	S/ 35,00	S/ 140,00
Mangueras corrugadas	4	Unidad	S/ 99,00	S/ 396,00
Lubricante WD 40	10	Galón	S/ 119,90	S/ 1 199,00
Grasa (SKF)	5	Galón	S/ 178,00	S/ 890,00
Total				S/ 2 912,20

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

A continuación, se presenta en la Tabla 65 los costos para materiales y repuestos de la Extrusora.

Tabla 65. Costo anual de repuestos y materiales para la Extrusora

Repuesto/Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
Trapo Industrial	100	m	S/ 4,00	S/ 400,00
Grasa (SKF)	10	Galón	S/ 178,00	S/ 1 780,00
Rodamientos	9	Unidad	S/ 35,00	S/ 315,00
Aceite de lubricación	12	Galón	S/ 80,00	S/ 960,00
Líquido afloja todo	6	Unidad	S/ 13,90	S/ 83,40
Lubricante WD 40	6	Galón	S/ 119,90	S/ 719,40
ejes del seguro	4	Paquete	S/ 14,50	S/ 58,00
Purga Max	12	kg	S/ 4,85	S/ 58,20
Total				S/ 4 374,00

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 66. Costo total anual de repuestos y materiales para la maquinaria

Máquina	PRECIO TOTAL
Extrusora	S/ 4 374,00
Telar Sincerity #8	S/ 2 912,20
Telar ATA #9	S/ 2 912,20
Telar ATA #10	S/ 2 912,20
Telar ATA #11	S/ 2 912,20
Telar ATA #13	S/ 2 912,20
Yumbo #15	S/ 2 766,59
Total	S/ 21 701,59

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

En la Tabla 67 se muestra el efecto de aumento en el costo de mano de obra del diagnóstico, el cual se justifica debido al incremento de sueldo que tendrá el Mecánico 01 al ascender a Jefe del área. Esta diferencia se tomará en cuenta como costo de mano de obra para el plan de mantenimiento propuesto.

Tabla 67. Nuevo costo de mano de obra

Ítem	Trabajadores de Mantenimiento	Costo de mensual de M.O. (S/.)	Costo de anual de M.O. (S/.)	Gratificación (2 al año) (s/.)	CTS (Remuneración Computable en 12 meses) (s/.)	Costo Total de M.O. anual (s/.)
Propuesta	Jefe de Mantenimiento	S/ 1 800,00	S/ 21 600,00	S/ 2 000,00	S/ 1 000,00	S/ 24 600,00
Diagnostico	Mecánico 01	S/ 1 200,00	S/ 14 400,00	S/ 2 000,00	S/ 1 000,00	S/ 17 400,00
Diferencia		S/ 600,00	S/ 7 200,00	-	-	S/ 7 200,00

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Los útiles de oficina como lapiceros, correctores, hojas bond, folders para los formatos de trabajo, entre otras cosas necesarias para la ejecución del plan de mantenimiento, son previstas y entregadas por la administración de la empresa, pero se vio conveniente colocar un monto de S/50 en caso se necesite cosas que no tengan en la oficina. De igual forma, los formatos o controles que se necesiten serán impresos en las oficinas de administración que están al costado del área de mantenimiento, ya que se cuenta con una impresora y fotocopiadora disponible para todo el personal.

Tabla 68. Costo de Material de oficina

Descripción	Cantidad	Precio Unitario(s/.)	Precio Total (s/.)
Archivador para formatos de mantenimiento	2	S/ 20,00	S/ 40,00
Útiles de Oficina	-	-	S/ 50,00
Papel bond A4	10	S/ 15,00	S/ 150,00
Total			S/ 240,00

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

En la Tabla 69 se muestra el costo total del plan de mantenimiento, de manera que el total final es de s/. 122 201,59.

Tabla 69. Costo Total del plan de Mantenimiento

COSTO	VALOR (s/.)
Costo de mano de obra (Tabla 67)	S/ 7 200,00
Costo de materiales y repuestos (Tabla 66)	S/ 21 701,59
Costo de capacitaciones a personal de mantenimiento (Tabla 55)	S/ 1 260,00
Material de oficina para la ejecución del plan de mantenimiento (Tabla 68)	S/ 240,00
TOTAL	S/ 30 401,59

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

3.3.2. Cálculo Costo – Beneficio de la Propuesta del Plan de Mantenimiento Preventivo

La propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa PROCODE S. A. C. se realizó debido a que la empresa no cuenta con una planificación de mantenimiento en sus equipos y máquinas.

Uno de los beneficios que se dará es reducir el tiempo que se empleaba para el mantenimiento no programado de la maquinaria, representando un ahorro de tiempo durante el proceso.

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{\text{S/ } 315\,454,36}{\text{S/ } 30\,401,59}$$

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = 10,37$$

El resultado obtenido sirve para saber que por cada sol que se invierte en el plan de mantenimiento preventivo, el beneficio será de 10,37 soles.

3.3.3. Otros beneficios no cuantificables

- ✓ Evita o disminuye accidentes laborales.
- ✓ Disminuye o desaparece las pérdidas por parada de la producción.
- ✓ Permite contar con una documentación de los mantenimientos necesarios para cada equipo.
- ✓ Aumenta la vida útil de los equipos
- ✓ Mejora la calidad de la actividad
- ✓ Impide que surjan daños irreparables en las instalaciones, evitando así de tener que desembolsar grandes cantidades de dinero en un momento dado y/o no previsto.
- ✓ Favorece una correcta elaboración y mejor previsión del presupuesto de la empresa.

IV. CONCLUSIONES

- ✓ Mediante el diagnóstico de la empresa PROCODE S. A. C., se identificó que el departamento de mantenimiento no cuenta con directrices concretas que le permita un regular y correcto funcionamiento de su labor. Se determinó la cantidad de fallas de las máquinas durante el periodo de Enero a Diciembre del 2018, el tiempo de paradas no programadas y utilizando el método análisis de criticidad dio como resultado que las máquinas más críticas del proceso fueron la Extrusora, Telar #8, Telar #9, Telar #10, Telar #11, Telar #13 y Telar #15. Aplicando el método de árbol de fallas en la Extrusora se determinó que las más recurrentes son la matriz obstruida y portacuchilla dañada, mientras que para Telares son el body sucio y la rotura de faja, por tal razón las utilidades no percibidas llegan al monto de S/. 101 897,08.

