

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE POSGRADO



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FIDEOS DE LA
EMPRESA PERUPAST S.R.L.**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE
OPERACIONES Y LOGÍSTICA**

AUTOR

HEINZ ERIC AREVALO FERNANDEZ

ASESOR

MARCOS GREGORIO BACA LÓPEZ

<https://orcid.org/0000-0003-4741-0122>

Chiclayo, 2021

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD
PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE FIDEOS DE LA EMPRESA PERUPAST
S.R.L.**

PRESENTADA POR:

HEINZ ERIC AREVALO FERNANDEZ

A la Escuela de Posgrado de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el grado académico de

**MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN
GESTIÓN DE OPERACIONES Y LOGÍSTICA**

APROBADA POR:

Abel Enrique Gonzales Wong
PRESIDENTE

Edward Florencio Aurora Vigo
SECRETARIO

Marcos Gregorio Baca López
VOCAL

DEDICATORIA

A Dios por guiar mis pasos e iluminar mi sendero, por hacer que encuentre el camino correcto en la búsqueda de ser un mejor profesional y un mejor humano.

A mi familia por ser el pilar de mi vida, porque gracias a su ejemplo y enseñanzas he sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores.

EPIGRAFE

“Cuanto mayor sea el esfuerzo, mayor es la gloria.”

(Pierre Corneille)

AGRADECIMIENTO

A Dios que me da la fortaleza para seguir adelante en las metas que me trazo.

A mis padres que me dieron la formación; y a mis hermanos por sus valiosos consejos.

A la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo por su formación académica y moral en esta etapa de mi vida.

A mis profesores y compañeros de la maestría, por la confianza, la sencillez y la sinergia en clases.

A Wilmer Rios Silva por permitirme aplicar mis conocimientos en su empresa y la realización de mi tesis.

RESUMEN

PERUPAST S.R.L., empresa dedicada a la producción de fideos, para su proceso emplea máquinas comprendidas en un sistema de prensa; actualmente la empresa aplica un mantenimiento correctivo, generándose paradas no programadas, pérdidas económicas y baja productividad en sus equipos respecto al tiempo disponible; por tal razón la presente investigación tuvo por finalidad elaborar el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento basado en RCM para incrementar la productividad. Durante el periodo 2016 se identificó un total de 388,5 horas de paradas, las máquinas con mayor criticidad fueron las pertenecientes al subsistema de Dosificado, Mezclado, Amasado y Extrusado.

Con los problemas de mantenimiento ya identificados en los subsistemas del proceso, se diseñó un Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo, el cual se basó en la metodología RCM y se complementó con herramientas como el Análisis de modo efecto de modo efecto y falla (AMEF) y la hoja de decisión. Se tuvo como resultado un tiempo de parada reducido en 205 horas, el nuevo MTTF logrado fue de 44,4 horas, así también el MTTR se redujo a 0,84 horas, así también la disponibilidad se incrementó a 91,04 %; y en cuanto a la productividad respecto al tiempo, esta se eleva en comparación a la encontrada en el diagnóstico inicial, de modo que con la mejora se producirán 394 bolsas de fideo/día, lo cual representa el 82,1 % de lo ideal.

Finalmente, en el análisis Costo-Beneficio se estimó un VAN de S/. 10 235,81 y una tasa interna de retorno (TIR) de 13%, así mismo, con la aplicación del Sistema de Gestión de mantenimiento Preventivo RCM la empresa ganará S/ 0,38 por cada sol que invierte, empezando a tener utilidades líquidas a partir del sexto mes, todo esto indica que la implementación del proyecto es rentable y es aceptada.

Palabras clave: Sistema de Gestión de Mantenimiento, RCM, Productividad.

ABSTRACT

PERUPAST S.R.L., company dedicated to the production of noodles, for its process uses machines comprised in a press system; Currently, the company applies corrective maintenance, so in the presence of breakdowns, unscheduled production stops are used, generating unscheduled stops, economic losses and low productivity in their equipment with respect to the time available; for this reason, the present investigation has as purpose to elaborate a design of implementation of a maintenance system based on RCM to increase the productivity. During the 2016 period, a total of 388,5 hours were identified, with the most critical machines being those belonging to the press subsystems, such as Dosing, Mixing, Kneading and Extrusion.

With the maintenance problems already identified in the process subsystems were established, a Preventive Maintenance Management System was designed, based on the maintenance methodology focused on RCM reliability, which is supported by tools such as the Mode Effect Analysis. Effect and Failure (AMEF) and the decision sheet. It resulted in a reduced stop time in 205 hours, the new MTTF achieved was 44.4 hours, so the MTTR was also reduced to 0,84 hours, so also the availability increased to 91,04%; and in terms of productivity with respect to time, it rises in comparison to that found in the initial diagnosis, so that with the improvement 394 bags of noodles/day will be produced, which represents 82,1% of the ideal.

Finally, in the Cost-Benefit analysis, a NPV of S /. 10 235.81 and an internal rate of return (IRR) of 13%, likewise, with the application of the RCM Preventive Maintenance Management System the company will earn S / 0.38 for each sun it invests, beginning to have liquid profits As of the sixth month, all this indicates that the implementation of the project is profitable and is accepted.

Keywords: Maintenance Management System, RCM, Productivity.

ÍNDICE

DEDICATORIA

EPÍGRAFE

AGRADECIMIENTO

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
I. INTRODUCCIÓN	14
II. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes del problema	17
2.2. Base teórica conceptual	20
2.2.1. Mantenimiento.....	20
2.2.2. Objetivos del mantenimiento.....	20
2.2.3. Clases de mantenimiento	20
2.2.4. Avería	20
2.2.5. Sistema de Gestión	21
2.2.6. Sistema de Mantenimiento	21
2.2.7. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).....	21
2.2.7.1. La Norma UNE 20812:1995 y el RCM.....	21
2.2.7.2. RCM y las 7 preguntas	22
2.2.8. Herramientas de apoyo del RCM	22
2.2.8.1. Análisis de criticidad	22
2.2.8.2. Diagrama de Pareto	24
2.2.8.3. Metodología de los 5 Por qué's.....	24
2.2.8.4. Análisis de Modo Efecto y Falla (AMEF) y procedimiento	24
2.2.8.5. Hojas de decisión RCM.....	29
2.2.9. Indicadores de gestión de mantenimiento	30
2.2.9.1. Confiabilidad - Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)	30
2.2.9.2. Mantenibilidad – Tiempo Promedio en reparar (MTTR).....	30
2.2.9.3. Disponibilidad	31
2.2.10. Productividad.....	31
2.2.11. Indicadores de Productividad	32

III. METODOLOGÍA.....	32
3.1. Tipo y diseño de investigación	32
3.2. Población, muestra y muestreo	32
3.3. Método: Diseño del SGM preventivo basado en el RCM	33
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
3.5. Técnicas de procesamiento de datos	34
3.6. Criterios de inclusión y exclusión	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1. Diagnóstico de la situación actual de la empresa.....	35
4.1.1. Aspectos generales de la empresa PERÚPAST	35
4.1.1.1. Misión:.....	36
4.1.1.2. Visión:	36
4.1.2. Diagnóstico del sistema de Producción	36
4.1.2.1. Producto, materiales e insumos	36
4.1.2.2. Costos de producción y utilidad del producto	39
4.1.2.3. Descripción del proceso de producción.....	40
4.1.3. Máquinas del proceso	45
4.1.4. Mano de obra.....	50
4.1.5. Suministro.....	51
4.1.6. Diagnóstico del Área de Mantenimiento	52
4.1.6.1. Diagnóstico de averías.....	52
4.1.6.2. Implicancia económica actual	59
4.1.7. Diagrama de Ishikawa	60
4.1.8. Evaluación de indicadores actuales de Gestión.....	61
4.1.8.1. Indicadores actuales de Mantenimiento	61
4.1.8.2. Indicadores de productividad	62
4.1.9. Resumen del diagnóstico inicial de indicadores de gestión	64
4.1.10. Matriz de Operacionalización de variables	65
4.2. Diseño del sistema de Gestión de mantenimiento preventivo RCM	66
4.2.1. Aplicación de la Metodología RCM y herramientas de apoyo	78
4.2.2. Elaboración de Planes de mantenimiento.....	98
4.2.3. Elaboración de Cronogramas de los planes de mantenimiento	104
4.2.4. Elaboración de un manual de Mantenimiento Preventivo.....	108
4.2.5. Evaluación de los Indicadores de gestión después de la propuesta de Mejora	115

4.2.5.1. Evaluación de nuevos indicadores de Gestión de Mantenimiento	115
4.2.5.2. Evaluación de los nuevos indicadores de Productividad.....	118
4.2.6. Cuadro comparativo de indicadores antes y después de la mejora.....	120
4.3. Análisis B/C del diseño del sistema de mantenimiento preventivo RCM.....	121
4.3.1. Costos de Inversión para de diseño del SGM.....	121
4.3.2. Ingresos y B/C después de la implementación	123
V. CONCLUSIONES	127
VI. RECOMENDACIONES	128
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
VIII. ANEXOS.....	131

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Modelo de Matriz de Criticidad	23
Tabla 2. Criterios de evaluación de criticidad	23
Tabla 3. Criterios para valoración de la Severidad	26
Tabla 4. Criterios para valoración de la Ocurrencia.....	27
Tabla 5. Criterios para valoración de la Detección	28
Tabla 6. Rangos de Valoración NPR.....	29
Tabla 7. Etapas y actividades del Sistema de Gestión de mantenimiento.....	33
Tabla 8. Valor nutricional de fideos Dominioni.....	37
Tabla 9. Costo de producción, precio de venta y utilidad del producto	39
Tabla 10. Especificaciones técnicas de la Prensa K600.....	46
Tabla 11. Remuneraciones mensuales por puesto de trabajo	51
Tabla 12. Consumo en soles de suministros.....	51
Tabla 13. Análisis de averías en el Sub-sistema eléctrico.....	53
Tabla 14. Análisis de averías en el Sub-sistema de Dosificado	53
Tabla 15. Análisis de averías en el Sub-sistema de Mezclado.....	54
Tabla 16. Análisis de averías en el Sub-sistema de Amasado.....	55
Tabla 17. Análisis de averías en el Sub-sistema de Extrusión	56
Tabla 18. Análisis de averías en el Sub-sistema de Cortado.....	57
Tabla 19. Tiempo total operativo en horas en el periodo 2016.....	58
Tabla 20. Pérdidas económicas por utilidades no percibidas, periodo 2016.....	59
Tabla 21. Tiempo destinado para la producción durante el Periodo 2016	61
Tabla 22. Pérdida de producción a causa de paradas, durante el periodo 2016	63
Tabla 23. Cuadro resumen de los indicadores actuales.....	64
Tabla 24. Matriz de Operacionalización de variables	65
Tabla 25. Sesiones de Capacitación del Sistema de Gestión	71
Tabla 26. Hoja de valoración de parámetros de criticidad	79
Tabla 27. Segmentación de los niveles de criticidad de los subsistemas	80
Tabla 28. AMEF del subsistema de Dosificado de la prensa k-600.....	82
Tabla 29. AMEF correctivo del subsistema de Dosificado de la prensa k-600	83
Tabla 30. AMEF del subsistema de Mezclado de la prensa k-600	84
Tabla 31. AMEF correctivo del subsistema de Mezclado de la prensa k-600	85
Tabla 32. AMEF del subsistema de Amasado de la prensa k-600	86
Tabla 33. AMEF de correctivo del subsistema de Amasado de la prensa k-600	87
Tabla 34. AMEF del subsistema de Extrusión de la prensa k-600.....	88
Tabla 35. AMEF correctivo del subsistema de Extrusión de la prensa k-600	89
Tabla 36. Determinación de MTTF por cada avería del Dosificador	90
Tabla 37. Hoja de decisión del subsistema de Dosificado de la prensa k-600.....	91
Tabla 38. Determinación de MTTF por cada avería del Mezclador	92
Tabla 39. Hoja de decisión del subsistema de Mezclado de la prensa k-600.....	93
Tabla 40. Determinación de MTTF por cada avería del Amasador	94
Tabla 41. Hoja de decisión del subsistema de Amasado de la prensa k-600	95
Tabla 42. Determinación de MTTF por cada avería del Extrusor.....	96

Tabla 43. Hoja de decisión del subsistema de Extrusión de la prensa k-600.....	97
Tabla 44. MTTR en averías del Dosificador, Mezclador, Amasado y Extrusado	98
Tabla 45. Plan de mantenimiento aplicando RCM para el subsistema de Dosificado.....	100
Tabla 46. Plan de mantenimiento aplicando RCM para el subsistema de Mezclado.....	101
Tabla 47. Plan de mantenimiento aplicando RCM para el subsistema de Amasado	102
Tabla 48. Plan de mantenimiento aplicando RCM para el subsistema de Extrusión.....	103
Tabla 49. Cronograma del plan de mantenimiento para el subsistema de Dosificado.....	104
Tabla 50. Cronograma del plan de mantenimiento para el subsistema de Mezclado.....	105
Tabla 51. Cronograma del plan de mantenimiento para el subsistema de Amasado	106
Tabla 52. Cronograma del plan de mantenimiento para el subsistema de Extrusión.....	107
Tabla 53. Número y tiempo para intervenciones anuales de mantenimiento por subsistema	115
Tabla 54. Número y tiempo para intervenciones anuales de mantenimiento por meses.....	116
Tabla 55. Reducción del tiempo de parada por mantenimiento preventivo.....	116
Tabla 56. Nueva producción mensual después de la mejora.....	119
Tabla 57. Resumen de indicadores de antes y después del diseño propuesto	120
Tabla 58. Inversión inicial para la gestión del SGM.....	121
Tabla 59. Costos de repuestos para mantenimiento	122
Tabla 60. Costo de inversión inicial para la implementación del S.G.M.....	122
Tabla 61. Costo de Mano de Obra del SGM	123
Tabla 62. Incremento de utilidades después de la mejora.....	123
Tabla 63. Evaluación económica: Flujo de Caja económico.	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la empresa	35
Figura 2. Fideo Rosca.....	37
Figura 3. Almacenaje de la harina.....	38
Figura 4. Colorante amarillo huevo.....	38
Figura 5. Bolsa de papel y cinta adhesiva.	39
Figura 6. Diagrama de Análisis de Proceso, Fideos Dominioni.....	40
Figura 7. Diagrama de recorrido, Fideos Dominioni	41
Figura 8. Etapa de secado.....	43
Figura 9. Etapa de enfriamiento.	43
Figura 10. Etapa de pesado y envasado.....	44
Figura 11. Almacenamiento de producto terminado.	44
Figura 12. Depósito de alimentación.....	45
Figura 13. Sistema de prensa - Prensa K600.....	46
Figura 14. Dosificador.....	47
Figura 15. Mezcladora.....	48
Figura 16. Amasadora	48
Figura 17. Troquel.....	49
Figura 18. Cuchilla cortapastas.	49
Figura 19. Cámaras de secado.	50
Figura 20. Organigrama en la Planta de producción.....	51
Figura 21. Operarios de producción revisando motor de extrusión y tablero eléctrico sin ser capacitados.	52
Figura 22. Motor eléctrico expuesto a la humedad, desorden y falta de limpieza de área de trabajo.....	52
Figura 23. Diagrama de Ishikawa de los principales problemas de la empresa.....	60
Figura 24. Segmentación de criticidad.	80

I. INTRODUCCIÓN

A la actualidad en el mundo de los negocios en el que se desenvuelven las empresas manufactureras del siglo XXI ha generado diversos escenarios, llevándolas por el único camino y objetivo de la mejora continua con la implementación de mejores prácticas, principios, estrategias y tecnologías de gestión (Ramos, 2012).

Las grandes industrias pretenden un sistema de mantenimiento que se encuentre de acuerdo a sus necesidades, en el Perú la corriente actual apunta a que la automatización sea una constante en las empresas cuya demanda se ha visto totalmente superada y se ven en la necesidad de recurrir al recurso máquina y tecnología para alcanzar sus objetivos. Sin embargo, no basta con tener equipos de mayor tecnología si no hay una correcta y confiable planificación del mantenimiento en los equipos. El Perú es el centro de inversiones más rentable de América del Sur desde hace más de 7 años, lo cual se refleja en la expansión de las empresas ya consolidadas en construir mejores y más grandes plantas (automatizadas) dentro de la industria nacional. La gestión del mantenimiento juega entonces un rol fundamental en cada organización pues es la que vela por el sostenimiento y vigencia de las plantas industriales (García, 2018).

De acuerdo a Cuatrecasas (2000) el mantenimiento Preventivo (PM), está dirigido a la prevención de averías y defectos, teniendo como objetivo básico la planificación de actividades de mantenimiento para evitar problemas posteriores de cualquiera de los seis grandes tipos de pérdidas. Comprende actividades diarias, semanales y quincenales de chequeos del equipo. Los trabajos más comunes se basan en revisiones totales o parciales, cambios de aceite, lubricaciones, limpieza y ajustes.

Moubray (2004) sostiene que el RCM permite determinar la forma más efectiva de manejar el mantenimiento y lo define como un proceso que sirve para asegurar que el activo físico continúe cumpliendo las funciones con los parámetros especificados por el usuario, teniendo como objetivo principal el aumento de la Confiabilidad con el costo más efectivo posible, se entiende por Costo efectivo al menor costo necesario para alcanzar la confiabilidad deseada y podría ser mayor que el que se tenía al principio. Actualmente, los sistemas que están dando resultados más eficaces para el logro de un rápido proceso de optimización industrial son el TPM (Mantenimiento Productivo Total), que busca el mejoramiento continuo de la productividad industrial con la participación de todos y el RCM (Mantenimiento

Centrado en la Confiabilidad), que optimiza la implementación del mantenimiento preventivo, basado en la determinación de la confiabilidad de los equipos.

La empresa PERUPAST, objeto de investigación se dedica a la producción de fideos en rosca, cuenta con máquinas semi-automatizadas para su proceso que están propensas a algún desperfecto o avería; es así que en el periodo 2016 la empresa registró 388,5 horas de parada de producción a causa de averías impactando de forma negativa económicamente, en consecuencia la empresa dejó de percibir en cuanto a utilidades la suma de S/. 135 198,0 soles.

De la disponibilidad de las máquinas solo se aprovechó el 81 % del tiempo programado de acuerdo al periodo de analizado. Así mismo la productividad en relación al tiempo es de 301 bolsas/día; expresado en porcentaje la productividad está en un 62,7 %; de igual forma la productividad antes de la mejora de cada subsistema de prensa fue de 50 bolsas/subsistema, todo esto dio indicios de que la planta no es confiable a un alto grado de funcionamiento.

Posterior al análisis del sistema productivo de la empresa, y con respecto al diagnóstico de los problemas que afectaban a la productividad que teníamos en frente, se formuló la siguiente interrogante:

“¿Cuál es el impacto en la productividad con el diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en la línea de producción de fideos de la empresa PERUPAST?”

Para García (2003) la productividad se mejora con la gestión de mantenimiento considerando los principios básicos de la confiabilidad de los activos con la aplicación de herramientas de clase mundial, enmarcadas en la metodología de RCM a fin de incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo de investigación fue: **Mejorar la productividad en la línea de producción de fideos de la empresa PERUPAST mediante el diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)**; para ello se realizó un diagnóstico inicial sobre la situación actual de la empresa referida al área de mantenimiento, y a partir de ello se diseñó un sistema de Gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad. De manera complementaria en el estudio se cuantificaron los beneficios que conlleva la implementación sistema de gestión referido.

El presente trabajo de investigación a parte de tener el impacto económico favorable para la empresa, tiene también otros impactos positivos como:

Académico, por ser el caso de este proyecto, lo bastante común en las empresas del sector de manufactura, se pretende que este trabajo sirva como referencia para otros casos de mejora a través de la temática presentada, y que estudiantes e ingenieros puedan usarlo como guía en su investigación.

Práctica, la mejora de la productividad permitió encontrar soluciones concretas a problemas de competitividad, productividad, que inciden en la producción y productividad. El resultado de la investigación ayudó a mejorar los procedimientos dentro del área de producción de la empresa.

Social, se mejoró la contribución del personal en los resultados, mediante su integración en el cumplimiento de objetivos de productividad y puesta en marcha de acciones de mejora, también el trabajo en equipo.