- ✓ Con el plan de mantenimiento preventivo las pérdidas económicas que se traducen como utilidades no percibidas, se redujo en 95%. Se propuso la inclusión de una filosofía, política y objetivos de mantenimiento que ayudarán a un mejor control, de manera que los reportes de actividades se elaboren, archiven y sirvan para la siguiente planificación anual de mantenimiento. Así mismo, se incluyó un nuevo y ordenado proceso para el plan de mantenimiento preventivo, que permita al personal encargado tener la secuencia de actividades a desarrollar.

- ✓ Finalmente, se determinó el análisis económico considerando que la implementación de la propuesta tendría un costo total de 30 401,59 soles, obteniendo un beneficio – costo de S/ 10,37 lo que indica que por cada sol invertido se obtendría S/ 1,58 de ganancia.

V. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda que se investigue una gestión de aprovisionamiento para que los repuestos lleguen a tiempo y no haya quiebres de stock, de manera que se cumpla con el plan definido.

VI. LISTA DE REFERENCIAS

- [1] J. Campbell, S. Duffua y A. Raouf. 2000. *Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control*. España, Madrid : Limusa.
- [2] F. Gonzales, " *Mantenimiento Industrial Avanzado*", FC, Editorial, Madrid, 2011.
- [3] PERÚ PRODUCE, "SOCIEDAD NACIONAL DE INDUSTRIAS", Enero 2014. [En línea]. Available: http://www2.sni.org.pe/servicios/boletinperuproduce/download/Peru_596.pdf. [Último acceso: 29- abr- 2018].
- [4] L. Martinez. *Organización y Planificación de Sistemas de Mantenimiento*. Venezuela, Caracas: ISBN,2007 [En línea]. Disponible en: <http://www.academia.edu/16413310/ORGANIZACION%20Y%20PLANIFICACION%20DE%20SISTEMAS%20DE%20MANTENIMIENTO> [Accedido: 23 - abr- 2018]
- [5] J.S Blanco-Cáceres, O.M Duque-Suárez, "Ingeniería de mantenimiento basada en confiabilidad a los equipos altamente críticos de la Empresa Comercializadora LICRATEX C.A" *Mundo Fesc*, vol. 15, no. 1, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6638700&fbclid=IwAR2vxT-wBPes01UQIMJZW9gdfaaVCc7erMVdV-GVbj2LtGqa1HoCFNISli4> [Accedido: 22 - junio- 2019].
- [6] S. Villacrés, "Desarrollo de un plan de Mantenimiento aplicando la Metodología de Mantenimiento basado en la Confiabilidad (RCM) para el vehículo Hidrocleaner Vactor M654 de la empresa Etapa Ep", *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/4749/1/20T00717.pdf> [Accedido: 08 - jun- 2018]
- [7] F. Rey, "Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo", *Técnica Industrial*, vol. 308, pp 30 - 41, 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/98/3064/a3064.pdf> [Accedido: 14 - jun - 2018]
- [8] J. Sobral y C. Guedes, "Preventive Maintenance of Critical Assets based on Degradation Mechanisms and Failure", *Elsevier*, vol. 49, no. 28, pp. 97 - 102, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896316324417> [Accedido: 24 - may- 2018]
- [9] A. Azoy, "Método para el cálculo de indicadores de mantenimiento", *Ingeniería Agrícola*, vol.4, no. 4, pp 45 - 49, 2014 [En línea]. Disponible en: <https://docplayer.es/19240870-Metodo-para-el-calculo-de-indicadores-de-mantenimiento-method-for-calculating-maintenance-indicators.html> [Accedido: 13 - jun- 2019].

- [10] J. Moubray, *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability - centred Maintenance)*, Buenos Aires, Argentina, Aladon Ltd, 1991.
- [11] J. Gamarra, *Mantenimiento Industrial*, 2003
- [12] O. García, *Gestión moderna del mantenimiento industrial, principios fundamentales*, España, Ediciones de la U, 2012.
- [13] A. Pasánte, "Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo de una empresa empacadora de camarón", tesis de grado, Escuela Superior de Politécnica del litoral, 2007 [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13353/4/TEISIS%20COMPLETA%20%28FINAL%29.pdf> [Accedido: 24 - may- 2018]
- [14] L. Cuatercasas, *"Total Productive Maintenance"*, Barcelona, España, Ediciones: Gestión, 2000.
- [15] S. Zambrano y S. Leal, "Proceso de implantación de las nuevas tendencias de mantenimiento en procesos productivos", *Virtual Pro*, no. 74, 2008 [En línea]. Disponible en: <https://www.revistavirtualpro.com/revista/mantenimiento-industrial/8> [Accedido: 23 - may- 2018]
- [16] G. Waeyenbergh y L. Pintelon, "CIBOCOF: A framework for industrial maintenance concept development", *Elsevier*, vol. 121, no. 2, pp. 633 - 640, 2009. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.10.012>
- [17] C. Parra y A. Crespo, *"Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos"*, Ingeman, España, 2012.
- [18] A. Guerrero *"Anàlisis de Criticidad, Metodologia para mejorar la Confiabilidad Operacional"*, Colombia, 2008.
- [19] D. Valencia, "Análisis de modo y efecto de fallas potenciales", *Gestiopolis*, 2005. [En línea]. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/amef-analisis-modo-efecto-fallas-potenciales/> [Accedido: 08 - jun- 2018]
- [20] "AMEF, Análisis de modo y efecto de la falla", *Lean Solutions*, 2008. [En línea]. Disponible en: <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/> [Accedido: 08 - jun- 2018]
- [21] J. Moubray, *"Mantenimiento centrado en la confiabilidad - Edición en Español"*, Aldon Ltd, Reino Unido, 2004.