Teórica, el estudio de mejora de la productividad hizo que desarrollemos nuestra capacidad de investigador, para la resolución de problemas de eficiencia en la línea de producción.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Anbulselvan, Arunkumar, Guhan, Muruganatham y Rajesh (2014), en su estudio **“Optimization of productivity in agro industries using reliability centered maintenance”** buscan desarrollar el método de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) en el sector agroindustrial en India, siendo este país uno de los segundos productores de arroz más grandes del mundo. Casi el 70% de la población depende de agricultura y agroindustrias. El principal inconveniente de esta industria es el alto costo de mantenimiento y la baja producción.

El método propuesto es considerar una agroindustria y calcular tres meses de análisis diarios. La efectividad de este proyecto es comparar con el informe analítico anterior y el método RCM.

Finalmente la técnica RCM se utilizó para reducir el costo operativo y mantener el factor de potencia en agroindustrias. La implementación de este proyecto es calcular el informe de análisis diario de tres meses y el resultado estuvo por encima de la técnica y fue muy efectiva porque el costo es el valor nominal y la producción fue aumentada.

Mestas (2018) en su investigación **"Modelo de un de mantenimiento centrado en confiabilidad para equipos de electroforesis capilar de hospitales de lima"** abordó el siguiente problema ¿Cómo realizar el modelo de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para equipos de electroforesis capilar en los Hospitales de Lima?, aplicó el conocimiento científico del mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad y la efectividad global del equipo. En la primera etapa de la investigación se identificó el contexto operacional del equipo utilizando como métodos: evaluación-auditoría técnica con lista de chequeo y cuestionario-encuesta a personal, conociendo así la experiencia del operador, calidad de energía eléctrica y condiciones ambientales. En la segunda etapa de la investigación se elaboró el mantenimiento centrado en la confiabilidad utilizando como método el análisis de modo de fallas y efectos. En la tercera etapa se conoció la data registrada del equipo utilizando como método el análisis de la data registrada en el equipo. Producto del análisis de la data registrada en el equipo se vio que existe una disponibilidad del 55 % y una efectividad global del equipo de 46%; con el nuevo modelo de plan de mantenimiento se incrementara esta disponibilidad y efectividad global del equipo. Y en la última etapa donde se elaboró el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para equipos de electroforesis capilar obteniéndose las estrategias de mantenimiento y plan de

mantenimiento. El modelo del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad que se obtuvo fue muy importante para aumentar la vida útil del equipo y resultó económicamente rentable, la metodología usada se puede desarrollar y aplicar a cualquier tipo de instalación donde exista un equipo y/o máquina de cualquier rubro.

Vizcaíno (2016), en su investigación “**desarrollo de un plan modelo de mantenimiento para el funcionamiento adecuado de los equipos eléctricos y mecánicos de un edificio de oficinas en la ciudad de Cuenca**”, tuvo como objetivo el desarrollo de un plan modelo de mantenimiento para el funcionamiento adecuado de los equipos eléctricos y mecánicos de un edificio de oficinas de la empresa ETAPA E.P., en la ciudad de Cuenca. A través de la aplicación del método Proceso Analítico Jerárquico, se definió que el segundo criterio más importante es la planificación del mantenimiento, con un porcentaje de 17,7%. Como contribución para cumplir con aspectos importantes de la planificación, se plantea una metodología para la planificación del mantenimiento de edificios; el cual consta de cuatro criterios, empezando por el inventario de activos, análisis de criticidad, planificación del mantenimiento, control y mejora. El modelo fue aplicado a un edificio de ETAPA E.P., en la ciudad de Cuenca; cuya evaluación de la planificación de mantenimiento alcanzó un valor de 0,92% sobre 5,5%. Para mejorar la planificación, se recomienda la aplicación de la metodología que se plantea en este trabajo, así como el plan modelo de mantenimiento.

Campos, Tolentino, Toledo y Tolentino (2019), “**Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos**” en su investigación propone una metodología RCM aumentada, que además de incluir los pasos que señala la norma SAE JA1011, incluye algunos pasos adicionales que facilitan la aplicación. La metodología propuesta se obtuvo después de analizar las normas SAE JA1011 y SAE JA1012 para RCM, la metodología de análisis de modos de falla y efectos (FMEA por sus siglas en inglés) de la norma SAE J1739, la norma ISO 14224, la base de datos OREDA y algunos casos de estudio. Se obtuvo una metodología de RCM aumentada que incluye pasos adicionales tales como: recopilación de información, utilización de la norma ISO 14224 para uniformizar la información del equipo, utilización de bases de datos como OREDA para las causas de falla y la evaluación de efectos de falla para definir los números de prioridad de riesgo (NPR) y jerarquizar las fallas.

El análisis de modos y causas de falla desarrollado, aseguró un análisis estructurado contemplando las causas-raíz para aplicar de manera adecuada los diagramas de decisión de la norma SAE JA1012. Y finalmente la evaluación de los efectos de falla con NPR,

proporcionaron una visión rápida y clara de los efectos más importantes relacionados a las fallas del equipo, esto también se comprobó con el caso de aplicación, ya que se identificaron rápidamente los efectos de falla más importantes.

Llamba (2014) en su investigación “Elaboración del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) de la central hidráulica Illuchi N° 2”, afirma que el RCM se enfoca en ejecutar actividades necesarias para que las instalaciones puedan seguir cumpliendo con las exigencias del cliente. Tiene como objetivo aplicar esta metodología para reducir el mantenimiento y aumentar la confiabilidad de los equipos de la central hidráulica Illuchi N°2.

Al aplicar el RCM en la central hidráulica arroja que los activos más críticos son el estator, rotor y el transformador. Para hallar la disponibilidad se toman como datos los índices de disponibilidad e indisponibilidad existentes de los generadores, obteniendo como resultado un 99,8% para G1 y 99,86% para G2. Para el tiempo medio entre fallas (MTBF) global se obtuvo como resultado 2 919,6 (horas/falla) para G1 y 2 189,5 (horas/falla) para G2. En cuanto al cálculo del intervalo de búsqueda de falla (FFI) se tomó como datos el MTBF y la disponibilidad de los equipos, obteniendo como resultado 58,4% para G1 y 43,8% para G2; este cálculo se debe realizar cada 10 meses.

Finalmente, se concluyó con realización de un mantenimiento preventivo, realizando pruebas de termografía, ultrasonido y análisis de vibraciones a los equipos críticos, para poder disminuir la criticidad y cumplir la función de generar y suministrar energía, y así, de esta manera asegurar e incrementar la confiabilidad.

2.2. Base teórica conceptual

2.2.1. Mantenimiento

García (2003) define de forma habitual al mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento.

2.2.2. Objetivos del mantenimiento

Entre los objetivos que tiene el mantenimiento tenemos:

- Reducir los costes, esa reducción debe ser compatible con el nivel de disponibilidad requerido.
- Aumentar la disponibilidad de los equipos hasta el nivel precisado.
- Mejorar la fiabilidad de las instalaciones y las máquinas.

2.2.3. Clases de mantenimiento

Tradicionalmente, se han distinguido 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen:

- ***Mantenimiento correctivo:*** Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados por los usuarios.
- ***Mantenimiento preventivo:*** Es el mantenimiento que tiene por objetivo mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.
- ***Mantenimiento predictivo:*** Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad.
- ***Mantenimiento cero horas:*** Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente, de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva.

2.2.4. Avería

Como afirma Gómez (2012) avería es la incapacidad para realizar la función requerida de un elemento, debido a un estado interno; por tanto la avería es el resultado de un fallo, bien

del elemento mismo o de cualquier etapa precedente del ciclo de vida (especificación, diseño, fabricación, mantenimiento o mala utilización).

2.2.5. Sistema de Gestión

López (2012) se basa en la norma ISO 9000, para definir a un sistema de gestión como un conjunto de elementos que están relacionados mutuamente y que interactúan para finalmente formar políticas, objetivos y los procedimientos necesarios para alcanzar sus objetivos.

2.2.6. Sistema de Mantenimiento

Para Duffuaa, Raouf y Dixon (2012) un sistema de mantenimiento puede verse como un modelo de entradas y salidas; las entradas de dicho modelo son Mano de Obra, Administración, herramientas, equipos, etc., y la salida es un equipo confiable y bien configurado para lograr la operación planificada. Así mismo Duffuaa, define a la gestión de mantenimiento como el conjunto de actividades a través de las cuales un equipo o sistema se mantiene y/o restablece en un estado donde puede realizar sus operaciones. En tal sentido, al coordinar las actividades del mantenimiento bajo un esquema centralizado de dirección y una filosofía gerencial, se tiene lugar a la gestión de mantenimiento.

2.2.7. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Mounbray (2004) indica que el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), es un proceso que se utiliza para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

2.2.7.1. La Norma UNE 20812:1995 y el RCM

González (2014), hace mención a esta norma la cual describe técnicas de análisis de la fiabilidad de sistemas, para explicar la técnica de Análisis de los Modos de Fallo y de sus Defectos (AMEF), así como de su criticidad. Esta técnica se basa en hacer un proceso sistemático y documentado de análisis cualitativo que revisa y estudia en profundidad la fiabilidad de un sistema y sub-sistemas. Además esta norma proporciona una guía para su aplicación de forma que se consigan diversos objetivos de la siguiente forma:

- Proporcionando el procedimiento necesario para realizar un análisis.
- Especificando los términos apropiados, hipótesis, medida de criticidad y modos de Fallo.
- Determinando los principios básicos.

2.2.7.2. RCM y las 7 preguntas

De acuerdo con la norma SAE – JA 1011, un programa de RCM debe garantizar que siete preguntas básicas sean contestadas satisfactoriamente con la siguiente secuencia:

1. ¿Cuáles son las funciones principales y los parámetros asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer tales funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿De qué manera puede afectar cada tipo de fallas?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

El resultado de cada análisis de RCM, es una lista de responsabilidades de mantenimiento que permiten aumentar la confiabilidad, disponibilidad y rendimiento.

2.2.8. Herramientas de apoyo del RCM

2.2.8.1. Análisis de criticidad

García (2003) conceptualiza al análisis de criticidad como una de las metodologías que permite jerarquizar o priorizar procesos, sistemas y equipos creando una estructura para facilitar la toma de decisiones efectivas, direccionando esfuerzos de mejora a aquellas áreas donde sea más importante obtener mayor grado de confiabilidad operacional. Matemáticamente se expresa como:

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

La frecuencia se asocia al número de fallas que presenta el proceso evaluado y la consecuencia se relaciona con criterios fundamentales donde:

$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto operacional} \times \text{flexibilidad operacional}) + \text{Costo de mantenimiento} + \text{impacto a seguridad y ambiente} + \text{Dependencia logística de repuestos}$

La determinación de criticidad de una unidad o equipo se facilita utilizando una matriz de frecuencia por consecuencia; en la cual el eje vertical representa la frecuencia de fallas y el eje horizontal representa los impactos o consecuencias de los equipos de estudio. En la tabla 1, se muestra la matriz de criticidad para cada unidad o equipo.

Tabla 1
Modelo de Matriz de Criticidad.

Frecuencia	5	M	M	A	A	A
	4	M	M	A	A	A
	3	B	M	M	A	A
	2	B	B	M	M	A
	1	B	B	B	M	A
Consecuencia	1	2	3	4	5	

Fuente: García, 2003.

B: Criticidad Baja, Color Verde.

M: Criticidad Media, Color Amarillo.

A: Criticidad Alta, Color Rojo.

Tabla 2
Criterios de evaluación de criticidad.

Criterio		Puntaje
1. Frecuencia de fallas		
a.	Menos de una falla por año	1
b.	Entre 1 y 6 fallas por año	2
c.	Entre 7 y 12 fallas por año	3
d.	Entre 12 y 50 fallas por año	4
e.	Mayor a 50 fallas por año	6
2. Impacto Operacional		
a.	Parada total del equipo	10
b.	Parada del subsistema y repercute sobre otros	7
c.	Impacta en niveles de calidad	4
d.	No genera ningún efecto significativo	1
3. Dependencia logística de Repuestos		
a.	No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
b.	Hay opción de repuesto almacén	2
c.	Existe opción de producción y repuesto	1
4. Flexibilidad operacional – MTTR		
a.	Menos de 3 horas	1
b.	Entre 4 y 8 horas	2
c.	Entre 9 y 24 horas	4
d.	Más de 24 horas	6
5. Costo de Mantenimiento		
a.	Menos de 1 000 soles	1
b.	Entre 1 000 y 5 000 soles	2
c.	Entre 5 000 y 10 000 soles	3
d.	Mayor a 10 000 soles	6
6. Impacto a la seguridad		
a.	Afecta a la seguridad humana	8
b.	Afecta al ambiente e instalaciones causando daños severos	5
c.	Provoca daños menores al ambiente e instalaciones	3
d.	No provoca daños a personas o instalaciones	0

Fuente: Adaptado de Párra y Márquez.

2.2.8.2. Diagrama de Pareto

Nievel y Andris (2014) definen a este diagrama como una herramienta que categoriza los datos de forma descendente basándose en la frecuencia de la ocurrencia; con esto se explica que el 20% de los defectos son consecuencia del 80% de problemas existente y en los cuales se debe poner mayor interés de solución.

2.2.8.3. Metodología de los 5 Por qué s

Según Trías, Gonzales, Fajardo y Flores (2011), la metodología 5WH por sus sigla en inglés, consiste en contestar cinco preguntas básicas: qué (WHAT), por qué (WHY), cuándo (WHEN), dónde (WHERE), quién (WHO) y cómo (HOW). Esta herramienta se considera como una lista de verificación mediante la cual es posible generar estrategias para implementar una mejora.

2.2.8.4. Análisis de Modo Efecto y Falla (AMEF) y procedimiento

El AMEF está reflejado en la norma UNE 20812, esta norma puntualiza al AMEF como un método de análisis de fiabilidad que está dirigido a identificar aquellos fallos cuyas consecuencias afectan de manera significativa al funcionamiento del sistema en una aplicación determinada; ésta considera a las averías que pueden producirse en los componentes de un determinado sistema, pero, salvo excepciones a aportar por los que realizan el estudio, no tiene en sí mismo en cuenta la combinación de fallos cuya aparición simultánea puede pasar de ser una avería leve a un fallo catastrófico que impidiera al sistema dejar de cumplir su función.

De acuerdo a Moubray (2004) se puede establecer la siguiente serie de pasos para la elaboración del AMEF:

a. Determinar el proceso a analizar

AMEF de procesos

Para esto se debe establecer el flujo del proceso que se esté desarrollando, se empieza desde el abastecimiento de materia prima, el proceso de transformación hasta la entrega al cliente; por lo que se procura determinar aquellas áreas que sean sensibles a posibles fallas.

b. Establecer las fallas funcionales

Para cada área se debe identificar aquellos hechos que hacen que un activo no se desempeñe según los parámetros establecidos por sus usuarios.

c. Establecer los modos potenciales de falla

Para cada área sensible a fallas determinadas en el punto anterior se deben establecer los modos de fallas posibles. Modo de falla es la forma en que podría presentarse una falla. Entre ejemplos de modo de fallo tenemos por ejemplo un elemento roto, flojo, fracturado, equivocado, deformado, agrietado, mal ensamblado, fugas, mal dimensionado, etc.

d. Determinar el efecto potencial de la falla

Los efectos potenciales de fallas son definidos como los efectos de los modos de fallas como son percibidos por los clientes. Esto propone identificar, evaluar y registrar las consecuencias de cada modo de falla en el funcionamiento, función o estado de los elementos del sistema.

e. Determinar la causa de la falla

Se debe identificar y describir las posibles causas asociadas a cada modo fallo con el fin de estimar su probabilidad de aparición, descubrir efectos secundarios y prever acciones correctivas y preventiva recomendables. Debido a que un modo fallo puede tener más de una causa deben identificarse de manera independiente.

f. Describir las condiciones actuales

En este paso se debe anotar aquellos controles que se realizan actualmente y que se relacionan directamente con la prevención o detección de la causa de la falla.

g. Determinar el grado de severidad

Según la Automotive Industry Action Group (AIAG, 2008) en el manual de AMEF, se define a la Severidad como el valor asociado con el más serio efecto para un modo de falla dado. Severidad es de un rango relativo y dentro del alcance del AMEF individual. Para evaluar el grado de severidad se utiliza una escala de 1 a 10: el “1” indica una consecuencia sin efecto mientras que “10” indica que la consecuencia es grave.

Tabla 3
Criterios para valoración de la Severidad.

Criterio	Efecto	Rango
Puede poner en peligro al operador (equipo o ensamble) sin advertencia.	Falla en el cumplimiento con requerimientos de seguridad	10
Puede poner en peligro al operador (equipo o ensamble) con advertencia.		9
Puede ser que el 100% del producto se deseche. Paro de línea o paro de envíos	Interrupción Mayor	8
Puede ser que una proporción de la corrida de producción se deseche. Desviación del proceso primario incluyendo un decremento en la velocidad de la línea o adición de mano de obra.	Interrupción Significativa	7
Puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que re-trabajarse fuera de la línea y ser aceptada.	Interrupción Moderada	6
Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que re-trabajarse fuera de la línea y ser aceptada.		5
Puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que re-trabajarse en la estación, antes de ser procesada	Interrupción Moderada	4
Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que re-trabajarse en la estación, antes de ser procesada.		3
Leve o ligera inconveniencia al proceso, operación u operador.	Interrupción Menor	2
Sin efecto discernible.	Sin efecto	1

Fuente: AIAG, 2008.

h. Determinar el grado de Ocurrencia

La Ocurrencia es la probabilidad de que alguna causa específica de una falla ocurra. Para evaluar el grado de Ocurrencia se utiliza una escala de 1 a 10: el “1” indica una consecuencia sin efecto mientras que “10” indica que la consecuencia es grave.

Tabla 4
Criterios para valoración de la Ocurrencia.

Criterio	Probabilidad	Rango
Es muy improbable que suceda este fallo. Nunca ha ocurrido con anterioridad en procesos idénticos.	Remota	1
Sólo algunos fallos puntuales han sido verificados en procesos idénticos.	Muy baja	2
Fallos puntuales asociados a procesos idénticos.	Baja	3
Algunos procesos similares han experimentado fallos esporádicos, pero no en grandes proporciones.	Moderada	4-5-6
Procesos similares han tenido este fallo con bastante regularidad.	Alta	7-8
Con toda certeza aparecerá el error y de forma reiterada.	Muy alta	9-10

Fuente: AIAG, 2008.

i. Determinar el grado de Detección

Detección es el rango asociado con el mejor control de detección listado en la columna Controles de Detección. La detección es de un rango relativo dentro del alcance del AMEF individual. A fin de lograr un rango inferior, generalmente el control de detección planeado tiene que ser mejorado.

Para evaluar el grado de Detección se utiliza una escala de 1 a 10: el “1” indica una consecuencia sin efecto mientras que “10” indica que la consecuencia es grave.

Tabla 5
Criterios para valoración de la Detección.

Criterio	Probabilidad	Rango
Sin control de proceso actual; No Puede detectarse o no es analizado.	Casi Imposible	10
(Causa) del Modo de la Falla y/o Error no es fácilmente detectado (ej., auditorias aleatorias).	Muy Remota	9
Detección del Modo de Fallo posterior al procesamiento por el operador a través de medios visuales/táctiles/audibles.	Remota	8
Detección del Modo de la Falla en la estación por el operador a través de medios visuales/táctiles/ audibles o posterior al procesamiento con el uso de gages de atributos (pasa/no pasa, chequeo manual del torque/Llave con clic, etc.)	Muy Baja	7
Detección del Modo de la Falla posterior al procesamiento por el operador con el uso de gages de variables o en la estación por el operador con el uso de gages de atributos (pasa/no pasa, chequeo manual del torque/Llave con clic, etc.).	Baja	6
Detección (de las Causas) del Modo de la Falla o Error en la estación por el operador a través del uso de gages de variables o por controles automatizados en la estación que detecten la parte discrepante y notifiquen al operador (luz, timbre).	Moderada	5
Detección del Modo de la Falla posterior al procesamiento por controles automatizados que detectan la parte discrepante y aseguran la parte para prevenir algún procesamiento posterior.	Altamente Moderada	4
Detección del Modo de la Falla en la estación por controles automatizados que detectan la parte discrepante y aseguran automáticamente la parte en la estación para prevenir algún procesamiento posterior	Alta	3
Detección (de las Causas) del Error en la estación por controles automatizados que detectan el error y previenen que la parte discrepante sea hecha.	Muy Alta	2
Prevención (de las Causas) del Error como resultado del diseño de un dispositivo, diseño de la máquina o diseño de la parte.	Casi Cierta	1

Fuente: AIAG, 2008.

j. Calcular el valor del NPR

Este valor se obtiene de la multiplicación de la severidad, la ocurrencia y la detección de las fallas, estableciendo la prioridad con la que deben atacarse cada modo de fallo.

$$\text{NPR} = \text{SEVERIDAD} \times \text{OCURRENCIA} \times \text{DETECCIÓN}$$

De los valores obtenidos se prioriza con la siguiente escala:

Tabla 6.

Rangos de Valoración NPR.

500 – 1 000	Alto Riesgo de Falla
125 - 499	Riesgo de Falla Medio
1 - 124	Riesgo de Falla Bajo
0	No existe Riesgo de Falla

Fuente: AIAG, 2008.

Se debe realizar acciones recomendadas y por último se debe recalculer el grado de severidad, ocurrencia y detección; determinando el NPR.

En el anexo 1, se muestra el modelo de la hoja de información del AMEF.

2.2.8.5. Hojas de decisión RCM

La hoja de decisión R.C.M. es una herramienta empleada para registrar las respuestas a las preguntas del diagrama de decisión (ver anexo 2); y en función de dichas respuestas registrar:

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

La hoja de decisión está dividida en 16 columnas; las columnas F, FF y FM identifican el modo de fallo analizado. Las próximas 10 columnas se refieren a las preguntas del diagrama de decisión del RCM de modo que:

- Las columnas H,S,E,O y N son utilizadas para registrar las respuestas a preguntas referidas a las consecuencias de cada modo de fallo.
- Las 3 columnas siguientes H1, H2, H3, etc., registra si se ha seleccionado una tarea proactiva, así como el tipo de tarea.

- De ser necesario responder las preguntas a “falta de”, las columnas que están encabezadas con H4, H5 y S4 permiten registrar tales respuestas.
- Las últimas 3 columnas registran las tareas que fueron seleccionadas, la frecuencia con la que debe hacerse y quien es el responsable para realizar dicha tarea.

En el anexo 3, se muestra el formato de hoja de decisión empleada para esta investigación.

2.2.9. Indicadores de gestión de mantenimiento

2.2.9.1. Confiabilidad - Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)

Smith (2011) define a la confiabilidad como la capacidad de una instalación o sistema para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico; cabe resaltar que en un programa de optimización de Confiabilidad, es necesario el análisis de parámetros como lo es la confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos y la mantenibilidad y confiabilidad de los equipos.

Así mismo afirma que la confiabilidad operacional se aplica en los casos relacionados con:

- La elaboración y/o revisión de planes de mantenimiento.
- El establecimiento de alcances y frecuencias óptimas de paradas.
- Solución de problemas recurrentes en equipos e instalaciones que afectan los costos y la confiabilidad de las operaciones.
- Establecer procedimientos operacionales y prácticas de trabajo seguro.

El MTTF es el tiempo promedio que un equipo o máquina cumple su función sin interrupción debido a interrupciones por fallos. Resulta de dividir el tiempo total de operación entre el número de fallos.

La confiabilidad de una unidad productiva se caracteriza por el tiempo medio entre fallas (MTBF).

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de operación}}{\textit{Número total de fallos}}$$

2.2.9.2. Mantenibilidad – Tiempo Promedio en reparar (MTTR)

Se asocia a la ejecución del mantenimiento, es el tiempo en un equipo puede volver a estar disponible en condiciones óptimas de funcionamiento; comprende la siguiente fórmula:

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de restauración}}{\textit{Número total de fallos}}$$

2.2.9.3. Disponibilidad

Este indicador permite la estimación global en porcentaje (%) del tiempo total disponible en que un equipo se encuentra disponible para su funcionamiento, presenta la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo total de Parada}}{\text{Tiempo total disponible}}$$

2.2.10. Productividad

En García (2003) se describe como el grado de rendimiento con que se emplean los recursos que se disponen para lograr los objetivos predeterminados. La productividad no es medir la producción o la cantidad que se ha fabricado, es la medición de la eficiencia con que se han combinan y utilizan los recursos para lograr los resultados deseables.

Los índices de productividad se determinan a través de la relación producto – insumo, existen tres formas de incrementar dichos índices:

- i. Aumentar el producto y mantener el mismo insumo.
- ii. Reducir el insumo y mantener el mismo producto.
- iii. Aumentar el producto y reducir el insumo simultánea y proporcionalmente.

La productividad se determina mediante la siguiente formula:

$$P = \frac{\text{Resultados logrados}}{\text{Recursos empleados}}$$

Para García (2003) existe una variedad de parámetros que afligen a la productividad, sin embargo, se realiza un análisis de los factores conocidos como las “M” mágicas, de los cuales se tienen:

- ✓ Máquinas.
- ✓ Materiales.
- ✓ Medio ambiente.
- ✓ Hombres (Men).
- ✓ Mercados.
- ✓ Métodos.
- ✓ Dinero (Money).

2.2.11. Indicadores de Productividad

Por productividad se entiende la relación entre lo que se produce y lo que es requerido para producir. Se trata de la relación entre una producción y la totalidad de los medios empleados para realizarla

- Índice de Productividad – respecto al tiempo:

Se determina la productividad teniendo en cuenta la producción mensual y el tiempo se producción empleado, el resultado muestra la productividad en unidades producidas por hora (unid/hora).

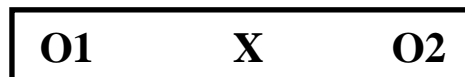
$$P_t = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo total de producción}}$$

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Aplicada: esta investigación es de tipo aplicada debido a que se aplicaron los conocimientos obtenidos en la práctica, los mismos que fueron obtenidos de investigaciones realizadas; a fin de obtener beneficios para la empresa PERUPAST SRL.

La investigación es aplicada y con diseño pre experimental.



Donde:

O1: medición pre-experimental de la productividad o antes de la implementación del sistema de mantenimiento.

X: Es el estímulo, implementación del Sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la productividad.

O2: medición post-experimental de la productividad o el después de la implementación del sistema de mantenimiento.

3.2. Población, muestra y muestreo

La presente investigación tuvo como población al sistema de producción comprendido por la prensa K600, mientras que la muestra son todos los subsistemas existentes en el mismo sistema, es en estos subsistemas donde se registraron averías durante la temporada de estudio, por tal razón no se realizó ningún tipo de Muestreo ya que la población es finita.

3.3. Método: Diseño del SGM preventivo basado en el RCM

El sistema de gestión de mantenimiento (SGM) preventivo se basó en la metodología RCM, siguiendo los lineamientos establecidos en la norma ISO 9001-2015, las etapas que comprende el sistema mencionado se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7
Etapas y actividades del Sistema de Gestión de mantenimiento.

Etapa	Actividad (es)
Diagnóstico	Se debe diagnosticar la situación actual relacionada al mantenimiento desarrollado por la empresa
Diseño	Abarca la elaboración de Política, objetivos, y actividades para lograr los objetivos. Se deben elaborar manuales de mantenimiento y procedimientos.
Lanzamiento	Comunicación, Capacitación.
Implementación	Se implementa lo diseñado y se realizan las acciones correctivas. Se realiza auditoria interna

Fuente: ISO 9001-2015.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a. Observación

Por medio de esta técnica se tomaron notas de campo observando y cuantificando los tiempos de las paradas de máquina, las cantidades de producto, la maquinaria, etc., que se utilizan en la producción. Este registro visual permitió clasificar y consignar los acontecimientos pertinentes de acuerdo con algún esquema previsto y según el problema que se estudió.

b. Consultas bibliográficas y Registro Interno

Se consultó material bibliográfico (tesis, libros, revistas, normas, etc.), así como también información obtenida de internet, etc.

Se consultó el acopio, ordenación, análisis y resumen de todos aquellos datos contenidos en los registros que la empresa posee de las diferentes operaciones internas que realiza, entre estos:

- Normas Peruanas, referidas al procesamiento de alimentos.
- Bibliografía complementaria: libros, revistas, etc.
- Videos referenciales.
- Manuales de las máquinas.

c. Entrevistas

Se realizaron las entrevistas correspondientes del proceso de producción, y se le consultaba constantemente al personal operativo y administrativo cuáles eran los problemas y/o puntos

críticos que ellos creían se podría mejorar; cuales eran los factores que a su criterio intervinieron en la baja producción, tiempos de parada de máquina, tiempos de trabajo, etc. Toda esta información se plasmó en un registro anecdótico para luego cotejarla con los datos obtenidos durante la observación.

3.5. Técnicas de procesamiento de datos

Para la presente investigación se recopilaron en manuscrito, datos cuantitativos y cualitativos de mucha importancia registrados provenientes del Área de Mantenimiento y de Administración. Todos estos datos adquiridos fueron analizados, contrastados, tabulados, codificados y registrados en una base de datos en tabla Excel y luego en indicadores, para posteriormente ser adecuados en tablas dinámicas, gráficos de barra, matriz de priorización, diagramas de procesos, para de ésta manera tener un más claro panorama de la situación de la empresa y evaluar las posibles soluciones.

3.6. Criterios de inclusión y exclusión

a) Criterios de inclusión

- ✓ La empresa PERUPAST otorgó todas las facilidades para la investigación, la toma de datos y fotos.
- ✓ PERUPAST necesita de una implementación de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la productividad en su línea de producción de fideos.

b) Criterios de exclusión

- ✓ Plantas industriales que están situadas lejos de la ciudad de Chiclayo.
- ✓ Plantas industriales que limitaron los ingresos a planta, con horarios cortos para el desarrollo de la investigación.
- ✓ Plantas industriales que restringieron el ingreso y/o uso de cámaras fotográficas, tampoco estaban dispuestos a brindar mucha información por temas de confidencialidad.
- ✓ Plantas industriales cuyas jefaturas no mostraban interés por un proyecto de mejora en su producción.

c) Criterios y normas éticas

- ✓ Se tomaron todas las precauciones necesarias para resguardar la confidencialidad de la información obtenida en la empresa donde se realizó la investigación.

- ✓ El apoyo solicitado a los trabajadores con respecto a la información, entrevistas, consultas, opiniones, siempre fue voluntaria y como una interacción social, sin provocar actitudes que los condicionen a otras respuestas.
- ✓ Parte de la información recibida por los trabajadores se mantuvo en el anonimato, para evitar exponerlos a ser perjudicados.
- ✓ La recolección de datos, los resultados y toda la información de la investigación son auténticos y originales; manteniendo el principio del valor de la verdad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnóstico de la situación actual de la empresa

4.1.1. Aspectos generales de la empresa PERÚPAST

La empresa PERUPAST S.R.L., cuyo nombre de producto es “FIDEOS DOMINIONI”, tiene como propietario y Gerente General al Sr. Gabriel Estela Delgado. La planta de producción cuenta con un área de 500 m² y está ubicada en Mz. L Lote 4 Urb. El Amauta (Km. 2.2 Vía de Evitamiento) La Victoria – Chiclayo – Lambayeque; y sus oficinas se encuentran situadas en Pj. Mariano Cornejo N° 350 Nuevo San Lorenzo – José Leonardo Ortiz – Chiclayo.

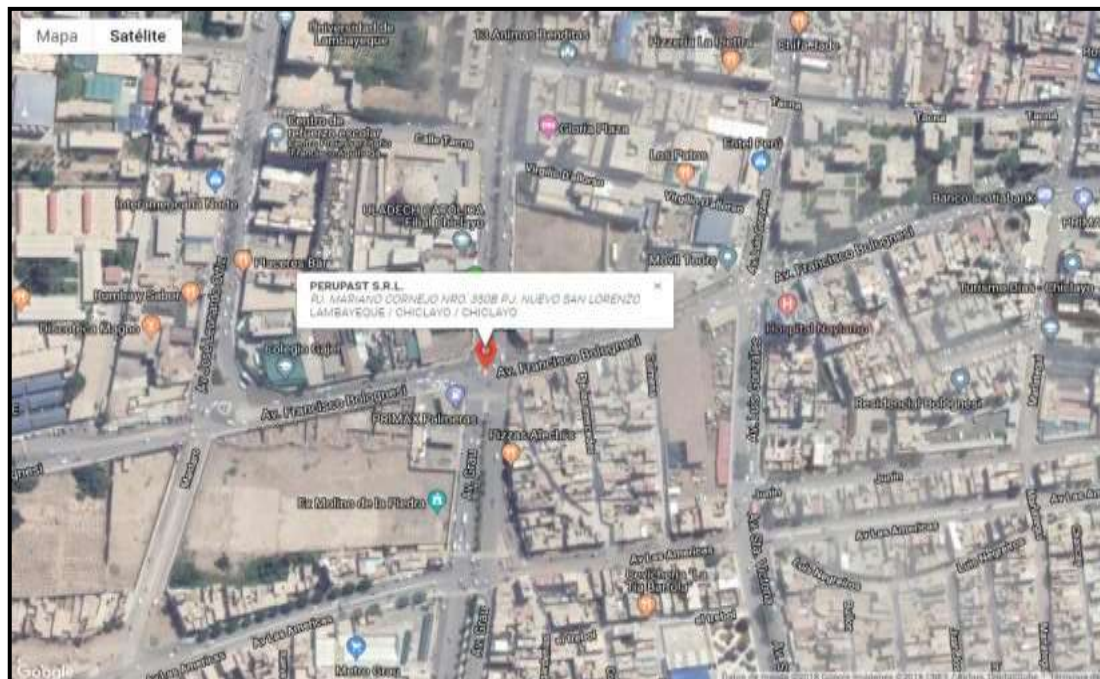


Figura 1. Ubicación de la empresa.

Fuente: Google Maps.

La empresa PERUPAST S.R.L. comercializa y distribuye su producto “Fideos Dominioni” en los mercados más cercanos como Mercado Moshoqueque, Mercado Modelo, y a comerciantes mayoristas de la ciudad.

Para la empresa es de carácter fundamental ofrecer productos alimenticios de la mejor calidad, con el claro objetivo de satisfacer las necesidades y expectativas de los consumidores; por ello su materia prima y demás insumos son de confiable procedencia.

En la empresa se es capaz de producir 480 bolsas/día o 60 bolsas/h, esta productividad se ve afectada por la frecuente existencia de averías ocurridas en las maquinas del proceso.

4.1.1.1. Misión

“PERUPAST S.R.L”, está comprometida a proveer a sus clientes productos certificados, los cuales garanticen inocuidad, calidad y alto valor nutricional. Además manifiesta su compromiso con sus colaboradores a quienes provee bienestar y con sus accionistas a quienes genera la utilidad esperada.

4.1.1.2. Visión

La empresa declara una visión con metas de crecimiento y consolidación de la marca mediante la diversificación de sus productos. De esta forma quiere lograr insertarse con éxito en el mercado cambiante; y desde una perspectiva creativa, aborda el mercado con metas retadoras y motivantes con las cuales está comprometida para beneficio de la empresa y de la sociedad en la cual opera.

4.1.2. Diagnóstico del sistema de Producción

4.1.2.1. Producto, materiales e insumos

a) Producto

En PERUPAST se producen fideos con la marca “Dominioni” en presentación de bolsas a granel de 10 kilos y a un valor venta de S/. 24,5; no contiene preservantes y tiene fecha de caducidad de 12 meses. Los fideos son de tipo Rosca Fina con un grosor de 1.8 mm, y de Rosca Gruesa con un grosor 2.2 mm.; se caracterizan por su longitud, son pastas secas alargadas y enroscadas de color característico amarillo huevo; estos fideos se procesan según la NTP lo indica, para obtener un producto de calidad y así ofrecer a sus clientes un alimento inocuo.



Figura 2. Fideo Rosca.
Fuente: PERUPAST S.R.L.

Estas pastas alimenticias son un alimento básico y sirven para la preparación y consumo de nuestra gastronomía.

Tabla 8
Valor nutricional de fideos Dominioni.

Información Nutricional (por cada 100 g.)	
Proteínas	11 g.
Carbohidratos	73 g.
Grasas	1.5 g.
Calorías	350 kcal
Hierro	3 mg.

Fuente: PERUPAST S.R.L.

El producto tiene las siguientes ventajas:

- ✓ La pasta por ser un alimento elaborado a base de harina de trigo, tiene un elevado contenido de carbohidratos que nos brinda calorías para realizar nuestras actividades llenos de energía.
- ✓ El aporte de grasas es muy bajo, además no contiene colesterol.
- ✓ El aporte de vitaminas y minerales.
- ✓ La pasta aporta también un porcentaje aceptable de fibra vegetal, lo que favorece el funcionamiento gastrointestinal.

b) Materiales e Insumos

○ Harina

La principal materia prima para la elaboración de fideos, es la harina; la misma que se obtiene en la molienda del grano de trigo limpio y puro, hasta que obtenga el grado adecuado de finura igual o menor que 180 μm .

En PERUPAST tienen como proveedor a COGORNO S.A., quienes desde Trujillo abastecen con harina especial fideera a un precio de S/. 87 soles el saco de 50 kilos. Los sacos de harina son apilados sobre parihuelas de madera, en un lugar fresco, bajo sombra y ventilado.



Figura 3. Almacenaje de la harina.

Fuente: PERUPAST S.R.L.

- **Agua**

En la empresa PERUPAST el agua es utilizada para el proceso de elaboración de fideos; previamente tratada y purificada, y luego se adiciona con la harina en la cantidad precisa, con el objeto de formar la masa de pasta y el amasado en la máquina respectiva.

La planta cuenta con dos tanques de 3000 litros de capacidad, este suministro es abastecido por EPSEL S.A.

- **Colorante Amarillo número 5**

Este colorante N° 5 color amarillo huevo es disuelto en el agua purificada, a una cantidad de 5 gramos por 1000 litros de agua durante 3 días; para luego ser agregado en el proceso de pre mezclado con la harina. En PERUPAST se consume colorante amarillo N°5 de las marcas MONTANA y BONEY, a un precio de S/. 30 soles el frasco de un kilo.



Figura 4. Colorante amarillo huevo.

Fuente: PERUPAST S.R.L.

- **Bolsas de papel y cinta adhesiva**

La empresa PERUPAST comercializa y distribuye su producto Fideos Dominioni a granel, y en bolsas de papel con capacidad de 10 kilos; luego de ser pesado, se cierra la bolsa con cinta adhesiva.



Figura 5. Bolsa de papel y cinta adhesiva.
Fuente: PERUPAST S.R.L.

- **Sacos de polipropileno**

La empresa PERUPAST presenta también a Fideos Dominioni en sacos de polipropileno con capacidad de 10 kilos, con la finalidad de proteger el producto de cuestiones climatológicas que se puedan suscitar.

4.1.2.2. Costos de producción y utilidad del producto

El costo de producción fue brindado por el gerente al momento de la entrevista, siendo este valor de S/. 18,7 soles para una bolsa a granel de 10 kg. Añadiendo a esto el precio de venta es de S/. 24,5 soles (ver anexo 4), de acuerdo a lo mencionado se obtiene una utilidad bruta de 5,8 soles por cada bolsa a granel que se vende; todo esto se especifica en la tabla 7.

Tabla 9
Costo de producción, precio de venta y utilidad del producto.

Producto	Costo de producción (S/.)	Precio de venta (S/.)	Utilidad (S/.)
Bolsa a granel de fideo de 10 kg	18,7	24,5	5,8

Fuente: PERUPAST S.R.L.