- [22] R. Smith y K. Mobley, "*Industrial Machinery Repair: Best maintenance practices pocket guide*", Butterworth-Heinemann, EE. UU., 2003.
- [23] S. Borris, " *Total Productive Maintenance*", McGraw Hill, EE. UU., 2005.
- [24] TDI, "El Análisis de Fallas con Diagramas de Árbol", Informe, Texas: TDI/DWC, 2006.
- [25] D. Mesa, Ortiz y M. Pizón. "La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento " *Scientia Et Technica*, vol. XII, pp 155 - 160, 2006. [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/849/84920491036.pdf> [Accedido: 20 - Agosto - 2018]
- [26] O. García , "*Gestión moderna del mantenimiento industrial*", Edición de la U., Colombia, 2012.
- [27] L. Martínez, "*Organización y planificación de sistemas de mantenimiento*", Caracas, Venezuela, Instituto Superior de Investigaciones y Desarrollo, 2007.
- [28] F. Apablaza, "Calidad de Redes de Telecomunicaciones EIE 419", Universidad Católica de Valparaiso, 2013.
- [29] D. Smith, "Indicadores de Confiabilidad Propulsores en la Gestión del Mantenimiento", *Reliability*, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/indicadores-de-confiabilidad-propulsores-en-la-gestion-del-mantenimiento> [Accedido: 08 - jun- 2018]
- [30] F. Espinoza, "Costos de mantenimiento", Facultad de Ingeniería, Universidad de TALCA, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://campuscurico.otalca.cl/>: http://campuscurico.otalca.cl/~fespinos/13APUNTES_%20SOBRE_%20COSTOS_MANTENIMIENTO.pdf. [Accedido: 30 - may- 2018]
- [31] C. Cuevas y L. Polanco, " *Contabilidad de costos: enfoque gerencial y de gestión*", Colombia, Bogotá, Prentice Hall, 2001.
- [32] P. Olivero, "*Gestión de Mantenimiento Moderna del Mantenimiento Industrial*", Bogotá, Colombia, Ediciones de la U, 2012.
- [33] J. Haizer y B. Render, *Administración de operaciones*, Mexico: Pearson Education, 2009.

**ANEXO 01.
REGISTRO DE
COSTO DE
MATERIALES Y
REPUESTOS PARA
TELARES**

Tabla 70. Repuestos y materiales para Telar Lohia Nova6 #1

FALLAS	FALLAS	COSTO TOTAL
Ruptura de faja	32	S/ 21.33
Ruptura de varilla	12	S/ 8.00
Ruptura de escuadra	24	S/ 182.00
Desgaste de rueda excéntrica	12	S/ 8.00
Cojinete obstruido (en la leva)	19	S/ 12.67
Falla de motor	24	S/ 382.96
Falla en los rodillos enrolladores	30	S/ 571.26
Desgaste de ruedas impulsadoras	25	S/ 154.55
Ruptura de lanzadera	28	S/ 190.12
Lanzadera sin calibrar	25	S/ 169.75
Manga doblada	43	S/ 39.00
Desgaste del body	30	S/ 203.70
Body sucio	41	S/ 4.00
Rueda de patín destruida	23	S/ 89.75
Desgaste de lanzadera	21	S/ 15.75
Ruptura de cadena	22	S/ 656.67
Ruptura de pernos Zoquet (de escuadra)	20	S/ 107.80
Frenos sin calibrar	28	S/ 21.84
Bloque en mal estado	26	S/ 227.24
Rueda cónica dañada	20	S/ 15.60
Resorte dañados	16	S/ 324.00
Ruptura de leva	27	S/ 651.46
Seguro dañado	36	S/ 104.40
TOTAL	584	S/ 4,161.85

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 71. Repuestos y materiales para Telar Lohia Nova6 #2

FALLAS	FALLAS	COSTO TOTAL
Ruptura de faja	32	S/ 21.33
Ruptura de varilla	17	S/ 11.33
Ruptura de escuadra	22	S/ 182.00
Desgaste de rueda excéntrica	14	S/ 9.33
Cojinete obstruido (en la leva)	16	S/ 10.67
Falla de motor	24	S/ 382.96
Falla en los rodillos enrolladores	26	S/ 474.86
Desgaste de ruedas impulsadoras	20	S/ 150.80
Ruptura de lanzadera	28	S/ 190.12
Lanzadera sin calibrar	42	S/ 285.18
Manga doblada	34	S/ 39.00
Desgaste del body	32	S/ 217.28
Body sucio	51	S/ 4.00
Rueda de patín destruida	21	S/ 89.25
Desgaste de lanzadera	24	S/ 18.00
Ruptura de cadena	27	S/ 805.00
Ruptura de pernos Zoquet (de escuadra)	22	S/ 118.18
Frenos sin calibrar	55	S/ 42.90
Bloque en mal estado	26	S/ 227.24
Rueda cónica dañada	24	S/ 18.72
Resorte dañados	16	S/ 324.00
Ruptura de leva	27	S/ 651.46
Seguro dañado	36	S/ 104.40
TOTAL	636	S/ 4,378.02

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 72. Repuestos y materiales para Telar Lohia Nova6 #3

FALLAS	FALLAS	COSTO TOTAL
Ruptura de faja	32	S/ 21.33
Ruptura de varilla	10	S/ 6.67
Ruptura de escuadra	22	S/ 182.00
Desgaste de rueda excéntrica	15	S/ 10.00
Cojinete obstruido (en la leva)	17	S/ 11.33
Falla de motor	24	S/ 382.96
Falla en los rodillos enrolladores	26	S/ 474.86
Desgaste de ruedas impulsadoras	20	S/ 150.80
Ruptura de lanzadera	28	S/ 190.12
Lanzadera sin calibrar	22	S/ 149.38
Manga doblada	53	S/ 39.00
Desgaste del body	30	S/ 203.70
Body sucio	54	S/ 1,606.00
Rueda de patín destruida	20	S/ 89.00
Desgaste de lanzadera	18	S/ 13.50
Ruptura de cadena	22	S/ 656.67
Ruptura de pernos Zoquet (de escuadra)	23	S/ 123.37
Frenos sin calibrar	57	S/ 44.46
Bloque en mal estado	26	S/ 227.24
Rueda cónica dañada	22	S/ 17.16
Resorte dañados	16	S/ 324.00
Ruptura de leva	25	S/ 603.50
Seguro dañado	36	S/ 104.40
TOTAL	618	S/ 5,631.45