4.1.2.3. Descripción del proceso de producción

Para describir el proceso se empleó el diagrama de análisis de Proceso (DAP),

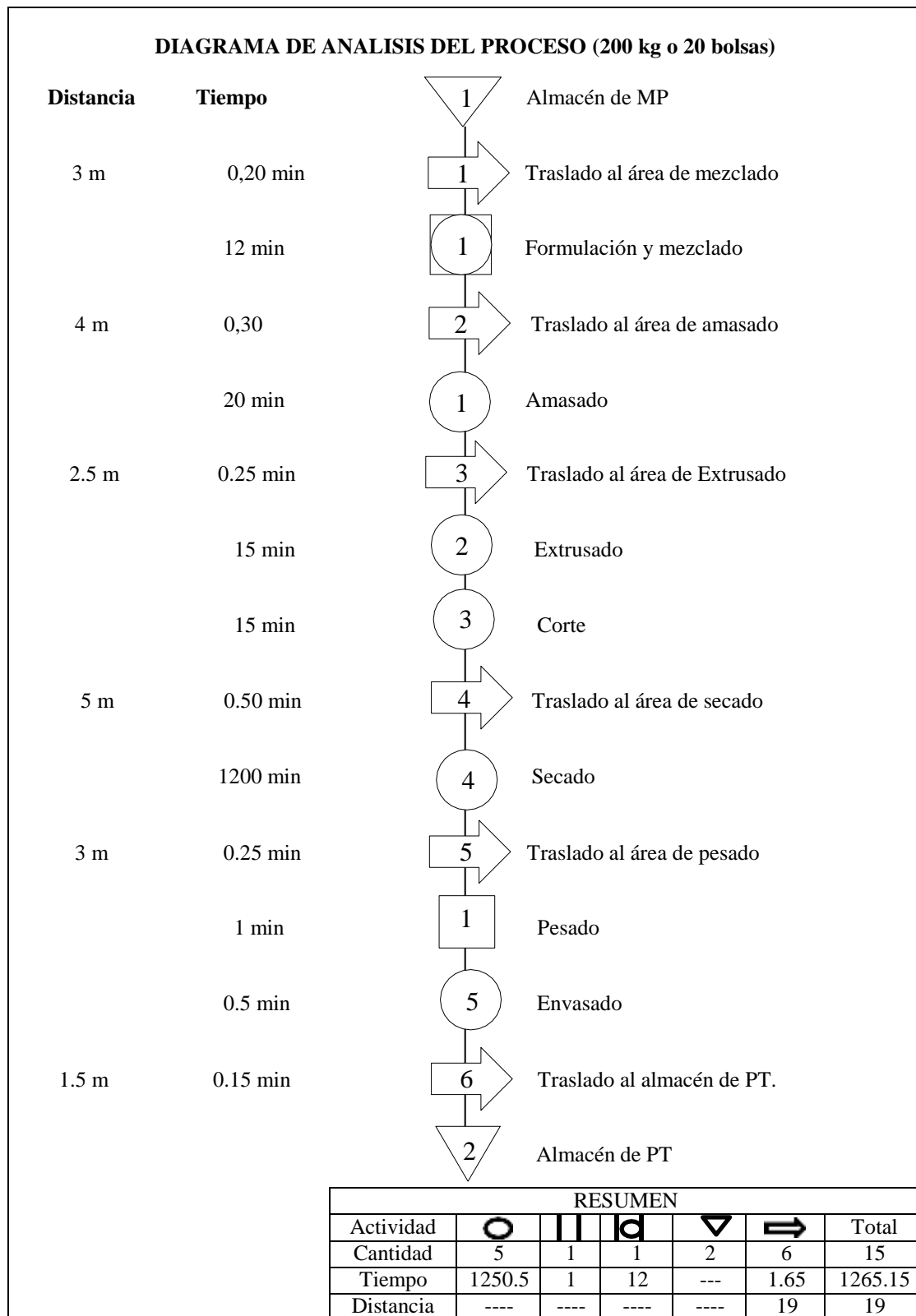


Figura 6. Diagrama de Análisis de Proceso, Fideos Dominioni.

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Diagrama de recorrido del proceso

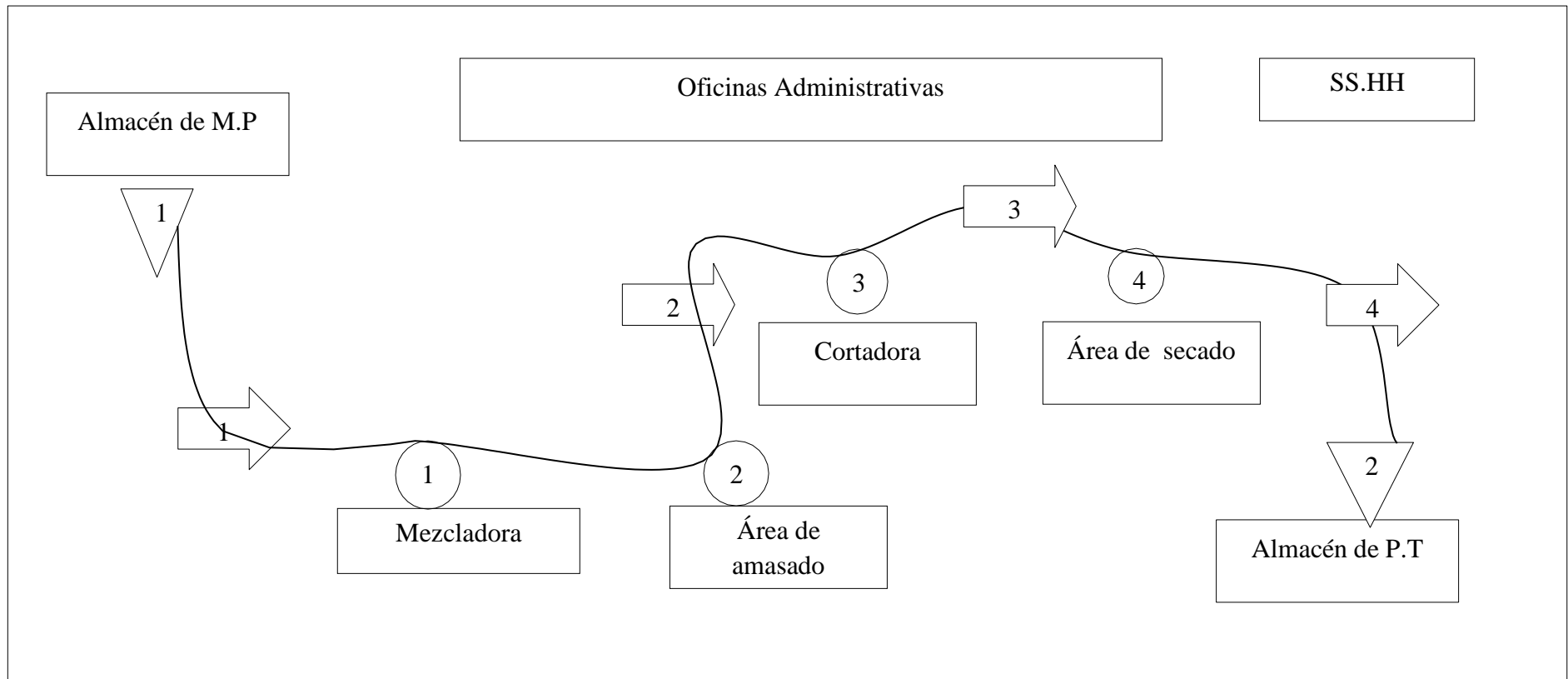


Figura 7. Diagrama de recorrido, Fideos Dominioni.

Fuente: PERUPAST S.R.L.

A continuación se describe el proceso de producción por de acuerdo a las etapas presentadas:

- **Alimentación de materia prima**

Este proceso comienza con el suministro de harina a la tolva de alimentación, para luego ser trasladada mediante una tubería con un sistema de bombeo hacia el ciclón. Tiene una capacidad para 600 kilos y se le suministra en intervalos de 1 hora.

- **Dosificación**

En esta etapa del proceso, la harina dentro del ciclón se dosifica y es rápidamente premezclada con agua y colorante en el pre-mix.

Las dosis son por cada 30 kilos de harina se agregan 8 litros de agua; y en el tanque por cada 1000 litros de agua se agregan 50 gramos de colorante n°5.

- **Mezclado**

Luego de haber dosificado la harina con el agua, estos se mezclan y forman una mezcla homogenizada; este subsistema posee un temporizador para garantizar el tiempo exacto de mezclado.

- **Amasado**

Este sistema cuenta con un sistema de vacío que elimina el aire y evita la oxidación de la masa. El objetivo de un buen amasado es evitar defectos en las pastas secas, como son las manchas blancas (la granulometría de estos ingredientes es muy importante y también su temperatura).

- **Moldeado o extrusión**

En esta etapa la masa es desplazada a presión por un tornillo sin fin, y sufre una extrusión en el troquel, dándole el trefilado a la masa. El troquel es una pieza matriz intercambiable que moldea la masa.

- **Cortado**

En esta etapa una cuchilla afilada corta la pasta que desciende trefilada del troquel; la cuchilla se acciona en intervalos de tiempo, debido a que es automatizada y trabaja con un temporizador.

- **Secado**

Esta operación es realizada en cámaras de secado que se asemejan a unos hornos, donde la pasta reposa en varias columnas de bastidores de madera. La pasta que llega a este proceso tiene una humedad de 75% y una temperatura de 45 °C; el tiempo de permanencia dentro de los secadores es de 20 horas, y su objetivo es disminuir el

contenido de humedad del producto hasta llegar al 12 o 13% de humedad, que permite a los fideos conservarse por tiempos prolongados durante el almacenamiento.



Figura 8. Etapa de secado.

Fuente: PERUPAST S.R.L.

○ **Enfriamiento**

Luego de las 20 horas en las cámaras de secado, las columnas de bastidores se desplazan a la sala de enfriamiento donde reposan por 30 minutos de ventilación.



Figura 9. Etapa de enfriamiento.

Fuente: PERUPAST S.R.L.

- **Envasado y Pesado**

Los operarios manualmente proceden a envasar y verificar el peso del producto a granel en presentación de 10 kilos y por ultimo sellar las bolsas con pegamento y cinta.



Figura 10. Etapa de pesado y envasado.

Fuente: PERUPAST S.R.L.

- **Almacenamiento**

Posteriormente las bolsas son almacenadas en un ambiente fresco y bajo sombra, con apilamiento de 10 bolsas como máximo y sobre parihuelas de madera.



Figura 11. Almacenamiento de producto terminado.

Fuente: PERUPAST S.R.L.

4.1.3. Máquinas del proceso

La línea de producción es semi-automatizada, y está comprendida por el sistema de prensa K600; además por razones de inocuidad toda la maquinaria es de acero inoxidable.

a) Depósito de alimentación

Es una tolva alimentada manualmente de harina para luego ser transportada por accionamiento de una bomba, y mediante un conducto de tubería hacia el subsistema de Dosificado; tiene una capacidad para 600 kg. Las dimensiones de la tolva son: 1.2 m (largo) x 1 m (ancho) x 0.8 m (altura); tiene acoplada una bomba accionada con motor eléctrico. Este equipo no presentó fallas en su operación, trabaja de manera regular y sin inconvenientes.

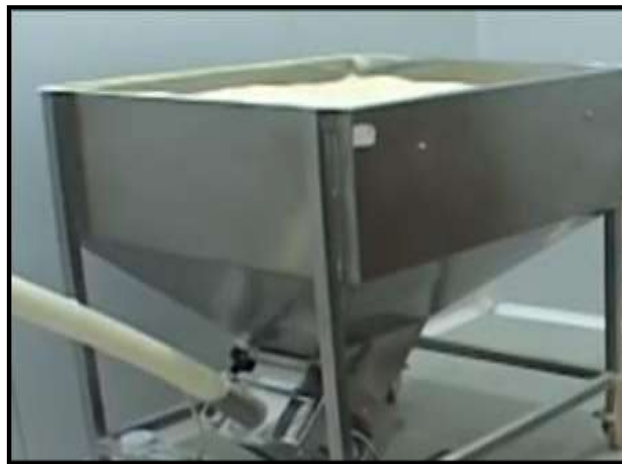


Figura 12. Depósito de alimentación.
Fuente: PERUPAST S.R.L.

b) Sistema de Prensa K600

En la figura 5 se observa el sistema de prensa, en el cual se realiza el proceso de transformación de materiales e insumos y finalmente obtener los fideos largos Dominioni, para luego pasar al sistema de secado.



Tabla 10

Especificaciones técnicas de la Prensa K600.

PRENSA K600		
Especificaciones técnicas		
Especificación	unidad	Valor
Peso	kg	2 750
Dimensiones (A x B x C)	mm	2 550 x 4 000 x 5 200
Diámetro de Trefiladora	mm	350
Potencia Instalada	kW	31
Capacidad de Producción	kg/h	600 < kg/h > 700
Antigüedad	años	5

Fuente: La Monferrina

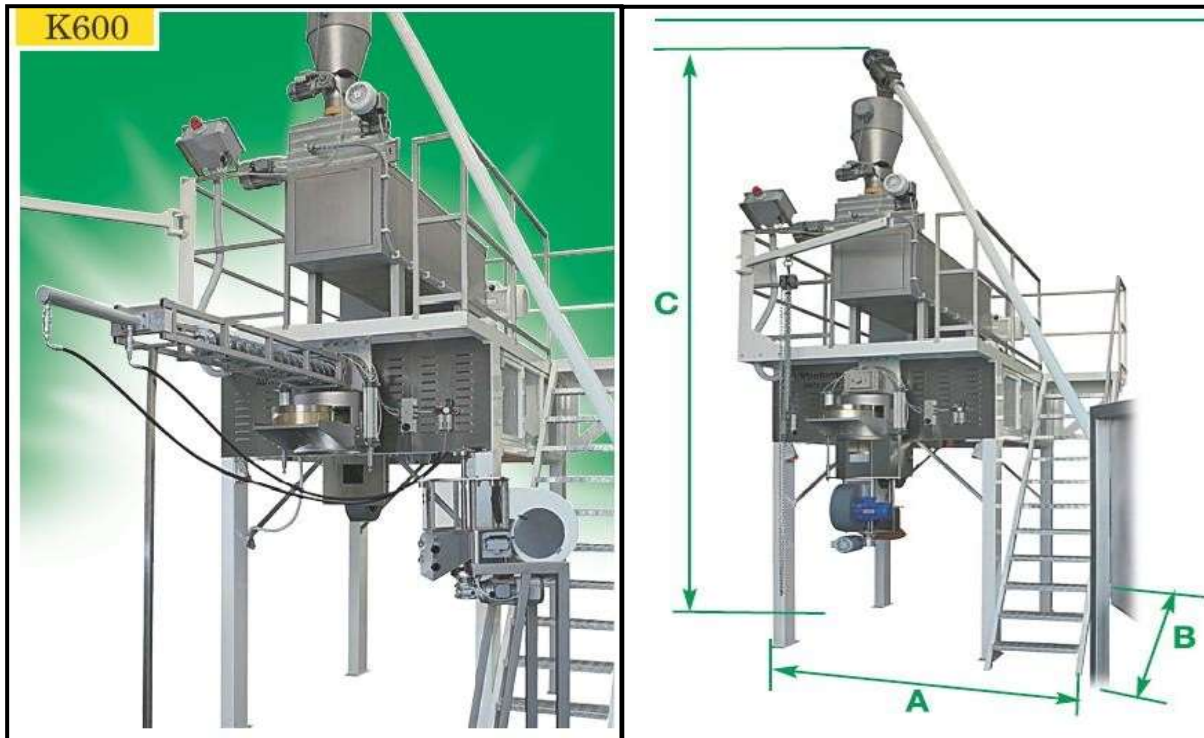


Figura 13. Sistema de prensa - Prensa K600.

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Esta máquina está conformada por una serie de componentes, descritos en subsistemas:

- **Subsistema – eléctrico**

Se le denominó así a las instalaciones eléctricas que presenta la prensa para su funcionamiento, llámese tableros eléctricos, motores eléctricos motoreductores, etc.

- **Subsistema - Dosificador**

Se encarga de suministrar la cantidad específica de harina al pre-mix; la harina desciende por un ciclón y el agua colorida es dosificada por medio de inyectores. Trabaja con un conjunto de manómetros y válvulas.

El dosificador junto con la mezcladora, amasadora, extrusora - trefiladora y el cortapastas, forman un solo componente que es de fabricación italiana y se llama Prensa K600 – La Monferrina; es completamente automatizada y de material salubre en acero inoxidable. Su capacidad de producción es de 600 kg/hora. La ventaja de este grupo de máquinas (Prensa K600), es que trabaja de manera sincronizada como si fuera un solo componente, Otra importante ventaja es la facilidad para poder realizarse el mantenimiento preventivo, ya que de manera muy práctica se puede desmontar y acceder a la falla.



Figura 14. Dosificador.
Fuente: PERUPAST S.R.L.

- **Subsistema - Mezclador**

Es una cabina simple conformada por un eje central con paletas revolventoras para realizar el mezclado homogéneo; el eje central es accionado por un motor eléctrico con reductor.



Figura 15. Mezcladora.

Fuente: PERUPAST S.R.L.

- **Subsistema - Amasado**

Es una cabina hermética que cuenta con un sistema de vacío, está conformada por dos ejes de alta rotación que están sincronizados entre sí por engranajes, y que son accionados por un motor reductor.



Figura 16. Amasadora.

Fuente: PERUPAST S.R.L.

- **Subsistema – Extrusor/Trefilado**

Un tornillo sin fin es accionado por un motor para empujar la masa, mientras se realiza la extrusión en el troquel o trefiladora.



Figura 17. Troquel.
Fuente: PERUPAST S.R.L.

- **Subsistema - Cortapastas**

Es una cuchilla afilada y giratoria que se acciona en determinado tiempo mediante un temporizador.



Figura 18. Cuchilla cortapastas.
Fuente: PERUPAST S.R.L.

c) Cámaras de secado u Horno

Hornos que en su interior circula vapor a una temperatura de 45° C para secar la pasta húmeda, facilitan esta acción unos ventiladores para circular y homogenizar el calor en toda la cámara.



Figura 19. Cámaras de secado.
Fuente: PERUPAST S.R.L.

4.1.4. Mano de obra

La empresa PERUPAST cuenta con una planilla de 09 trabajadores en la planta de fideos, tienen una jornada diaria de 8 horas, los días domingos y feriados no son laborables. El horario es de lunes a viernes desde las 08:00 am hasta las 05:00 pm, con una hora de refrigerio que se alternan los trabajadores.

Mano de Obra Calificada:

1. Jefe de Planta: Ingeniero de Industrias Alimentarias con 08 años de experiencia.
2. Capataz: Técnico empírico homologado con más de 25 años de experiencia en producción; tiene a su cargo toda la línea de producción y los cinco operadores.
3. Técnico: Técnico de mantenimiento, con 06 años de experiencia; tiene a cargo el mantenimiento mecánico y eléctrico de la planta.
4. Almacenero: Técnico en administración, con 02 años de experiencia en logística; tiene a cargo la recepción de insumos y el despacho del producto terminado.

Mano de Obra No Calificada:

5. Operadores (05): No cuentan con estudios superiores, solo fueron capacitados para operar las máquinas y/o los equipos mediante pulsadores en el tablero de control.

El organigrama en la Planta de producción es el siguiente:

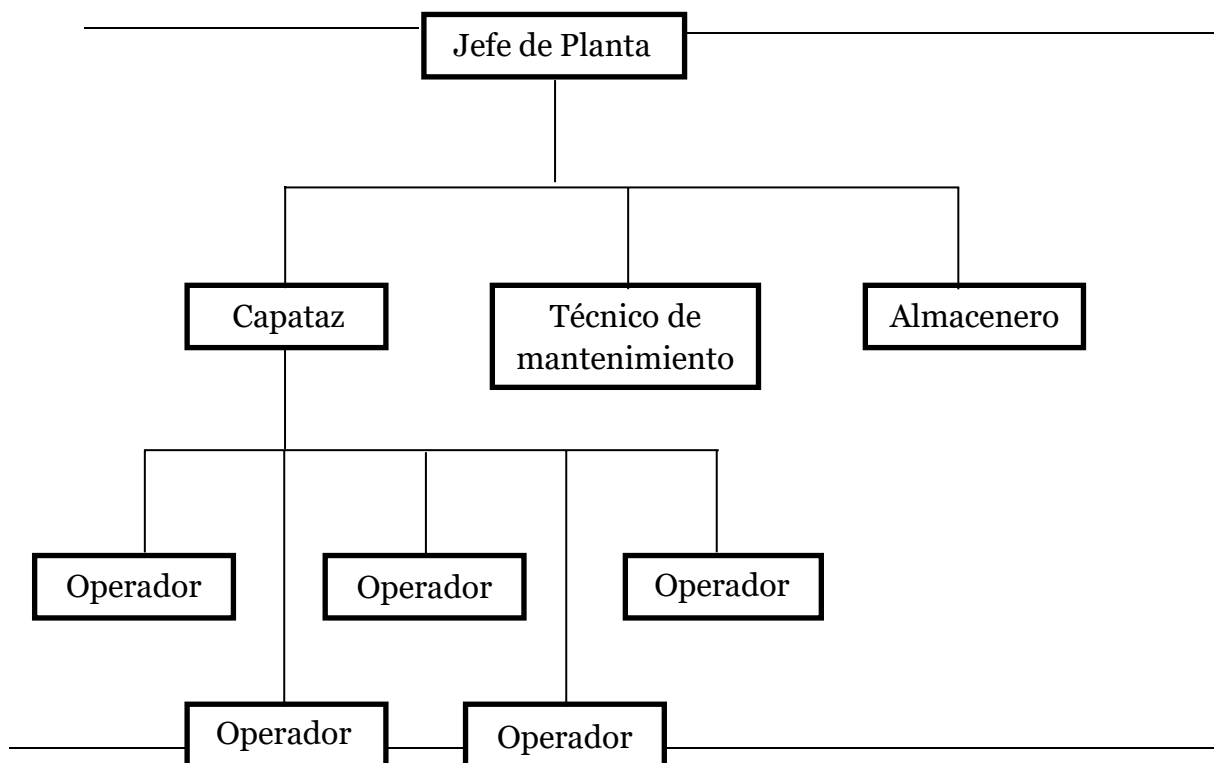


Figura 20. Organigrama en la Planta de producción.

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Según planilla de remuneraciones, el sueldo de los trabajadores en la planta de PERUPAST está categorizado según los cargos que desempeñan.

Tabla 11
Remuneraciones mensuales por puesto de trabajo.

Puesto	Remuneración
Jefe de Planta	S/. 2'300.00
Capataz	S/. 1'600.00
Técnico de mantenimiento	S/. 1'500.00
Almacenero	S/. 1'000.00
Operadores (5)	S/. 900.00

Fuente: PERUPAST S.R.L.

4.1.5. Suministro

La empresa PERUPAST tiene como proveedor del suministro de agua a EPSEL S.A., y como proveedor del suministro de energía trifásica de 380 voltios a ELECTRONORTE S.A., su consumo mensual es el siguiente:

Tabla 12
Consumo en soles de suministros.

Suministro	Proveedor	Consumo mensual
Energía 380 V	ELECTRONORTE S.A.	S/. 2'400.00
Agua	EPSEL S.A.	S/. 320.00

Fuente: PERUPAST S.R.L.

4.1.6. Diagnóstico del Área de Mantenimiento

El área de mantenimiento de la empresa no cuenta con personal suficiente, información que se comprueba con el organigrama mostrado en la figura 19, tan solo cuenta con un técnico quien da solución a los problemas presentados en los equipos; este a la vez se apoya de los operarios de producción quienes no cuentan con capacitaciones y sus acciones son realizadas empíricamente.



Figura 21. Operarios de producción revisando motor de extrusión y tablero eléctrico sin ser capacitados.

Fuente: PERUPAST S.R.L.



Figura 22. Motor eléctrico expuesto a la humedad, desorden y falta de limpieza de área de trabajo.

Fuente: PERUPAST S.R.L.

4.1.6.1. Diagnóstico de averías

Sistema; Prensa K600, en el cual se desarrolla todo el proceso de transformación de Materia prima e insumos. **Sub-sistemas:** eléctrico, dosificador, mezclador, amasador, extrusor y cortador; es en estos subsistemas en donde por lo general ocurren averías, originando paradas

de proceso afectando la calidad, la seguridad y genera pérdidas económicas. En la tabla 13, se detallan las averías ocurridas con respecto al *sub-sistema eléctrico* durante el periodo 2016.

Tabla 13
Análisis de averías en el Sub-sistema eléctrico.

Mes	Avería	N° de averías	Tiempo de parada (h)
Febrero	No pasa corriente eléctrica hacia los motor-reductores por contactores sucios	1	2
Junio	No pasa corriente eléctrica hacia los motor-reductores por contactores sucios	1	1,5
	Falso contacto e incremento de amperaje por tornillería floja de guardamotor	1	2,5
Agosto	No pasa corriente eléctrica hacia los motor-reductores por contactores sucios	1	2,5
	Falso contacto e incremento de amperaje por tornillería floja de guardamotor	1	3

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Por consiguiente, en la tabla 14, se detallan las averías ocurridas con respecto al *sub-sistema de dosificado* durante el periodo 2016.

Tabla 14
Análisis de averías en el Sub-sistema de Dosificado.

Mes	Avería	N° de averías	Tiempo de parada (h)
Enero	Atoramiento de tubos de succión de harina.	1	3,5
	Deterioro en la transmisión de motor/dosificador de vitamina.	2	6
Abril	Perdida de exactitud del manómetro.	2	4
	Fugas de agua por la válvula de paso.	1	4
	Deterioro en la transmisión de motor del tornillo sinfín.	3	12,5
	Desgaste del rodamiento del tornillo sinfín.	1	4
Mayo	Atoramiento de tubos de succión de agua.	1	3
	Desgaste de sellos de motor - dosificador de vitamina.	1	4
	Motor del tornillo sinfín no arranca.	2	5,5
	Deterioro en la transmisión de motor/dosificador de vitamina.	1	3
Julio	Deterioro en la transmisión de motor del tornillo sinfín	2	7,5
	Atoramiento de tubos de succión de agua	2	5
	Desgaste de sellos de motor de tornillo sin fin	1	5
	Atoramiento de tubos de succión de harina	2	7,5
Septiembre	Fugas de agua por la válvula de paso	1	4
	Motor del tornillo sinfín no arranca	2	5,5
Octubre	Pérdida de exactitud del manómetro	2	2,5
	Motor del tornillo sinfín se quemó	1	6

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Así mismo, en la tabla 15, se detallan las averías ocurridas con respecto al *sub-sistema de Mezclado* durante el periodo 2016.

Tabla 15
Análisis de averías en el Sub-sistema de Mezclado.

Mes	Avería	N° de averías	Tiempo de parada (h)
Febrero	Motor de bomba de agua se quemó	1	6
	Ruptura de casquillos de la cadena	1	4
Marzo	Existencia de vibraciones de la chumacera	2	3,5
	Fugas de agua en los sellos de la bomba de agua	2	8
Abril	Cortocircuito en la conexión de la bomba de agua	1	4
	Deterioro en la transmisión del motor - mezclador	1	3
	Deterioro en la transmisión del Motor - capsulismo	2	7
Junio	Desgaste de dientes de catarina	1	3
	Fugas de agua por válvula de paso de agua	1	3,5
	Desalineación de catarina	1	4
Agosto	Motor del capsulismo no arranca	1	3
	Deterioro en la transmisión del motor - mezclador	1	3
	Existencia de vibraciones de la chumacera	2	3,5
	Cortocircuito en la conexión de la bomba de agua	1	4
Septiembre	Deterioro en la transmisión del motor - mezclador	1	3
	Fugas de agua en los sellos de la bomba de agua	1	3
	Motor del capsulismo no arranca	1	3
Noviembre	Desgaste de rodamiento de la bomba de agua	1	4
	Desgaste de rodamiento de chumacera	1	4
	Desgaste de rodamiento del motor - mezclador	1	4,5
	Deterioro en la transmisión del Motor - capsulismo	2	7
Octubre	Fugas de agua en los sellos de la bomba de agua	1	3
	Desalineación de catarina	1	4
Diciembre	Ruptura de casquillos de la cadena	1	4
	Fugas de agua por válvula de paso de agua	1	3,5

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Del mismo modo en la tabla 16, se detallan las averías ocurridas con respecto al *sub-sistema de Amasado* durante el periodo 2016.

Tabla 16
Análisis de averías en el Sub-sistema de Amasado.

Mes	Avería	N° de averías	Tiempo de parada (h)
Febrero	Motor de amasado no arranca	1	3
	Deterioro en la transmisión del motor - amasado	1	3
	Generación de fuertes ruidos en la chumacera	2	4
Marzo	La presión del presostato no coincide con la escalada	1	1,5
	Deterioro en la transmisión del motor - amasado	1	2,5
	Aflojamiento de tornillos de chumacera	1	1,5
Mayo	Desgaste de rodamiento de chumacera	1	4
	Deterioro en la transmisión del motor - amasado	1	2,5
	La presión del presostato no coincide con la escalada	1	2
Junio	Motor del amasado no arranca	1	4
	Aflojamiento de tornillos de chumacera	2	2,5
	Desalineación del eje del tornillo sin fin	3	9
	La presión del presostato no coincide con la escalada	1	2
Agosto	Deterioro en la transmisión del motor - amasado	1	2
	Motor del amasado no arranca	1	4
	Generación de fuertes ruidos en la chumacera	2	4
Septiembre	La presión del presostato no coincide con la escalada	1	2
	Desalineación del eje del tornillo sin fin	3	9
	Aflojamiento de tornillos de chumacera	2	3
Noviembre	La presión del presostato no coincide con la escalada	2	3,5
	Motor del amasado se quemó	1	4

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Así también, en la tabla 17, se detallan las averías ocurridas con respecto al *sub-sistema de Extrusión* durante el periodo 2016.

Tabla 17
Análisis de averías en el Sub-sistema de Extrusión.

Mes	Avería	N° de averías	Tiempo de parada (h)
Enero	Ruptura de puntos de soldadura del tornillo sin fin	1	2
	Ruptura de casquillos de cadena	2	7
	Aflojamiento de tornillos de la chumacera	1	2
	Vibración anormal de motor extrusor	1	2
	Desgaste de dientes de Catarina	1	2,5
Marzo	Desalineación de tornillo si fin	1	2
	Motor-extrusor no arranca	2	6
	Motor-extrusor se quemó	1	7
Abril	Aflojamiento de tornillos de la chumacera	1	2
	Deterioro en la transmisión de motor - extrusor	1	4
	Desgaste de casquillos de cadena	1	3
	Motor-extrusor no arranca	1	3
Julio	Desalineación de tornillo si fin	1	2,5
	Ruptura de puntos de soldadura del tornillo sin fin	1	2
	Desgaste de dientes de Catarina	1	2,5
Agosto	Aflojamiento de tornillos de la chumacera	1	2
	Motor-extrusor no arranca	1	3
	Despintado del tornillo sin in	1	5
	Desgaste de rodamiento de la chumacera	1	4
Diciembre	Desalineación de tornillo si fin	1	1,5
	Vibración anormal de motor extrusor	1	2

Fuente: PERUPAST S.R.L.

De igual forma en la tabla 18, se detallan las averías ocurridas con respecto al *sub-sistema de Cortado* durante el periodo 2016.

Tabla 18
Análisis de averías en el Sub-sistema de Cortado.

Mes	Avería	N° de averías	Tiempo de parada (h)
Marzo	No pasa energía eléctrica para accionar motor	2	4
	El temporizador no responde a su funcionalidad	3	4
	Motor no arranca	1	2,5
Mayo	Desgaste de cuchillas	1	3
	Deterioro en la transmisión del motor	1	3
	Motor no arranca	1	2
	No pasa energía eléctrica para accionar motor	1	2
	Desgaste de sellos del motor	1	4
Agosto	Deterioro en la transmisión del motor	1	2,5
	El temporizador no responde a su funcionalidad	2	3,5
	Motor no arranca	1	2,5
Noviembre	El temporizador no responde a su funcionalidad	2	5
	No pasa energía eléctrica para accionar motor	2	4

Fuente: PERUPAST S.R.L.

En la tabla 19 se resumen las horas de parada mensualmente por cada subsistema encontrado y el tiempo total de paradas ocurridas en el periodo 2016.

Tabla 19
Tiempo total operativo en horas en el periodo 2016.

Mes	Sub-sistema	Número de Averías	Tiempo en reparar (h)	Subtotal del Tiempo en reparar (h)
Enero	Dosificador	3	9,5	25
	Extrusor	6	15,5	
Febrero	Eléctrico	1	2	18
	Mezclador	1	6	
	Amasador	4	10	
Marzo	Mezclador	5	15,5	45
	Amasador	2	4	
	Extrusor	4	15	
	Cortadora	6	10,5	
Abril	Dosificador	7	24,5	50,5
	Mezclador	4	14	
	Extrusor	4	12	
Mayo	Dosificador	5	15,5	39,5
	Amasador	4	10	
	Cortadora	5	14	
Junio	Eléctrico	2	4	32
	Mezclador	3	10,5	
	Amasador	7	17,5	
Julio	Dosificador	8	25	32
	Extrusor	3	7	
	Eléctrico	2	5,5	
Agosto	Mezclador	5	13,5	47,5
	Amasador	2	6	
	Extrusor	4	14	
	Cortadora	4	8,5	
Septiembre	Dosificador	4	12	27
	Mezclador	3	9	
	Amasador	3	6	
Octubre	Dosificador	1	6	9
	Mezclador	1	3	
Noviembre	Mezclador	5	19,5	48
	Amasador	8	19,5	
	Cortadora	4	9	
Diciembre	Mezclador	3	11,5	15
	Extrusor	2	3,5	
Total		135	388,5	388,5

Fuente: PERUPAST S.R.L.

4.1.6.2. Implicancia económica actual

En la tabla 20, se muestra que el valor monetario de las utilidades no percibidas en el periodo 2016, a causas de averías en los subsistemas que comprenden el proceso de producción, alcanzando un valor de S/. 135 198,00 soles.

Tabla 20
Pérdidas económicas por utilidades no percibidas, periodo 2016.

Mes	Tiempo en reparar (h)	Capacidad de Producción (Bolsas/h)	Utilidad (S./Bolsa)	Perdidas en S/.
Enero	25,0	60,0	5,8	8 700,0
Febrero	18,0	60,0	5,8	6 264,0
Marzo	45,0	60,0	5,8	15 660,0
Abril	50,5	60,0	5,8	17 574,0
Mayo	39,5	60,0	5,8	13 746,0
Junio	32,0	60,0	5,8	11 136,0
Julio	32,0	60,0	5,8	11 136,0
Agosto	47,5	60,0	5,8	16 530,0
Septiembre	27,0	60,0	5,8	9 396,0
Octubre	9,0	60,0	5,8	3 132,0
Noviembre	48,0	60,0	5,8	16 704,0
Diciembre	15,0	60,0	5,8	5 220,0
Total	388,5	48,0	5,8	135 198,0

Fuente: PERUPAST S.R.L.

4.1.7. Diagrama de Ishikawa

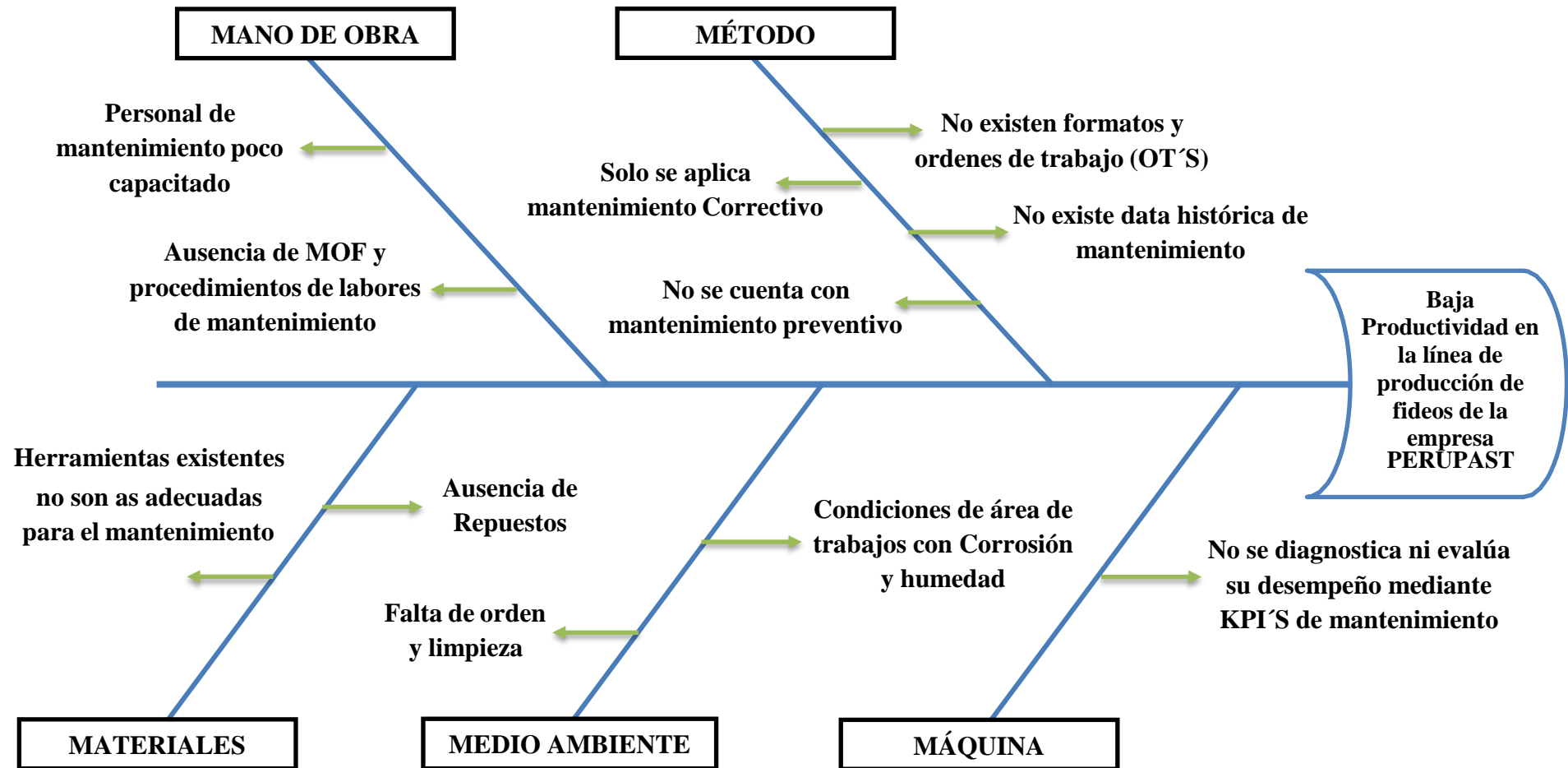


Figura 23. Diagrama de Ishikawa de los principales problemas de la empresa.

4.1.8. Evaluación de indicadores actuales de Gestión

4.1.8.1. Indicadores actuales de Mantenimiento

Para la determinación de los indicadores tales como confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, se optó por saber cuál es el tiempo total de producción, el tiempo operativo hasta el fallo y el tiempo promedio de reparación para los fallos.

- **Tiempo total de producción – 2016**

En la empresa PERUPAST S.R.L., se trabajan 26 días al mes, 8 horas al día y los 12 meses al año, a este tiempo se restan los feriados y 4 días al mes para realizar limpiezas superficiales tanto a hornos, prensa, silos y demás instalaciones. De lo explicado se determinó que la empresa dispuso de 2 048 horas para la producción durante el año 2016.

Tabla 21

Tiempo destinado para la producción durante el Periodo 2016.

Mes	Tiempo laborable (Días)	Tiempo para limpieza superficial (Días)	Tiempo destinado a la producción (Días)	Subtotal tiempo destinado a la producción (h)
Enero	25	4	21	168
Febrero	25	4	21	168
Marzo	25	4	21	168
Abril	26	4	22	176
Mayo	26	4	22	176
Junio	25	4	21	168
Julio	24	4	20	160
Agosto	26	4	22	176
Septiembre	26	4	22	176
Octubre	25	4	21	168
Noviembre	25	4	21	168
Diciembre	26	4	22	176
Total (h)				2048

Fuente: PERUPAST S.R.L.