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 73. Repuestos y materiales para Telar Lohia Nova6 #4

FALLAS	FALLAS	COSTO TOTAL
Ruptura de faja	33	S/ 22.00
Ruptura de varilla	13	S/ 8.67
Ruptura de escuadra	22	S/ 182.00
Desgaste de rueda excéntrica	13	S/ 8.67
Cojinete obstruido (en la leva)	16	S/ 10.67
Falla de motor	24	S/ 382.96
Falla en los rodillos enrolladores	26	S/ 474.86
Desgaste de ruedas impulsadoras	20	S/ 150.80
Ruptura de lanzadera	28	S/ 190.12
Lanzadera sin calibrar	31	S/ 210.49
Manga doblada	51	S/ 39.00
Desgaste del body	30	S/ 203.70
Body sucio	51	S/ 4.00
Rueda de patín destruida	23	S/ 89.75
Desgaste de lanzadera	18	S/ 13.50
Ruptura de cadena	22	S/ 656.67
Ruptura de pernos Zoquet (de escuadra)	29	S/ 154.51
Frenos sin calibrar	64	S/ 49.92
Bloque en mal estado	26	S/ 227.24
Rueda cónica dañada	20	S/ 15.60
Resorte dañados	16	S/ 324.00
Ruptura de leva	29	S/ 699.42
Seguro dañado	36	S/ 104.40
TOTAL	641	S/ 4,222.94

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 74. Repuestos y materiales para Telar Lohia Nova6 #5

FALLAS	FALLAS	COSTO TOTAL
Ruptura de faja	32	S/ 21.33
Ruptura de varilla	10	S/ 6.67
Ruptura de escuadra	22	S/ 182.00
Desgaste de rueda excéntrica	12	S/ 8.00
Cojinete obstruido (en la leva)	16	S/ 10.67
Falla de motor	30	S/ 477.70
Falla en los rodillos enrolladores	26	S/ 474.86
Desgaste de ruedas impulsadoras	21	S/ 151.55
Ruptura de lanzadera	28	S/ 190.12
Lanzadera sin calibrar	48	S/ 325.92
Manga doblada	45	S/ 39.00
Desgaste del body	30	S/ 203.70
Body sucio	46	S/ 4.00
Rueda de patín destruida	16	S/ 88.00
Desgaste de lanzadera	28	S/ 21.00
Ruptura de cadena	22	S/ 656.67
Ruptura de pernos Zoquet (de escuadra)	20	S/ 107.80
Frenos sin calibrar	53	S/ 41.34
Bloque en mal estado	26	S/ 227.24
Rueda cónica dañada	20	S/ 15.60
Resorte dañados	21	S/ 424.00
Ruptura de leva	24	S/ 579.52
Seguro dañado	36	S/ 104.40
TOTAL	632	S/ 4,361.08

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 75. Repuestos y materiales para Telar Sincerity #6

FALLAS	FALLAS	COSTO TOTAL
Ruptura de faja	76	S/ 50.67
Ruptura de varilla	28	S/ 18.67
Ruptura de escuadra	50	S/ 182.00
Desgaste de rueda excéntrica	24	S/ 16.00
Cojinete obstruido (en la leva)	34	S/ 22.67
Falla de motor	50	S/ 793.50
Falla en los rodillos enrolladores	60	S/ 1,498.26
Desgaste de ruedas impulsadoras	40	S/ 165.80
Ruptura de lanzadera	52	S/ 353.08
Lanzadera sin calibrar	53	S/ 359.87
Manga doblada	36	S/ 39.00
Desgaste del body	50	S/ 339.50
Body sucio	60	S/ 4.00
Rueda de patín destruida	68	S/ 101.00
Desgaste de lanzadera	28	S/ 21.00
Ruptura de cadena	30	S/ 894.00
Ruptura de pernos Zoquet (de escuadra)	36	S/ 190.84
Frenos sin calibrar	46	S/ 35.88
Bloque en mal estado	56	S/ 489.44
Rueda cónica dañada	40	S/ 31.20
Resorte dañados	37	S/ 744.00
Ruptura de leva	38	S/ 915.24
Seguro dañado	58	S/ 168.20
TOTAL	1050	S/ 7,433.81

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 76. Repuestos y materiales para Telar Sincerity #7

FALLAS	FALLAS	COSTO TOTAL
Ruptura de faja	72	S/ 48.00
Ruptura de varilla	34	S/ 22.67
Ruptura de escuadra	50	S/ 182.00
Desgaste de rueda excéntrica	24	S/ 16.00
Cojinete obstruido (en la leva)	39	S/ 26.00
Falla de motor	57	S/ 904.03
Falla en los rodillos enrolladores	60	S/ 1,498.26
Desgaste de ruedas impulsadoras	40	S/ 165.80
Ruptura de lanzadera	52	S/ 353.08
Lanzadera sin calibrar	59	S/ 400.61
Manga doblada	36	S/ 39.00
Desgaste del body	50	S/ 339.50
Body sucio	60	S/ 4.00
Rueda de patín destruida	50	S/ 96.50
Desgaste de lanzadera	32	S/ 24.00
Ruptura de cadena	33	S/ 983.00
Ruptura de pernos Zoquet (de escuadra)	36	S/ 190.84
Frenos sin calibrar	46	S/ 35.88
Bloque en mal estado	56	S/ 489.44
Rueda cónica dañada	57	S/ 44.46
Resorte dañados	36	S/ 724.00
Ruptura de leva	38	S/ 915.24
Seguro dañado	55	S/ 159.50
TOTAL	1072	S/ 7,661.81

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 77. Repuestos y materiales para Telar Sincerity #8