- **Tiempo medio hasta el fallo – MTTF - Confiabilidad**

Con este indicador se midió el tiempo promedio de operación del equipo sin interrupciones dentro del período considerado.

$$MTTF = \frac{\text{Tiempo total operativo}}{\text{Número total de averías}}$$

$$MTTF = \frac{2\,048\,h - 388,5\,h}{135}$$

$$MTTF = 12,3 h$$

Por lo tanto, se encontró que la empresa viene registrando una avería cada 12,3 horas.

- **Tiempo medio para reparar - MTTR – Mantenibilidad**

Con este indicador se midió la efectividad de restituir un subsistema a condiciones óptimas de operación, desde que estuvo fuera de servicio por un fallo.

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de restauración de máquina}}{\textit{Número total de averías}}$$

$$MTTR = \frac{388,5 h}{135}$$

$$MTTR = 2,8 h$$

Por lo tanto, se encontró que la empresa emplea en promedio 2,8 h para reparar una avería.

- **Disponibilidad**

Se dividió el nº de horas que un equipo ha estado disponible para producir entre el nº de horas totales del periodo analizado y se obtuvo:

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{\textit{Horas Totales} - \textit{Horas de Parada}}{\textit{Horas totales}} \times 100$$

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{2\,048 h - 388,5 h}{2\,048 h} \times 100$$

$$\textit{Disponibilidad} = 81 \%$$

Como se puede observar la disponibilidad de la planta se encontró en 81 %, esto nos dio indicio de que la planta no es confiable a un alto grado.

4.1.8.2. Indicadores de productividad

Para calcular la productividad se tuvieron en cuenta dos factores como la Pérdida de Producción (PeP) y la producción promedio anual, de acuerdo a la data recopilada. En la tabla se determinó que durante el año 2016 la empresa dejó de producir 23 520 bolsas de fideo.

Tabla 22

Perdida de producción a causa de paradas, durante el periodo 2016.

Mes	Tiempo de Parada (h)	Tiempo de Parada (Días)	Capacidad de Producción (Bolsas/día)	Pérdida de Producción (Bolsas/mes)
Enero	25,0	3	480	1 440
Febrero	18,0	2	480	960
Marzo	45,0	6	480	2 880
Abril	50,5	6	480	2 880
Mayo	39,5	5	480	2 400
Junio	32,0	4	480	1 920
Julio	32,0	4	480	1 920
Agosto	47,5	6	480	2 880
Septiembre	27,0	4	480	1 920
Octubre	9,0	1	480	480
Noviembre	48,0	6	480	2 880
Diciembre	15,0	2	480	960
Total anual	388,5	49	480	23 520

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Según el diagnóstico, la Producción Promedio (PProm) por día es de 480 bolsas de fideo, por lo tanto la producción promedio obtenida en el periodo de 12 meses sería de 99 360 bolsas

Días Laborables	Días de Parada	Producción Promedio/día	Prod. Prom. Anual
256	49	480	99 360,00

- **Productividad en relación con el recurso tiempo**

El tiempo base para el cálculo de la productividad será por día, teniendo en cuenta que la suma de los días destinados a la producción es de 256 días, por lo tanto la productividad con relación al tiempo fue de 388 bolsas/día frente a 480 bolsas al día.

$$Productividad = \frac{PProm - PeP}{T}$$

$$Productividad = \frac{99\ 360 - 23\ 520}{12}$$

$$Productividad = 6\ 320 \text{ bolsas/mes}$$

Se tuvo en cuenta que el número promedio de días laborables al mes es de 21 días, por tanto la productividad en días resultó de 301 bolsas.

$$Productividad = 301 \text{ bolsas/día}$$

La productividad actual en relación al tiempo es de 301 bolsas/día; expresado en porcentaje la productividad está en un **62,7 %** de lo que viene a ser lo ideal, esta productividad se mejoró con el diseño de un sistema de mantenimiento en el proceso productivo.

- **Productividad de los subsistemas de prensa**

La empresa produce actualmente 301 bolsas de fideo al día, considerando que el sistema de Prensa está compuesto de seis subsistemas se tiene que actualmente la productividad es de 64 bolsas de fideo por subsistema que presenta la prensa.

$$\text{Productividad} = \frac{301 \text{ bolsas de fideo}}{6 \text{ subsistemas}} = 50 \text{ bolsas de fideo/ssubistema}$$

4.1.9. Resumen del diagnóstico inicial de indicadores de gestión

En la tabla 23, se muestran los valores de los indicadores evaluados durante el diagnóstico inicial y los cuales fueron comparados con la mejora del diseño del sistema de Gestión.

Tabla 23
Cuadro resumen de los indicadores actuales.

Indicador	Fórmula	Valor	Unidad
Tiempo de parada	$\Sigma = \text{Tiempo de parada}$	388,5	h
Tiempo medio entre falla(MTTF)	$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de funcionamiento}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$	12,3	h
Tiempo medio para reparar-(MTTR)	$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$	2,8	h
Disponibilidad	$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{horas totales} - \text{horas de parada}}{\text{horas totales}}$	81	%
Productividad con respecto al tiempo	$\frac{\text{Produccion real}}{\text{horas producción}}$	62,7	%
Productividad de los subsistemas de prensa	$\frac{\text{Produccion real}}{N^{\circ} \text{ de subsistemas}}$	50	Bolsas de fideo/subsistema

Fuente: PERUPAST S.R.L

4.1.10. Matriz de Operacionalización de variables

Tabla 24

Matriz de Operacionalización de variables.

Diseño de un sistema de Gestión de mantenimiento basado en el RCM en la empresa PERUPAST S.R.L.

Problema	Hipótesis	Objetivo general	Objetivos específicos	Variables	Métodos	Temas	Indicador	Fórmula						
¿De qué manera el diseño de un sistema de mantenimiento basado en el RCM impacta en la Productividad en la empresa PERUPAST S.R.L.?	El diseño de un sistema de mantenimiento basado en el RCM incrementa la productividad en la empresa PERU-PAST	Incrementar la Productividad en la empresa de fideos PERUPAST S.R.L. mediante el diseño de un sistema de mantenimiento basado en el RCM	Realizar el análisis y diagnóstico de la situación actual	Independiente: Diseño de un sistema de mantenimiento basado en el RCM en la empresa PERUPAST S.R.L.	Plan de mantenimiento	Establecer procedimientos de inspección y reparación	Disminuir tiempo de parada	$\Sigma = \text{Tiempo de parada}$						
			Elaborar el diseño del sistema de Mantenimiento basado en el RCM					Gestión de mantenimiento	Evaluar los indicadores de mantenimiento	Disponibilidad	$C = \frac{\text{Horas de operación}}{\text{Número total de fallas}}$			
			Determinar los beneficios económicos								Determinación del beneficio de la propuesta	Evaluar el beneficio de la propuesta	Beneficio - Costo	$B/C = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Inversión de la propuesta}}$
Productividad	Determinación de productividad	Evaluar el Indicador de productividad	Productividad	$\Delta p = \left(\frac{\text{Productividad 2} - \text{Productividad 1}}{\text{Productividad 1}} \right) * 100$										
								$MTTR = \frac{\text{tiempo programado} - \text{tiempo de parada}}{\text{tiempo programado}}$						
								$\Delta D = \left(\frac{\text{Disponibilidad 2} - \text{Disponibilidad 1}}{\text{Disponibilidad 1}} \right) * 100$						
								$MTRR = \frac{\text{tiempo programado} - \text{tiempo de parada}}{\text{tiempo programado}}$						
								$\Delta D = \left(\frac{\text{Disponibilidad 2} - \text{Disponibilidad 1}}{\text{Disponibilidad 1}} \right) * 100$						
								$\Delta p = \left(\frac{\text{Productividad 2} - \text{Productividad 1}}{\text{Productividad 1}} \right) * 100$						
								$p = \frac{\text{Producción}}{\text{recurso utilizado}}$						

Fuente: PERUPAST S.R.L

4.2. Diseño del sistema de Gestión de mantenimiento preventivo RCM

Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo	Código: SGM01
	Versión: 1.0
	Página: 1 de 18



SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha:	Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:

Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo	Código: SGM01
	Versión: 1.0
	Página: 2

Introducción

En este documento se proporcionan los lineamientos necesarios para cumplir con el mantenimiento preventivo y correctivo diseñado para los equipos de la empresa PERÚPAST S.R.L. y de esta forma garantizar su actividad operativa.

Definición de términos

- **Normativa**

Es un conjunto de normas y reglas que son aplicadas a una determinada actividad con el objetivo de garantizar su funcionamiento.

- **Mantenimiento Preventivo**

Es aquel mantenimiento destinado a la conservación de los equipos mediante la realización de actividades de revisión y reparación que garantice su funcionamiento y fiabilidad.

- **Mantenimiento Correctivo**

Es aquel mantenimiento que no requiere de ninguna planificación, solo se emplea para atender las averías que se van presentando durante el proceso de producción.

- **Falla**

Es un evento que nos lleva a la finalización de un equipo, lo cual hace que deje de realizar una función adecuada o en su totalidad.

- i. **Alcance**

Este documento tiene la finalidad de dar a conocer la política y describir los procedimientos del sistema de Gestión de Mantenimiento Basado en el RCM aplicados en la empresa PERUPAST S.R.L.

- ii. **Aplicación**

Este sistema de gestión sirve para el desarrollo de proyectos en la empresa PERUPAST S.R.L.

- iii. **Política**

“Asegurar la ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos existentes en la empresa PERUPAST S.R.L. comprometiéndonos a brindar soluciones

eficientes y niveles óptimos de Disponibilidad, confiabilidad y operatividad de los equipos, asegurar la satisfacción de los clientes y la mejora continua.”

iv. Documentos referidos

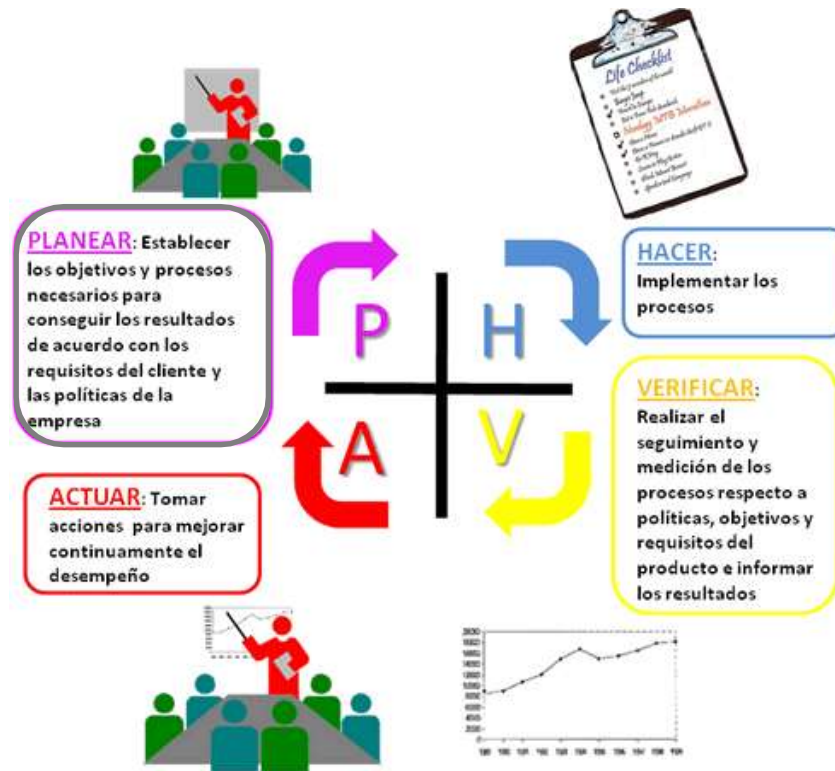
- Ley N°29783, Ley la Seguridad y Salud en el trabajo
- D.S. 005-2012 TR, reglamento de la ley N°29783.
- Norma ISO 9001-2015.

v. Normativa

- El personal de mantenimiento debe ayudar a conservar la zona de trabajo ordenada y limpia.
- Los equipos deben ser revisados antes de iniciar el trabajo; comunicar a los superiores cualquier deficiencia encontrada.
- Se debe señalar la zona de trabajo y poner las medidas de protección para evitar riesgos contra la seguridad integral del personal.
- No usar equipos que están fuera de sus especificaciones de diseño.
- No retirar medidas de protección, usar EPP autorizados y hacerse responsable del cuidado de los mismos.
- Los accidentes e incidentes deben ser reportados de forma inmediata a los superiores.
- El mantenimiento preventivo se debe desarrollar de acuerdo a lo establecido en el plan de mantenimiento.
- Cuando se requiera realizar un mantenimiento correctivo, el proceso a realizar es el siguiente:
 - a) El operario de producción debe informar al jefe de Producción.
 - b) El jefe de producción debe detener el proceso o la línea de producción de ser necesario e informar inmediatamente al jefe de Mantenimiento.
 - c) El jefe de Mantenimiento, debe acercarse a verificar la falla y solicitar los repuestos necesarios al área de logística.
 - d) El jefe de mantenimiento debe generar la orden de trabajo y verificar que el fallo se solucione.
 - e) Una vez terminada la reparación, el jefe de mantenimiento debe cerciorarse de que el funcionamiento de los equipos es óptimo y eficiente.
 - f) El jefe de mantenimiento documentará las causas de falla y la ocurrencia del evento.

vi. Enfoque del sistema de gestión de mantenimiento

El sistema de gestión de mantenimiento está basado en un enfoque hacia la metodología PLANIFICAR – HACER - VERIFICAR – ACTUAR (PHVA) y se grafica de la forma siguiente:

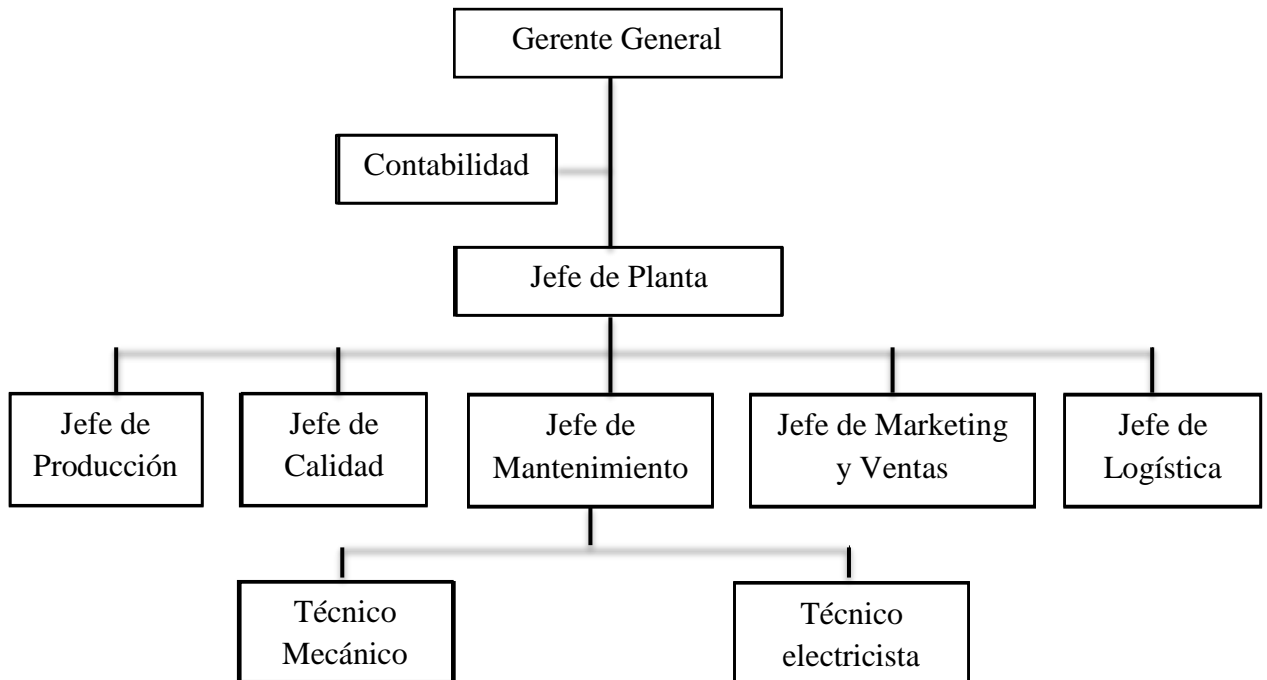


vii. Objetivos

- a) Brindar productos con estándares de calidad mediante un mecanismo de control relacionado al proceso de mantenimiento ,satisfaciendo los requisitos de nuestros clientes
- b) Capacitar, formar y desarrollar a nuestros colaboradores y partes involucradas del sistema de gestión de mantenimiento.
- c) Garantizar que los trabajadores y sus representantes son consultados y participan activamente en los elementos del sistema de gestión de mantenimiento.
- d) Mejorar continuamente el sistema de gestión de mantenimiento.

viii. Lanzamiento

8.1. Organigrama mejorado



8.2. Comunicación y capacitación

La propuesta se va a presentar a Gerencia General en donde se explicara el proceso de implementación y los beneficios que se obtendría. Una vez aprobado la propuesta se procede a dar las charlas de capacitaciones a todos los trabajadores de la empresa.

Para las charlas de capacitación se va a contratar a capacitadores que nos brinden los conocimientos sobre la implementación del sistema de gestión de mantenimiento y contar con un mejor desempeño en la organización siguiendo el siguiente temario:

- SESION 01: Sistema de Gestión de Mantenimiento.
- SESION 02: Identificación de los Equipos Críticos.
- SESION 03: Metodología RCM.
- SESION 04: Plan de mantenimiento y procedimientos.

Tabla 25

Sesiones de Capacitación del Sistema de Gestión.

<p>Objetivo de la Sesión 01 : El tema a tratar en esta sesión es El Sistema de gestión de mantenimiento en donde el ponente será un capacitador por el Instituto SENTATI. Tiene una duración de 4 horas .Los siguientes temas serán el siguiente</p>			
Sesión 01	- Contenido	Duración (h)	Herramienta
Sistema de Gestión de mantenimiento y RCM	Que es un sistemas de gestión de mantenimiento, conceptos	4 horas	PPT
	Como gestionar, como medir con indicadores y mejora continua		
	Manual del sistema de gestión de mantenimiento		
	Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM		
	Implementación del RCM		
	Confiabilidad, mantenibilidad en los equipos.		
	Ronda de Preguntas.		
<p>Objetivo de la Sesión 02 : El tema a tratar en esta sesión es Análisis de Criticidad en donde el ponente será un capacitador por el Instituto SENATI. Tiene una duración de 4 horas. Los siguientes temas serán el siguiente</p>			
Sesión 02	Contenido	Duración (h)	Herramienta
Análisis de Criticidad	Máquinas de la empresa , sus partes y su funcionamiento	4 horas	PPT
	Análisis de criticidad		
	Desarrollo del análisis de criticidad		
	Codificación de las maquinas		
	Ronda de preguntas		

Objetivo de la Sesión 03 :			
El tema a tratar en esta sesión es Procedimientos de mantenimiento en donde el ponente será un capacitador por el Instituto SENATI. Tiene una duración de 4 horas. Los puntos a tatar serán los siguientes			
Procedimiento de mantenimiento	Definiciones de procedimientos, actividades.	4 horas	PPT
	Desarrollo del procedimiento preventivo		
	Desarrollo del procedimiento correctivo		
	Como implementarlo y entrenamiento en procedimientos		
	Ronda de preguntas		
Objetivo de la Sesión 04 :			
El tema a tratar en esta sesión es Plan de mantenimiento preventivo y cronogramas en donde el ponente será un capacitador por el Instituto SENATI. Tiene una duración de 4 horas .Los puntos a tatar serán los siguientes			
Plan de mantenimiento preventivo y cronogramas	Que es un plan de mantenimiento	4 horas	PPT
	Implementación del plan de mantenimiento		
	Cronograma		
	Implementación de Cronograma		
	Ronda de preguntas		

Fuente: SENATI, 2018.

Para su implementación en la empresa, el plan de capacitaciones se va a realizar durante un periodo de 2 meses durante, en donde estas reuniones van a realizarse dentro del horario de trabajo previo aviso con las áreas involucradas en las semanas asignadas por Gerencia General.