FALLAS	FALLAS	COSTO TOTAL
Ruptura de faja	70	S/ 46.67
Ruptura de varilla	27	S/ 18.00
Ruptura de escuadra	50	S/ 182.00
Desgaste de rueda excéntrica	24	S/ 16.00
Cojinete obstruido (en la leva)	34	S/ 22.67
Falla de motor	51	S/ 809.29
Falla en los rodillos enrolladores	69	S/ 1,846.56
Desgaste de ruedas impulsadoras	40	S/ 165.80
Ruptura de lanzadera	52	S/ 353.08
Lanzadera sin calibrar	52	S/ 353.08
Manga doblada	36	S/ 39.00
Desgaste del body	55	S/ 373.45
Body sucio	60	S/ 4.00
Rueda de patín destruida	55	S/ 97.75
Desgaste de lanzadera	28	S/ 21.00
Ruptura de cadena	33	S/ 983.00
Ruptura de pernos Zoquet (de escuadra)	36	S/ 190.84
Frenos sin calibrar	46	S/ 35.88
Bloque en mal estado	56	S/ 489.44
Rueda cónica dañada	40	S/ 31.20
Resorte dañados	36	S/ 724.00
Ruptura de leva	41	S/ 987.18
Seguro dañado	55	S/ 159.50
TOTAL	1046	S/ 7,949.38

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 78. Repuestos y materiales para Telar ATA #9

FALLAS	FALLAS	COSTO TOTAL
Ruptura de faja	68	S/ 45.33
Ruptura de varilla	42	S/ 28.00
Ruptura de escuadra	56	S/ 182.00
Desgaste de rueda excéntrica	32	S/ 21.33
Cojinete obstruido (en la leva)	41	S/ 27.33
Falla de motor	60	S/ 951.40
Falla en los rodillos enrolladores	78	S/ 2,227.26
Desgaste de ruedas impulsadoras	50	S/ 173.30
Ruptura de lanzadera	64	S/ 434.56
Lanzadera sin calibrar	66	S/ 448.14
Manga doblada	76	S/ 39.00
Desgaste del body	80	S/ 543.20
Body sucio	70	S/ 4.00
Rueda de patín destruida	66	S/ 100.50
Desgaste de lanzadera	55	S/ 41.25
Ruptura de cadena	48	S/ 1,428.00
Ruptura de pernos Zoquet (de escuadra)	55	S/ 289.45
Frenos sin calibrar	54	S/ 42.12
Bloque en mal estado	70	S/ 611.80
Rueda cónica dañada	54	S/ 42.12
Resorte dañados	53	S/ 1,064.00
Ruptura de leva	56	S/ 1,346.88
Seguro dañado	76	S/ 220.40
TOTAL	1370	S/ 10,311.38

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 79. Repuestos y materiales para Telar ATA #10

FALLAS	FALLAS	COSTO TOTAL
Ruptura de faja	78	S/ 52.00
Ruptura de varilla	43	S/ 28.67
Ruptura de escuadra	56	S/ 182.00
Desgaste de rueda excéntrica	35	S/ 23.33
Cojinete obstruido (en la leva)	46	S/ 30.67
Falla de motor	60	S/ 951.40
Falla en los rodillos enrolladores	83	S/ 2,452.76
Desgaste de ruedas impulsadoras	50	S/ 173.30
Ruptura de lanzadera	64	S/ 434.56
Lanzadera sin calibrar	65	S/ 441.35
Manga doblada	77	S/ 39.00
Desgaste del body	84	S/ 570.36
Body sucio	76	S/ 4.00
Rueda de patín destruida	67	S/ 100.75
Desgaste de lanzadera	58	S/ 43.50
Ruptura de cadena	48	S/ 1,428.00
Ruptura de pernos Zoquet (de escuadra)	60	S/ 315.40
Frenos sin calibrar	57	S/ 44.46
Bloque en mal estado	79	S/ 690.46
Rueda cónica dañada	59	S/ 46.02
Resorte dañados	50	S/ 1,004.00
Ruptura de leva	56	S/ 1,346.88
Seguro dañado	73	S/ 211.70
TOTAL	1424	S/ 10,614.57

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 80. Repuestos y materiales para Telar ATA #11

FALLAS	FALLAS	COSTO TOTAL
Ruptura de faja	66	S/ 44.00
Ruptura de varilla	52	S/ 34.67
Ruptura de escuadra	54	S/ 182.00
Desgaste de rueda excéntrica	46	S/ 30.67
Cojinete obstruido (en la leva)	59	S/ 39.33
Falla de motor	57	S/ 904.03
Falla en los rodillos enrolladores	80	S/ 2,316.26
Desgaste de ruedas impulsadoras	52	S/ 174.80
Ruptura de lanzadera	67	S/ 454.93
Lanzadera sin calibrar	64	S/ 434.56
Manga doblada	77	S/ 39.00
Desgaste del body	87	S/ 590.73
Body sucio	76	S/ 4.00
Rueda de patín destruida	66	S/ 100.50
Desgaste de lanzadera	49	S/ 36.75
Ruptura de cadena	51	S/ 1,517.00
Ruptura de pernos Zoquet (de escuadra)	62	S/ 325.78
Frenos sin calibrar	49	S/ 38.22
Bloque en mal estado	62	S/ 541.88
Rueda cónica dañada	57	S/ 44.46
Resorte dañados	54	S/ 1,084.00
Ruptura de leva	63	S/ 1,514.74
Seguro dañado	81	S/ 234.90
TOTAL	1431	S/ 10,687.21

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 81. Repuestos y materiales para Telar ATA #12

FALLAS	FALLAS	COSTO TOTAL
Ruptura de faja	69	S/ 46.00
Ruptura de varilla	56	S/ 37.33
Ruptura de escuadra	62	S/ 182.00
Desgaste de rueda excéntrica	38	S/ 25.33
Cojinete obstruido (en la leva)	53	S/ 35.33
Falla de motor	60	S/ 951.40
Falla en los rodillos enrolladores	84	S/ 2,499.06
Desgaste de ruedas impulsadoras	50	S/ 173.30
Ruptura de lanzadera	68	S/ 461.72
Lanzadera sin calibrar	58	S/ 393.82
Manga doblada	78	S/ 39.00
Desgaste del body	88	S/ 597.52
Body sucio	76	S/ 4.00
Rueda de patín destruida	66	S/ 100.50
Desgaste de lanzadera	78	S/ 58.50
Ruptura de cadena	49	S/ 1,457.67
Ruptura de pernos Zoquet (de escuadra)	50	S/ 263.50
Frenos sin calibrar	56	S/ 43.68
Bloque en mal estado	77	S/ 672.98
Rueda cónica dañada	57	S/ 44.46
Resorte dañados	52	S/ 1,044.00
Ruptura de leva	60	S/ 1,442.80
Seguro dañado	86	S/ 249.40
TOTAL	1471	S/ 10,823.31