Cabe resaltar que tendrá la duración de 1 hora al día.

Cronograma de actividades de Capacitación para la implementación del Sistema de Gestión de Mantenimiento

Actividades	1er Sem	2do Sem	3er Sem	4ta Sem	5ta Sem	6ta Sem	7ma Sem	8va Sem
Sistema de gestión de mantenimiento	x	x						
Análisis de Criticidad			x	x				
Procedimiento de mantenimiento					x	x		
Plan de mantenimiento preventivo y cronogramas							x	x

Fuente: PERUPAST S.R.L

ix. PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN



x. Manual de organización y funciones para el personal del área de mantenimiento

Jefe de mantenimiento

Este debe ejercer su autoridad sobre el personal de mantenimiento y reporta al jefe de planta.

Funciones:

- Desarrollar actividades de supervisión y control sobre las actividades planificadas de mantenimiento rutinario en las instalaciones de la empresa.
- Velar por el mantenimiento de Stock de repuestos, sin que esto afecte el funcionamiento del proceso productivo de la empresa.
- Priorizar los trabajos de mantenimiento.
- Luego de emitir las Órdenes de Trabajo debe supervisar su cumplimiento
- Documentar las actividades de trabajo de mantenimiento.

Técnico mecánico

Este debe reportar al jefe de mantenimiento.

Funciones:

- Realizar la inspección de los equipos de la planta que se encuentren a su alcance.
- Efectuar las actividades de mantenimiento de los equipos de acuerdo a lo establecido en el plan de mantenimiento.
- Registrarlos incidentes y dar parte al jefe de mantenimiento.
- Apoyar al técnico electricista cuando este lo requiera.
- Realizar otras responsabilidades asignadas por el jefe de mantenimiento.

Técnico electricista

Reporta al jefe de mantenimiento

Funciones:

- a) Realizar la inspección de los equipos de la planta que se encuentren a su alcance.
- b) Efectuar las actividades de mantenimiento en todo el sistema eléctrico de acuerdo a lo establecido en el plan de mantenimiento.
- c) Verificar el sistema de alimentación general de suministro de energía eléctrica.
- d) Realizar el cambio y reparación de los componentes eléctricos.
- e) Efectuar el control preventivo del cableado de baja y alta tensión de las instalaciones.
- f) Realizar otras responsabilidades asignadas por el jefe de mantenimiento.

Operario de mantenimiento

Funciones:

- a) Realizar las actividades que no necesariamente deben ser realizadas por un técnico; entre estas actividades se tiene la limpieza, lubricaciones, ajustes, etc.
- b) Apoyar en las actividades que realiza el mecánico o electricista.
- c) Realizar otras responsabilidades asignadas por el jefe de mantenimiento.

xi. Implementación

11.1. Comunicación interna

Se deben dar a conocer políticas, objetivos y procedimientos establecidos necesarios para la gestión en la empresa.

11.2. Documentación

La documentación sobre procedimientos y formatos será revisada y aprobada por el directorio de la empresa PERUPASTP S.R.L.

11.3. Control

Consiste en verificar que las tareas y actividades se realicen bajo los estándares establecidos.

11.4. Verificación

Con esto se busca la medición y seguimiento del sistema de gestión de mantenimiento preventivo evaluándose indicadores como:

- **Ejecución del mantenimiento:**

$$\% \text{ Ejecución de Mantenimiento} = \frac{\text{Actividades ejecutadas}}{\text{Actividades Programadas}} \times 100$$

Eficiencia en la utilización de personal para la ejecución del mantenimiento:

$$\% \text{ Eficiencia de Mantenimiento} = \frac{\text{Nº de personal real para actividades}}{\text{Nº de personal programado para actividades}} \times 100$$

Eficiencia en la organización del mantenimiento: x100

$$\% \text{ Org. de Mantenimiento} = \frac{\text{Total de OT terminadas}}{\text{Total de OT planificadas}}$$

11.5. Acción correctiva y preventiva (Auditorías)

Está dirigido al tratamiento de fallas ocurridas en el sistema y se requiere de una retroalimentación. Abarca la actualización de registros, procedimientos y también la realización auditorías internas para tener un alcance y saber si la gestión del sistema está cumpliendo con las obligaciones establecidas.

Las personas internas de la empresa pueden participar en las auditorías internas siempre y cuando no estén relacionadas al área a auditar .Las actividades en las auditorias incluyen:

- El cumplimiento de la política y objetivos del sistema de gestión de Mantenimiento.
- Las fortaleza , debilidades y oportunidades de mejora del sistema
- Desempeño de los procesos del sistema: las no conformidades y observaciones
- Cumplimiento de los requisitos legales aplicables

Así mismo se propone los siguientes formatos para los procesos de auditorías. Este formato va a ser de ayuda para evaluar el desempeño de los procesos dentro del área de mantenimiento y saber su estado en que se encuentran ya sea como una observación, No conformidad o si está conforme, para su posterior seguimiento.

Formato. Estado de desempeño de Procesos para auditoria interna

N°	Proceso Evaluado	Criterio de auditoria	Descripción	Estado (Observación, No Conformidad, Conformidad)

Fuente: PERUPAST S.R.L

A su vez tenemos que contar con un formato para ver el funcionamiento del Sistema de gestión de mantenimiento y sus objetivos trazados para realizar su seguimiento.

Formato. Cumplimiento de los Objetivos del SG Mantenimiento

N°	Objetivos	Estrategia	Indicadores	Meta	Frecuencia	Responsable

Fuente: PERUPAST S.R.L

Formato. Cumplimiento de los Objetivos del SG Mantenimiento Mensual

N°	Actividades	Responsable	Fecha de ejecución	Recursos	Mes	
					Planificado	Ejecutado

CONTROL DE CAMBIOS

Referido al historial de cambios, el cual debe ser revisado y aprobado por personal competente.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha:	Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:

11.6 Revisión por la Dirección

La gerencia general tiene que realizar una revisión para saber cómo ha ido la implementación en su primer año en donde tendrá conocimiento de:

- Los resultados de seguimiento y medición de los procesos.
- Su gestión del cambio del sistema.
- Las observaciones y no conformidades encontradas y acciones correctivas.
- Acciones tomadas para abordar los riesgos y oportunidades.

Así mismo, se propone los siguientes formatos para la revisión por la dirección:

- Acta de Reunión.
- Informe de Revisión por la dirección.

Formato. Plan de acción y de seguimiento de Auditorias por Alta Dirección

Proceso Evaluado	Criterio auditoria	Descripción	Corrección	Responsable	Fecha	Estado (Pendiente Cerrado, En proceso)	Evidencia (Fotos)

Fuente: PERUPAST S.R.L

4.2.1. Aplicación de la Metodología RCM y herramientas de apoyo

Para el desarrollo de esta metodología se realizó una planificación de las actividades secuenciales a desarrollar:

- A. Análisis de criticidad
- B. Diagrama de Pareto.
- C. Aplicación de la técnica 5WH.
- D. Elaboración de AMEF con su respectiva corrección.
- E. Elaboración de Hojas de decisión.

A. Análisis de criticidad de los subsistemas de Prensa

Para analizar la criticidad de los subsistemas se multiplicó el valor de la frecuencia de fallas por la consecuencia (impacto a la salud y seguridad + impacto ambiental + costos de reparación); la suma de estos se multiplicó a la vez por el resultado del producto entre el criterio impacto operacional y flexibilidad operacional. En la tabla 26, se detallan los valores en base a cada criterio del análisis de criticidad.

Tabla 26

Hoja de valoración de parámetros de criticidad.

Parámetros de criticidad	SUBSISTEMA DE PRENSA (K600)						
	Valor	Eléctrico	Dosificador	Mezclador	Amasador	Extrusora	Cortadora
1. Frecuencia de falla							
Menos de una falla por año	1						
Entre 1 y 10 fallas por año	2	2					
Entre 11 y 25 fallas por año	3					3	3
Entre 26 y 50 fallas por año	4		4	4	4		
Mayor a 50 fallas por año	6						
Valoración		2	4	4	4	3	3
2. Flexibilidad operacional (MTTR)							
Menos de 3 horas	1	1	1	1	1	1	1
Entre 4 y 8 horas	2						
Entre 9 y 24 horas	4						
Más de 24 horas	6						
Valoración		1	1	1	1	1	1
3. Impacto operacional							
Parada total del equipo	10						
Parada del subsistema y repercute sobre otros	7	7	7	7		7	7
Impacta en niveles de calidad	4				4		
No genera ningún efecto significativo	1						
Valoración		7	7	7	4	7	7
4. Costos de reparación							
Menos de 1 000 soles	1	1					1
Entre 1 000 y 5 000 soles	2		2	2	2	2	
Entre 5 000 y 10 000 soles	3						
Mayor a 10 000 soles	6						
Valoración		1	2	2	2	2	1
5. Impacto a la seguridad							
Afecta a la seguridad humana	8	8					
Afecta al ambiente e instalaciones causando daños severos	5						
Provoca daños menores al ambiente e instalaciones	3		3	3	3	3	3
No provoca daños a personas o instalaciones	0						
Valoración		8	3	3	3	3	3

6. Dependencia logística de repuestos							
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4		4	4	4	4	
Hay opción de repuesto compartido/almacén	2						2
Existe función de repuesto disponible	1	1					
Valoración		1	4	4	4	4	2
Aplicación de fórmula de CRITICIDAD		34	64	64	52	48	39

Fuente: PERUPAST S.R.L

B. Diagrama de Pareto y selección de Subsistemas Críticos

De acuerdo al puntaje obtenido con respecto al nivel criticidad (ver tabla 26), se realizó el diagrama de pareto mostrado en la tabla 27.

Tabla 27

Segmentación de los niveles de criticidad de los subsistemas.

Subsistema	Puntaje	%	% Acumulado	80-20	Nivel
Dosificador	64	21%	21%	0,8	A
Mezclador	64	21%	43%	0,8	
Amasador	52	17%	60%	0,8	B
Extrusor	48	16%	76%	0,8	
Cortadora	39	13%	89%	0,8	C
Eléctrico	34	11%	100%	0,8	
Total	301				

Fuente: PERUPAST S.R.L

En la tabla 27 y figura 26, se aprecia según el análisis de Pareto una máxima concentración de criticidad en las máquinas clasificadas en los niveles A y B representando el 76% del total del nivel de criticidad, esto permitió saber en cuales intervenir urgentemente, con esto se logró disminuir el nivel de criticidad en un 80% aproximadamente.

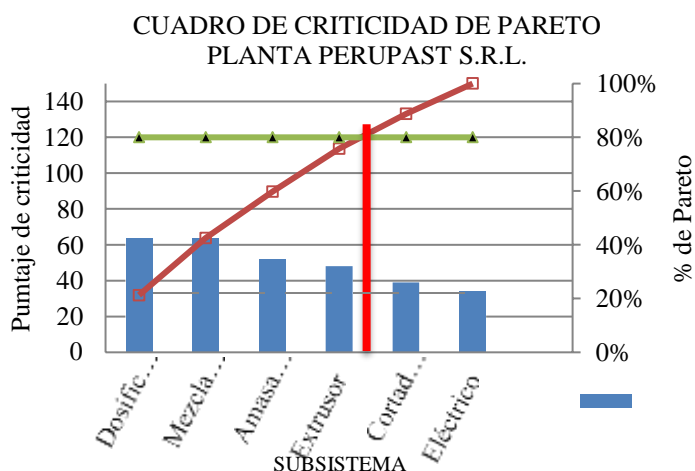


Figura 24. Segmentación de criticidad.

Fuente: PERUPAST S.R.L.

C. Uso de la metodología 5WH

Esta metodología se utilizó para identificar la(s) causa(s) potencial(es) de las fallas funcionales, las cuales se manifiestan en los modos de falla y termina generando efectos potenciales. Así por ejemplo:

Ante la falla funcional: “Irregularidad en el traslado de harina”

P1: ¿Por qué existe irregularidad en el traslado de harina?

R1: porque el flujo se redujo y no responde al parámetro asignado.

P2: ¿Por qué el flujo de harina se redujo?

R2: porque la tubería de succión alimenta al dosificador haciendo pausa.

P3: ¿Por qué se producen pausas en la alimentación de harina hacia el dosificador?

R3: porque las tuberías se encuentran atoradas.

P4: ¿Por qué se produjo un atoramiento en las tuberías de succión de harina?

R4: por la formación interna de trozos de harina.

De esta forma se determinaron las causas potenciales de todas las fallas funcionales; sin embargo se debe tener en cuenta que no necesariamente se tienen que preguntar cinco veces para llegar a la causa de los problemas. Estas preguntas se realizaron mediante una entrevista al técnico de mantenimiento. Las causas son tomadas en cuenta para el AMEF.

D. Elaboración de análisis de modos y efectos de falla (AMEF)

Los AMEF elaborados describen a los componentes con mayor suceso de averías, la función que cumplen, la falla de función, el modo de falla, los efectos de falla, las causas potenciales de los fallos y la calificación actual del NPR (Severidad x Ocurrencia x Detección); los AMEF se presentan en las siguientes tablas empezando por el subsistema de dosificado, seguido del mezclado, amasado y extrusado; así también se presentan los AMEF correctivos para cada subsistema con la medidas necesarias de mejora.

Tabla 28

AMEF del subsistema de Dosificado de la prensa k-600.

Nombre del sistema: Prensa k-600				Realizado por: Ing. Heinz Eric Arévalo Fernández				N° de AMEF: 1		Pág. N° 1 de 4			
Subsistema: Dosificador				Aprobado por: Ing.				Condiciones existentes					
Componente	F	Función	FF	Falla de Función	MF	Modo falla	Efectos de falla	Causa potencial	S	O	D	NPR	Calificación
Tubos de succión de harina	1	Trasladar harina desde el silo hasta el dosificador	A	Irregularidad en el traslado de harina	1	Atoramiento	Deficiencia en la succión de harina	Formación de trozos de harina	9	7	8	504	Alto riesgo de falla
Motor de vitamina	1	Transmitir fuerzas y velocidad de movimiento	B	Incapacidad de transmitir fuerzas de movimiento	1	Deterioro en la transmisión	Su vida útil se reduce	Carga excesiva	9	8	8	576	Alto riesgo de falla
					2	Desgaste de sellos	Su capacidad se reduce	Desgaste por uso	9	2	7	126	Riesgo de falla medio
Manómetro	1	Permite controlar la presión	C	Pérdida de exactitud de la presión deseada	1	No marca la presión requerida	Afecta la calidad del producto	Fatiga en el bordoun por falta de limpieza	5	2	7	70	Riesgo de falla bajo
Válvula de paso de agua	1	Abrir y cerrar el paso del flujo de agua	D	El flujo de agua es alterado	1	Fugas de agua	Afecta la calidad del producto	Desgaste de empaquetaduras por uso	7	5	7	245	Riesgo de falla medio
Motor reductor de tornillo sin fin	1	Transmitir fuerzas y velocidad de movimiento	E	Incapacidad de transmitir fuerzas de movimiento	1	Deterioro en la transmisión	Su vida útil se reduce	Carga excesiva	9	8	8	576	Alto riesgo de falla
					2	Desgaste de rodamiento	Su capacidad se reduce	Contaminación por humedad	9	2	7	126	Riesgo de falla medio
					3	Motor se quemó	Las paradas del proceso	Cortocircuito por falta de aislamiento	9	3	7	189	Alto riesgo de falla
					4	Desgaste de sellos	Su capacidad se reduce	Falta de lubricación	9	2	7	126	Riesgo de falla medio
					5	Motor no arranca	Paradas del proceso	Falso contacto por tornillería floja	7	3	7	147	Riesgo de falla medio
Tubos de succión de agua	1	Trasladar agua hasta la tolva del dosificador	F	Irregularidad en el traslado de agua	1	atoramiento de tubería	Afecta la calidad del producto	Presencia de sedimentos de agua	9	7	8	504	Alto riesgo de falla

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Tabla 29

AMEF correctivo del subsistema de Dosificado de la prensa k-600.

Nombre del sistema: Prensa k-600		Realizado por: Ing. Heinz Eric Arévalo Fernández			N° de AMEF: 1			Pág. N° 1 de 4			
Subsistema: Dosificador		Aprobado por: Ing.			Nuevas condiciones						
Componente	MF	Modo falla	Efectos de falla	Causa potencial	Acción (es) correctiva (s)	Responsable	S	O	D	NPR	Estado
Tubos de succión de harina	1	Atoramiento	Deficiencia en la succión de harina	Formación de trozos de harina	Limpieza interna	Mecánico	3	1	6	18	Riesgo de falla bajo
Motor de vitamina	1	Deterioro en la transmisión	Su vida útil se reduce	Carga excesiva	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	Mecánico	3	2	6	36	Riesgo de falla bajo
	2	Desgaste de sellos	Su capacidad se reduce	Desgaste por uso	Cambiar sellos	Mecánico	3	2	6	36	Riesgo de falla bajo
Válvula de paso de agua	1	Fugas de agua	Afecta la calidad del producto	Desgaste de empaquetaduras por uso	Cambiar Válvula	Mecánico	4	2	6	48	Riesgo de falla bajo
Motor reductor de tornillo sin fin	1	Deterioro en la transmisión	Su vida útil se reduce	Carga excesiva	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	Mecánico	3	2	6	36	Riesgo de falla bajo
	2	Corto circuito entre espiras del estator	Su vida útil se reduce	Fallas en el estator	Revisar el bobinado estático	Electricista	5	2	6	60	Riesgo de falla bajo
	3	Motor se quemó	Las paradas del proceso	Cortocircuito por falta de aislamiento	Revisar circuitos de mando	Electricista	5	2	6	60	Riesgo de falla bajo
	4	Desgaste de sellos	Su capacidad se reduce	Falta de lubricación	Cambiar sellos	Mecánico	3	2	6	36	Riesgo de falla bajo
	5	Motor no arranca	Paradas del proceso	Falso contacto por tornillería floja	Ajustar tornillería	Mecánico	2	1	6	18	Riesgo de falla bajo
Tubos de succión de agua	1	Atoramiento de tubería	Afecta la calidad del producto	Presencia de sedimentos de agua	Limpieza interna	Mecánico	3	1	6	18	Riesgo de falla bajo

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Tabla 30

AMEF del subsistema de Mezclado de la prensa k-600.

Nombre del sistema: Prensa k-600					Realizado por: Ing. Heinz Eric Arévalo Fernández				N° de AMEF: 1		Pág. N° 2 de 4		
Subsistema: Mezclado					Aprobado por: Ing.				Condiciones existentes				
Componente	F	Función	FF	Falla de Función	MF	Modo falla	Efectos de falla	Causa potencial	S	O	D	NPR	Calificación
Bomba de agua	1	Abastecer de agua el mezclado entre la harina y la vitamina	A	No existe alimentación de agua para el proceso	1	Fugas de agua	Su capacidad se reduce	Desgaste de sellos	9	5	8	360	Riesgo de falla medio
					2	Desgaste de rodamiento	Su capacidad se reduce	Falta de lubricación	9	7	8	504	Alto riesgo de falla
					3	Cortocircuito	Su capacidad se reduce	Falta de aislamiento	10	6	9	540	Alto riesgo de falla
					4	Motor se quemó	El proceso no puede iniciar por falta de agua	Cortocircuito por falta de aislamiento	9	3	7	189	Riesgo de falla medio
Cadena	1	transmisión de fuerzas mecánica hacia el eje de mezclado	B	el eje de mezclado no gira	1	Ruptura de casquillos	Su vida útil se reduce	Falta de lubricación	9	3	7	189	Riesgo de falla medio
Chumacera	1	brindar uniformidad de giro y rotación hacia el eje y evitar fricciones	C	no existe uniformidad en el giro del eje de mezclado	1	Existencia de vibraciones	Su capacidad se reduce	Aflojamiento de tronillos	9	3	7	189	Riesgo de falla medio
					2	Desgaste de rodamiento	Su capacidad se reduce	Falta de lubricación	9	7	8	504	Alto riesgo de falla
Motor del mezclador	1	Transmitir fuerzas y velocidad de movimiento	D	Incapacidad de transmitir fuerzas de movimiento	1	Deterioro en la transmisión	Su vida útil se reduce	Carga excesiva	9	5	8	360	Riesgo de falla medio
					2	Desgaste de rodamiento	Su capacidad se reduce	Desgaste por contaminación	9	7	8	504	Alto riesgo de falla
Válvula de paso de agua	1	permite controlar el flujo de agua requerido	E	suministro insuficiente de agua	1	Fugas de agua	Afecta la calidad del producto	Desgaste por uso	9	8	7	504	Alto riesgo de falla
Motor de válvula de capsulismo	1	Transmitir fuerzas y velocidad de movimiento	F	Incapacidad de transmitir fuerzas de movimiento	1	Motor no arranca	Paradas del proceso	Falso contacto por tornillería floja	9	7	9	567	Alto riesgo de falla
					2	Deterioro en la transmisión	Su vida útil se reduce	Carga excesiva	9	7	8	504	Alto riesgo de falla

Tabla 31

AMEF correctivo del subsistema de Mezclado de la prensa k-600.