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 82. Repuestos y materiales para Telar ATA #13

FALLAS	FALLAS	COSTO TOTAL
Ruptura de faja	90	S/ 60.00
Ruptura de varilla	58	S/ 38.67
Ruptura de escuadra	51	S/ 182.00
Desgaste de rueda excéntrica	31	S/ 20.67
Cojinete obstruido (en la leva)	59	S/ 39.33
Falla de motor	60	S/ 951.40
Falla en los rodillos enrolladores	96	S/ 3,085.86
Desgaste de ruedas impulsadoras	54	S/ 176.30
Ruptura de lanzadera	75	S/ 509.25
Lanzadera sin calibrar	56	S/ 380.24
Manga doblada	77	S/ 39.00
Desgaste del body	84	S/ 570.36
Body sucio	79	S/ 4.00
Rueda de patín destruida	66	S/ 100.50
Desgaste de lanzadera	48	S/ 36.00
Ruptura de cadena	48	S/ 1,428.00
Ruptura de pernos Zoquet (de escuadra)	49	S/ 258.31
Frenos sin calibrar	53	S/ 41.34
Bloque en mal estado	75	S/ 655.50
Rueda cónica dañada	58	S/ 45.24
Resorte dañados	50	S/ 1,004.00
Ruptura de leva	61	S/ 1,466.78
Seguro dañado	72	S/ 208.80
TOTAL	1450	S/ 11,301.55

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 83. Repuestos y materiales para Telar Yumbo #14

FALLAS	FALLAS	COSTO TOTAL
Ruptura de faja	90	S/ 60.00
Desgaste de rueda excéntrica	61	S/ 40.67
Cojinete obstruido (en la leva)	63	S/ 182.00
Falla de motor	55	S/ 36.67
Falla en los rodillos enrolladores	68	S/ 45.33
Desgaste de ruedas impulsadoras	40	S/ 165.80
Ruptura de lanzadera	52	S/ 353.08
Lanzadera sin calibrar	46	S/ 312.34
Manga doblada	66	S/ 39.00
Desgaste del body	50	S/ 339.50
Body sucio	67	S/ 4.00
Rueda de patín destruida	52	S/ 97.00
Desgaste de lanzadera	34	S/ 25.50
Ruptura de cadena	35	S/ 1,042.33
Frenos sin calibrar	46	S/ 35.88
Bloque en mal estado	56	S/ 489.44
Rueda cónica dañada	41	S/ 31.98
Resorte dañados	36	S/ 724.00
Ruptura de leva	41	S/ 987.18
Seguro dañado	58	S/ 168.20
TOTAL	1057	S/ 5,179.90

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

Tabla 84. Repuestos y materiales para TelarYumbo #15

FALLAS	FALLAS	COSTO TOTAL
Ruptura de faja	88	S/ 58.67
Desgaste de rueda excéntrica	49	S/ 32.67
Cojinete obstruido (en la leva)	58	S/ 182.00
Falla de motor	54	S/ 36.00
Falla en los rodillos enrolladores	64	S/ 42.67
Desgaste de ruedas impulsadoras	74	S/ 191.30
Ruptura de lanzadera	87	S/ 590.73
Lanzadera sin calibrar	77	S/ 522.83
Manga doblada	72	S/ 39.00
Desgaste del body	74	S/ 502.46
Body sucio	85	S/ 4.00
Rueda de patín destruida	79	S/ 103.75
Desgaste de lanzadera	81	S/ 60.75
Ruptura de cadena	78	S/ 2,318.00
Frenos sin calibrar	69	S/ 53.82
Bloque en mal estado	77	S/ 672.98
Rueda cónica dañada	63	S/ 49.14
Resorte dañados	62	S/ 1,244.00
Ruptura de leva	71	S/ 1,706.58
Seguro dañado	83	S/ 240.70
TOTAL	1445	S/ 8,652.04

Fuente: Empresa PROCODE S. A. C.

**ANEXO 02.
TABLA DE
PONDERACIÓN**

EVALUAR Y SELECCIONAR LAS HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ADECUADAS

A continuación, se presenta la tabla de ponderación de factores en lo que respecta a causas de los problemas encontrados en la empresa PROCODE S. A. C., esto servirá para evaluar el grado de importancia de cada factor con respecto a otro. Para llevar a cabo esta evaluación se deberán asignar valores: **1** en caso que el factor sea más importante que el otro o cuando ambos tienen una importancia equivalente y el valor de **0** cuando el factor es menos importante del que se compara.

Como se mencionó anteriormente, los factores considerados son:

- A) Fallas en la maquinaria
- B) Disponibilidad de maquinaria
- C) Tiempo promedio para reparar (MTTR)
- D) Tiempo promedio entre falla (MTTF)
- E) Unidades no procesadas
- F) Utilidad no percibida
- G) Costos de mantenimiento

Según la ponderación realizada en la Tabla 85, el factor que representa una mayor importancia es el costo de mantenimiento con un 24% mientras que los de menor importancia son los factores de unidades no procesadas y utilidad no percibida con un 4%.

Tabla 85. Tabla de Ponderación

Factores	A	B	C	D	E	F	G	Conteo	Ponderación
A	■	1	1	1	1	1	0	5	20%
B	0	■	1	1	1	1	0	4	16%
C	0	1	■	1	1	1	0	4	16%
D	0	1	1	■	1	1	0	4	16%
E	0	0	0	0	■	1	0	1	4%
F	0	0	0	0	1	■	0	1	4%
G	1	1	1	1	1	1	■	6	24%
Total								25	100%

Fuente: Haizer y Render [33]

En la Tabla 86 se tiene la escala de valoración con la cual se priorizará el tipo de mantenimiento adecuado.

Tabla 86. Escala de Valoración

Muy Alto	10
Alto	8
Moderado	6
Bajo	4
Muy Bajo	2

Por último, se utilizó la tabla de ranking de factores (Tabla 87), donde para obtener la puntuación total se sumó de las puntuaciones determinadas por la multiplicación de cada calificación correspondiente para cada herramienta con la ponderación de cada factor. Se obtuvo que el mejor tipo de mantenimiento a utilizar es el Preventivo al observar que tiene el mejor puntaje. Además, se elige esta opción porque abarca un costo de mantenimiento adecuado para el tamaño de la empresa que se describe en este trabajo de investigación, siendo también el factor con mayor % de ponderación, permitiendo abarcar la mayoría de soluciones para los problemas encontrados.

Tabla 87. Ranking de factores

Factores	Ponderación	Tipos de Mantenimiento					
		Correctivo		Preventivo		Predictivo	
		Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación
Fallas en la maquinaria	20%	8	1,6	6	1,2	2	0,4
Disponibilidad de maquinaria	16%	2	0,32	8	1,28	10	1,6
Tiempo promedio para reparar (MTTR)	16%	6	0,96	4	0,64	2	0,32
Tiempo promedio entre falla (MTTF)	16%	6	0,96	4	0,64	2	0,32
Unidades no procesadas	4%	8	0,32	6	0,24	4	0,16
Utilidad no percibidas	4%	8	0,32	6	0,24	4	0,16
Costos de mantenimiento	24%	2	0,48	6	1,44	8	1,92
Total	100%	40	4,96	40	5,68	32	4,88

**ANEXO 03.
EXPLICACIÓN DE
LOS VALORES DE
AMEF**

Tabla 88. Valorización de NPR para Extrusora

EQUIPO O MÁQUINA	MODO DE FALLA		Severidad	Explicación	Ocurrencia	Explicación	Detección	Explicación
Extrusora	1	Porta cuchilla doblada	7	La máquina queda inoperable y dañada ya que la película de la extrusora sale con mucho espesor y provoca el doblamiento de la cuchilla	7	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre moderada y alta siendo un problema ocasional	6	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
	2	Matriz obstruida	6	La máquina queda inoperable ya que al salir mal la película de polipropileno se apaga la máquina; sin embargo, los daños son menores ya que solo es la falta de limpieza periódica en la superficie de la matriz	7	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre moderada y alta siendo un problema ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
	3	Picadora desgastada	5	La picadora se desgasta por la carga de trabajo dejando inoperable la máquina cada cierto periodo de tiempo, sin embargo, no daña la máquina ya que solo necesita ser reemplazada la pieza.	6	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es moderada siendo un problema ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
	4	Filtro obstruido (en malla)	7	La máquina queda inoperable debido a que el filtro no recibe el mantenimiento periódico necesario afectando de tal manera el rendimiento de esta	4	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre baja y moderada siendo un problema muy poco ocasional	8	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo
	5	Fallo del variador (en motor principal)	7	La máquina se detiene por fallas en los contactos del variador dañando de tal manera el motor principal.	5	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre baja y moderada siendo un problema poco ocasional	8	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil
	6	Ventilador obstruido (en motor aspirador de MP)	4	La máquina sigue funcionando, pero con una significativa degradación en la aspiración de materia prima recepcionada.	4	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre baja y moderada siendo un problema muy poco ocasional	8	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo
	7	Bobinadoras sin calibrar	4	La máquina siguen funcionando sin embargo por no estar calibradas el producto saliente no cumple los estándares necesarios.	6	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es moderada siendo un problema ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 89. Valorización de NPR para Telares

EQUIPO O MÁQUINA	MODO DE FALLA		Severidad	Explicación	Ocurrencia	Explicación	Detección	Explicación
Telares	1	Rotura de faja	6	La máquina queda inoperable debido a que la faja de transmisión se rompe por la carga de trabajo el cual representa daños menores en el sistema	8	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es alta siendo un fallo repetitivo impactando la confiabilidad de la máquina	6	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales.
	2	Rotura de varilla	6	La máquina queda inoperable debido a que la varilla se rompe por la carga de trabajo el cual representa daños menores en el sistema	7	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre moderada y alta siendo un problema ocasional	6	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
	3	Rotura de escuadras	6	La máquina queda inoperable debido a que las escuadras se rompen debido a la carga de trabajo el cual representa daños menores en el sistema	5	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre baja y moderada siendo un problema poco ocasional	6	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
	4	Desgaste de rueda excéntrica	7	La máquina queda inoperable debido al desgaste de la rueda excéntrica por la carga de trabajo el cual representa daños relativamente severos	6	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es moderada siendo un problema ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
	5	Cojinete obstruido (en la leva)	6	La máquina queda inoperable debido al desgaste que sufre la cinta, este desgaste se introduce en el cojinete provocando de esta manera la falla de los cojinetes el cual representa daños menores en el sistema	6	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es moderada siendo un problema ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
	6	Falla de motor	6	La máquina queda inoperable debido al desgaste de los rodamientos el cual representa daños menores en el sistema	6	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es moderada siendo un problema ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
	7	Falla en los rodillos enrolladores	7	La máquina queda inoperable debido al mal funcionamiento de la tarjeta electrónica y cual representa daños relativamente severos en el sistema	7	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre moderada y alta siendo un problema ocasional	6	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
	8	Desgaste de ruedas impulsadoras	8	La máquina queda inoperable debido a que la cinta ingresa a los rodamientos causando un desgaste el cual representa un daño severo.	7	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre moderada y alta siendo un problema ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
	9	Rotura de lanzadera	6	La máquina queda inoperable debido a que la lanzadera se rompe por la carga de trabajo el cual representa daños menores en el sistema	7	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre moderada y alta siendo un problema ocasional	6	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales

10	Lanzadera sin calibrar	4	La máquina sigue operando, sin embargo, la presión ejercida en el proceso de tramado no es la adecuada el cual representa una degradación significativa en el rendimiento de la máquina	5	ocurrencia está entre baja y moderada siendo un problema poco ocasional	8	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo
11	Manga doblada	6	La máquina queda inoperable debido al desgaste de los resortes del cuerpo de la lanzadera ha perdiendo su flexibilidad el cual representa daños menores en el sistema	7	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre moderada y alta siendo un problema ocasional	6	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
12	Desgaste del body	6	La máquina queda inoperable debido al desgaste del body el cual representa daños menores en el sistema	7	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre moderada y alta siendo un problema ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
13	Body sucio	4	La máquina sigue operando, pero con una significativa degradación en el rendimiento de la máquina debido a la falta de limpieza periódica en los rodamiento del body	7	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre moderada y alta siendo un problema ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
14	Rueda de patín destruida	7	La máquina queda inoperable debido a la rotura de esta pieza el cual representa un daño severo en el sistema	6	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es moderada siendo un problema ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
15	Desgaste de lanzadera	6	La máquina queda inoperable debido al desgaste de la lanzadera el cual representa un daño menor en el sistema	7	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre moderada y alta siendo un problema ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
16	Rotura de cadena	8	La máquina queda inoperable debido a la rotura de la cadena el cual representa un daño severo en el sistema	6	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es moderada siendo un problema ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
17	Rotura de pernos Zoquet (de escuadra)	6	La máquina queda inoperable debido a la rotura de los pernos de la escuadra el cual representa un daño menor en el sistema	7	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre moderada y alta siendo un problema ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
18	Frenos sin calibrar	4	La máquina sigue operando, pero hay una degradación significativa en el rendimiento de la máquina debido a la falta de ajuste de los frenos	6	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es moderada siendo un problema ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
19	Bloque en mal estado	4	La máquina sigue operando, pero hay una degradación en el rendimiento de la máquina por la falta de embocinado del lugar donde se encuentra el rodamiento	7	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre moderada y alta siendo un problema ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
20	Rueda cónica dañada	4	La máquina sigue operando, pero existe una degradación significativa del rendimiento debido al constante impacto a la hora del arranque de la máquina el cual representa un daño relativamente severo.	5	ocurrencia está entre baja y moderada siendo un problema poco ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales

21	Resortes dañados	4	La máquina sigue operando, pero con una degradación significativa en el rendimiento debido a la falta de lubricación de los resortes	6	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es moderada siendo un problema ocasional	8	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo
22	Rotura de leva	6	La máquina queda inoperable debido al atascamiento del cojinete en la rueda o del cojinete de la base que causa la rotura de leva el cual representa un daño menor en el sistema	7	Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre moderada y alta siendo un problema ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales
23	Seguro dañado	4	La máquina sigue funcionando, pero existe una degradación significativa en el rendimiento debido al desgaste en el espacio o alojamiento del seguro.	5	ocurrencia está entre baja y moderada siendo un problema poco ocasional	7	La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo muy baja la probabilidad de detectar el fallo y sus causas potenciales

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 04. ACTA DE REUNIÓN



ACTA DE REUNIÓN

Acta de reunión realizada en la Empresa Procesadora y Comercializadora Delgado S. A. C.

Asistentes	Firma
<u>Ronald Torres Silva</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Raul Jimenez Mondaca</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Jorge Ruiz Medicero</u>	<u>[Firma]</u>
<u>María del C. Galarrata C.</u>	<u>[Firma]</u>

Siendo las 13:02 h. del día 18 de mayo de 2019, se reúnen los arriba citados en sesión para la elaboración de la filosofía, política y objetivos general y específicos del departamento de mantenimiento. Se acordó lo siguiente:

Filosofía del departamento:

En el área de mantenimiento nos esforzamos día a día para dar una total confiabilidad del funcionamiento de las máquinas y equipos de la empresa PROCODE SAC. así como recurrir a todas sus necesidades ante una falla o avería, empleando todo el potencial y conocimiento para cumplir nuestros objetivos.

Política del departamento:

Asegurar la ejecución del mantenimiento preventivo oportuno de las máquinas existentes en la empresa PROCODE SAC. comprometiéndose a brindar soluciones eficientes a nuestros trabajadores de las demás áreas de la planta conforme a los requisitos establecidos, de manera que superen sus expectativas.

Objetivo general y específicos del departamento:

Objetivo general: prever las fallas manteniendo las máquinas, equipos e instalaciones productivas en el mejor estado posible durante el horario de producción, obteniendo una eficiencia óptima y cogiendo a la generación de utilidad.

Objetivos Específicos: Planificación oportuna del mantenimiento, Realizar el plan de mtto., brindar atención oportuna y eficaz de la maquinaria, aumentar la disponibilidad, capacitación al personal, disminuir costos de mtto, optimizar recursos humanos, maximización de la vida de máquinas y un mayor intervalo para lograr el reemplazo.

No habiendo más asuntos que tratar, se levanta la sesión siendo las 13:55 h. del día citado, de todo lo cual doy fe como Gerente General y firmo la presente.

[Firma]
Gerente General

Whitman Jesús Delgado 200437

DNI: 47010853

ANEXO 05.
TABLA
COMPARATIVA

➤ **SIN PROPUESTA**

Porcentaje de producción	Producción Ideal	Producción Real	Utilidad
57%	2 735 192	2 218 990	S/ 199 709,14
23%	1 092 875	886 621	S/ 94 868,45
20%	982 312	796 924	S/ 143 446,30
100%	4 810 378	3 902 535	S/ 438 023,89

Ganancia = Utilidades – Costo de mantenimiento

Ganancia = S/ 438 023,89 - S/ 213 557,28

Ganancia = S/ 224 466,61

➤ **CON PROPUESTA**

Porcentaje de producción	Producción Ideal	Producción Real	Utilidad
57%	2 735 192	2 708 637	S/ 243 777,31
23%	1 092 875	1 082 264	S/ 115 802,29
20%	982 312	972 775	S/ 175 099,42
100%	4 810 378	4 763 676	S/ 534 679,02

Ganancia = Utilidades – Costo de plan de mantenimiento

Ganancia = S/ 534 679,02 - S/ 122 201,59

Ganancia = S/ 412 477,43

➤ **SIN CONSIDERAR LAS UTILIDADES NO PERCIBIDAS**

	Sin propuesta	Con propuesta	Variación
Unidades producidas	3 902 535	4 763 676	18%
Utilidad	S/ 438 023,89	S/ 534 679,02	18%
Costo de mantenimiento	S/ 213 557,28	S/ 122 201,59	43%
Ganancia	S/ 224 466,61	S/ 412 477,43	46%