Nombre del sistema: Prensa k-600		Realizado por: Ing. Heinz Eric Arévalo Fernández			N° de AMEF: 1			Pág. N° 1 de 4			
Subsistema: Mezclador		Aprobado por: Ing.			Nuevas condiciones						
Componente	MF	Modo falla	Efectos de falla	Causa potencial	Acción (es) correctiva (s)	Responsable	S	O	D	NPR	Estado
Bomba de agua	1	Fugas de agua	Su capacidad se reduce	Desgaste de sellos	Cambiar sellos	Mecánico	3	2	6	36	Riesgo de falla bajo
	2	Desgaste de rodamiento	Su capacidad se reduce	Falta de lubricación	Realizar la lubricación	Mecánico	2	1	6	18	Riesgo de falla bajo
	3	Cortocircuito	Su capacidad se reduce	Falta de aislamiento	Revisar circuitos y aislar cables pelados	Electricista	5	2	6	60	Riesgo de falla bajo
	4	Motor se quemó	El proceso no puede iniciar por falta de agua	Cortocircuito por falta de aislamiento	Revisar circuitos	Electricista	5	2	6	60	Riesgo de falla bajo
Cadena	1	Ruptura de casquillos	Su vida útil se reduce	Falta de lubricación	Realizar la lubricación	Mecánico	4	2	6	48	Riesgo de falla bajo
Chumacera	1	Existencia de vibraciones	Su capacidad se reduce	Aflojamiento de tornillos	Ajustar tornillos	Mecánico	3	2	6	36	Riesgo de falla bajo
	2	Desgaste de rodamiento	Su capacidad se reduce	Falta de lubricación	Realizar la lubricación	Mecánico	2	1	6	18	Riesgo de falla bajo
Motor del mezclador	1	Deterioro en la transmisión	Su vida útil se reduce	Carga excesiva	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	Mecánico	3	2	6	36	Riesgo de falla bajo
	2	Desgaste de rodamiento	Su capacidad se reduce	Desgaste por contaminación	Limpieza para eliminar partículas contaminantes	Mecánico	2	1	6	12	Riesgo de falla bajo
Válvula de paso de agua	1	Fugas de agua	Afecta la calidad del producto	Desgaste por uso	Cambiar válvula	Mecánico	3	2	6	36	Riesgo de falla bajo
Motor de la válvula de capsulismo	1	Motor no arranca	Paradas del proceso	Falso contacto por tornillería floja	Ajustar tornillos	Mecánico	2	1	6	12	Riesgo de falla bajo
	2	Deterioro en la transmisión	Su vida útil se reduce	Carga excesiva	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	Mecánico	3	2	6	36	Riesgo de falla bajo

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Tabla 32

AMEF del subsistema de Amasado de la prensa k-600.

Nombre del sistema: Prensa k-600					Realizado por: Ing. Heinz Eric Arévalo Fernández				N° de AMEF: 1		Pág. N° 3 de 4		
Subsistema: Amasadora					Aprobado por: Ing.				Condiciones existentes				
Componente	F	Función	FF	Falla de Función	MF	Modo falla	Efectos de falla	Causa potencial	S	O	D	NPR	Calificación
Motor de amasado	1	Transmitir fuerzas y velocidad de movimiento	A	Incapacidad de transmitir fuerzas de movimiento	1	Motor no arranca	Su vida útil se reduce	Falso contacto por tornillería floja	9	7	9	567	Alto riesgo de falla
					2	Deterioro en la transmisión	Su vida útil se reduce	Carga excesiva	9	5	8	360	Riesgo de falla medio
					3	Motor se quemó	Paradas del proceso más extensas	Cortocircuito por falta de aislamiento	9	3	7	189	Riesgo de falla medio
Chumacera	1	Brindar uniformidad de giro y rotación hacia el eje y evitar fricciones	B	No existe uniformidad en el giro del eje de mezclado	1	Generación de fuertes ruidos	afecta la salud auditiva de los operarios	Acumulación de harina y falta de lubricación	9	3	7	189	Riesgo de falla medio
					2	Existencia de vibraciones	Su vida útil se reduce	Aflojamiento de tornillos	9	3	7	189	Riesgo de falla medio
					3	Desgaste de rodamiento	Su vida útil se reduce	Falta de lubricación	9	7	9	567	Alto riesgo de falla
Presostato	1	cerrar o abrir un circuito eléctrico	C	No abre el circuito eléctrico	1	La presión no coincide con la escalada	Su vida útil se reduce	Desajuste y suciedad	9	6	8	432	Riesgo de falla medio
Tornillo sin fin	1	Movimiento de la masa en formación	D	Giro no uniforme	1	Desalineación del eje	Su vida útil se reduce	Falta control de alineación	9	7	9	567	Alto riesgo de falla

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Tabla 33

AMEF de correctivo del subsistema de AMASADO de la prensa k-600.

Nombre del sistema: Prensa k-600		Realizado por: Ing. Heinz Eric Arévalo Fernández			N° de AMEF: 1			Pág. N° 1 de 4			
Subsistema: Amasado		Aprobado por: Ing.			Nuevas condiciones						
Componente	MF	Modo falla	Efectos de falla	Causa potencial	Acción (es) correctiva (s)	Responsable	S	O	D	NPR	Estado
Motor de amasado	1	Motor no arranca	Su vida útil se reduce	Falso contacto por tornillería floja	Ajustar tornillería	Mecánico	2	1	6	12	Riesgo de falla bajo
	2	Deterioro en la transmisión	Su vida útil se reduce	Carga excesiva	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	Mecánico	3	2	6	36	Riesgo de falla bajo
	3	Motor se quemó	Paradas del proceso más extensas	Cortocircuito por falta de aislamiento	Revisar circuitos eléctricos	Electricista	5	2	6	60	Riesgo de falla bajo
Chumacera	1	Generación de fuertes ruidos	afecta la salud auditiva de los operarios	Acumulación de harina y falta de lubricación	Limpieza y lubricación	Mecánico	2	2	6	24	Riesgo de falla bajo
	2	Existencia de vibraciones	Su vida útil se reduce	Aflojamiento de tornillos	Ajustar tornillería	Mecánico	3	2	6	36	Riesgo de falla bajo
	3	Desgaste de rodamiento	Su vida útil se reduce	Falta de lubricación	Realizar lubricación	Mecánico	2	1	6	12	Riesgo de falla bajo
Presostato	1	La presión no coincide con la escalada	Su vida útil se reduce	Desajuste y suciedad	Limpieza	Mecánico	4	2	6	48	Riesgo de falla bajo
Tornillo sin fin	1	Desalineación del eje	Su vida útil se reduce	Falta control de alineación	Realizar alineación respectiva	Mecánico	3	2	6	36	Riesgo de falla bajo

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Tabla 34

AMEF del subsistema de Extrusión de la prensa k-600.

Nombre del sistema: Prensa k-600					Realizado por: Ing. Heinz Eric Arévalo Fernández				N° de AMEF: 1			Pág. N° 4 de 4	
Subsistema: extrusora					Aprobado por: Ing.				Condiciones existentes				
Componente	F	Función	FF	Falla de Función	MF	Modo falla	Efectos del falla	Causa potencial	S	O	D	NPR	Calificación
Tornillo sin fin	1	transmitir movimiento de la masa formada	A	giro no uniforme	1	Ruptura de puntos de soldadura	Su vida útil se reduce	Falta de inspección	2	3	7	42	Riesgo de falla bajo
					2	Ruptura de casquillos de cadena	Su vida útil se reduce	Falta de lubricación	9	3	7	189	Riesgo de falla medio
					3	Desgaste de Catarina	Su vida útil se reduce	Desalineación	9	3	7	189	Riesgo de falla medio
					4	Desalineación del eje	Su vida útil se reduce	Desalineación	9	7	9	567	Alto riesgo de falla
					5	Despintado	Su vida útil se reduce	Presencia de humedad	2	3	7	42	Riesgo de falla bajo
Motor extrusor	1	Transmitir fuerzas y velocidad de movimiento	B	Incapacidad de transmitir fuerzas de movimiento	1	Motor no arranca	Su vida útil se reduce	Falso contacto por tornillería floja	9	7	9	567	Alto riesgo de falla
					2	Deterioro en la transmisión	Su vida útil se reduce	Carga excesiva	9	5	8	360	Riesgo de falla medio
					3	Motor se quemó	Paradas del proceso se hacen más extensas	Cortocircuito por falta de aislamiento	9	3	7	189	Riesgo de falla medio
Chumacera	1	Dar uniformidad de giro y rotación de ejes y evitar fricciones	C	No existe uniformidad en el giro del eje	1	Vibraciones	Su vida útil se reduce	Aflojamiento de tornillos	9	3	7	189	Riesgo de falla medio
					2	Desgaste de rodamiento	reduce la vida útil de la chumacera	Falta de lubricación	9	7	8	504	Alto riesgo de falla

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Tabla 35

AMEF correctivo del subsistema de Extrusión de la prensa k-600.

Nombre del sistema: Prensa k-600		Realizado por: Ing. Heinz Eric Arévalo Fernández			N° de AMEF: 1			Pág. N° 1 de 4			
Subsistema: Extrusión		Aprobado por: Ing.			Nuevas condiciones						
Componente	MF	Modo falla	Efectos de falla	Causa potencial	Acción (es) correctiva (s)	Responsable	S	O	D	NPR	Estado
Tornillo sin fin	1	Ruptura de casquillos de cadena	Su vida útil se reduce	Falta de lubricación	Realizar lubricación de la cadena	Mecánico	4	2	6	48	Riesgo de falla bajo
	2	Desgaste de Catarina	Su vida útil se reduce	Desalineación	Alinear catarina	Mecánico	4	1	6	24	Riesgo de falla bajo
	3	Desalineación del eje	Su vida útil se reduce	Desalineación	Alinear eje del tornillo	Mecánico	3	2	6	36	Riesgo de falla bajo
Motor extrusor	1	Motor no arranca	Su vida útil se reduce	Falso contacto por tornillería floja	Ajustar tornillería	Mecánico	2	1	6	12	Riesgo de falla bajo
	2	Deterioro en la transmisión	Su vida útil se reduce	Carga excesiva	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	Mecánico	3	2	6	36	Riesgo de falla bajo
	3	Motor se quemó	Paradas del proceso se hacen más extensas	Cortocircuito por falta de aislamiento	Revisar circuito eléctrico	Electricista	5	2	6	60	Riesgo de falla bajo
Chumacera	1	Vibraciones	Su vida útil se reduce	Aflojamiento de tornillos	Ajustar tornillería	Mecánico	3	2	6	36	Riesgo de falla bajo
	2	Desgaste de rodamiento	reduce la vida útil de la chumacera	Falta de lubricación	Realizar lubricación	Mecánico	2	1	6	12	Riesgo de falla bajo

Fuente: PERUPAST S.R.L.

De los resultados de los AMEF realizados se añade que de los 41 modos de fallo analizados se obtuvo que el 41,5 % presentan un alto riesgo de falla, el 51,2 % presenta un riesgo medio de falla, y por último el 7,3 % presenta un riesgo de falla muy bajo, por lo que se decidió realizar las mejoras tomando en cuenta los de medio y alto riesgo.

E. Elaboración de Hoja de decisión de RCM

Para el desarrollo de las hojas de decisión RCM, se asignó la tarea propuesta para cada avería, para ello se tuvieron en cuenta las causas encontradas en los AMEF; en cuanto al intervalo inicial se tuvo en cuenta el MTTF así como también se consultaron manuales y guías de mantenimiento; y por último se designó a la persona capaz de realizar las actividades.

- **Hoja de decisión para el subsistema DOSIFICADOR**

Se determinó el MTTF de las averías ocurridas en los componentes del subsistema de Dosificado, a fin de no superar dicho tiempo en el planteamiento de mejora.

Tabla 36

Determinación de MTTF por cada avería del Dosificador.

Subsistema	Avería	Número de averías	Tiempo de parada (h)	Tiempo operativo (h)	Tarea a realizar	MTTF (h)	MTTF (días)
Dosificador	Atoramiento de tubos de succión de harina	3	11	1989	Limpieza de la tubería	663	83
	Deterioro en la transmisión de motor - dosificador	2	6	1994	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	997	125
	Desgaste de sellos de motor - dosificador	1	4	1996	Cambio de sellos	1996	250
	Fugas de agua por la válvula de paso	2	8	1992	Cambiar la válvula	996	125
	Deterioro en la transmisión de motor del tornillo sin fin	5	20	1980	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	396	50
	Desgaste de rodamiento	1	4	1996	Revisar el bobinado estático	1996	250
	Motor se quemó	1	6	1994	Revisar circuitos de mando	1994	249
	Desgaste de sellos de motor tornillo sin fin	1	5	1995	Cambiar sellos	1995	249
	Motor de Tornillo sin fin no arranca	4	11	1989	Ajustar tornillería	497	62
	Atoramiento de tubos de succión de agua	3	8	1992	Limpieza interna de tubería	664	83

Fuente: PERUPAST, S.R.L.

Tabla 37

Hoja de decisión del subsistema de DOSIFICADO de la prensa k-600.

HOJA DE DECISION																
Equipo :	Dosificador							Realizado por:								
Función :								Aprobado por:								
Componente	Referencia Información			Evaluación de consecuencia				Decisión			Acción "a falta de "			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por:
								H1	H2	H3						
	S1	S2	S3													
	O1	O2	O3													
	N1	N2	N3	H4	H5	S4										
F	FF	FM	H	S	E	O										
Tubos de succión de harina	1	A	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpieza de la tubería	2 meses	Mecánico
Motor de vitamina	1	B	1	S	N	N	S	N	S	N				Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	6 meses	Mecánico
	1	B	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de sellos	Anual	Mecánico
Válvula de paso de agua	1	D	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar la válvula	6 meses	Mecánico
Motor reductor sin fin	1	E	1	S	N	N	S	N	S	N				Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	Mensual	Mecánico
	1	E	2	S	N	N	S	N	S	N				Revisar el bobinado estatórico	Anual	Electricista
	1	E	4	S	N	N	S	N	S	N				Revisar circuitos de mando	Anual	Electricista
	1	E	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar sellos	Anual	Mecánico
	1	E	5	S	N	N	S	N	S	N				Ajustar tornillería	1,5 meses	Mecánico
Tubos de succión de Agua	1	F	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpieza interna de tubería	2 meses	Mecánico

Fuente: PERUPAST S.R.L.

- **Hoja de decisión para el subsistema MEZCLADOR**

Se determinó el MTTF de las averías ocurridas en los componentes del subsistema de Mezclado, a fin de no superar dicho tiempo en el planteamiento de mejora.

Tabla 38

Determinación de MTTF por cada avería del Mezclador.

Subsistema	Avería	Número de averías	Tiempo de parada (h)	Tiempo operativo (h)	Tarea a realizar	MTTF (h)	MTTF (días)
Mezclado	Fugas de agua en la bomba	4	14	1986	Cambio de sellos	497	62
	Desgaste de rodamiento de la bomba de agua	1	4	1996	Lubricar rodamiento	1996	250
	Cortocircuito en la bomba de agua	2	8	1992	Revisar circuitos y aislar cables pelados	996	125
	Motor de bomba de agua se quemó	1	6	1994	Revisar circuito eléctrico	1994	249
	Ruptura de casquillos de cadena	2	8	1992	Realizar lubricación	996	125
	Existencia de vibraciones de chumacera	4	7	1993	Ajuste de tornillos	498	62
	Desgaste de rodamiento de chumacera	1	4	1996	Realizar lubricación	1996	250
	Deterioro en la transmisión del motor de mezclado	3	9	1991	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	664	83
	Desgaste de rodamiento del motor de mezclado	1	4,5	1995,5	Limpieza para eliminar partículas contaminantes	1996	249
	Fugas de agua por la válvula de paso	2	7	1993	Cambio de válvula	997	125
	Motor de capsulismo no arranca	2	6	1994	Ajustar tornillería	997	125
	Deterioro en la transmisión del motor de capsulismo	4	14	1986	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	497	62

Fuente: PERUPAST, S.R.L.

Tabla 39

Hoja de decisión del subsistema de Mezclado de la prensa k-600.

HOJA DE DECISION																
Equipo :	Mezclado							Realizado por.								
Función :								Aprobado por.								
Componente	Referencia Información			Evaluación de consecuencia				Decisión			Acción "a falta de "			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por:
								H1	H2	H3						
	S1	S2	S3	H4	H5	S4										
	O1	O2	O3													
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3							
Bomba de agua	2	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de sellos	2 meses	Mecánico
	2	A	2	S	N	N	S	N	S	N				Lubricar rodamiento	3 meses	Mecánico
	2	A	3	S	N	N	S	N	S	N				Revisar circuitos y aislar cables pelados	6 meses	Electricista
	2	A	3	S	N	N	S	N	S	N				Revisar circuito eléctrico	Anual	Electricista
Cadena	2	B	1	S	N	N	S	N	S	N				Realizar lubricación	2 meses	Mecánico
Chumacera	2	C	1	S	N	N	S	N	S	N				Ajuste de tornillos	1,5 meses	Mecánico
	2	C	2	S	N	N	S	N	S	N				Realizar lubricación	3 meses	Mecánico
Motor del mezclador	2	D	1	S	N	N	S	N	S	N				Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	2 meses	Mecánico
	2	D	2	S	N	N	S	S	N	N				Limpieza para eliminar partículas contaminantes	6 meses	Mecánico
Válvula de paso de agua	2	E	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de válvula	6 meses	Mecánico
Motor reductor de válvula de Capsulismo	2	F	1	S	N	N	S	N	S	N				Ajustar tornillería	6 meses	Mecánico
	2	F	2	S	N	N	S	N	S	N				Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	2 meses	Mecánico

Fuente: PERUPAST S.R.L.

- **Hoja de decisión para el subsistema AMASADOR**

Se determinó el MTTF de las averías ocurridas en los componentes del subsistema de Amasado, a fin de no superar dicho tiempo en el planteamiento de mejora.

Tabla 40

Determinación de MTTF por cada avería del Amasador.

Subsistema	Avería	Número de averías	Tiempo de parada (h)	Tiempo operativo (h)	Tarea a realizar	MTTF (h)	MTTF (días)
Amasado	Motor de amasado no arranca	2	7	1993	Ajustar tornillería	997	125
	Deterioro en la transmisión del motor de amasado	4	10	1990	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	498	62
	Motor de amasado se quemó	1	4	1996	Revisar circuitos eléctricos	1996	250
	Generación de fuertes ruidos de la chumacera	4	8	1992	Limpieza y lubricación	498	62
	Existencia de vibraciones de la chumacera	5	7	1993	Ajustar tornillería	399	50
	Desgaste de rodamiento de la chumacera	1	4	1996	Realizar lubricación	1996	250
	La presión del presostato no coincide con la escalada	6	11	1989	Limpieza	332	41
	Desalineación del eje del tornillo sin fin	6	18	1982	Realizar alineación respectiva	330	41

Fuente: PERUPAST, S.R.L.

Tabla 41

Hoja de decisión del subsistema de AMASADO de la prensa k-600.

HOJA DE DECISION																
Equipo :	Amasadora							Realizado por.								
Función :								Aprobado por.								
Componente	Referencia Información			Evaluación de consecuencia				Decisión			Acción "a falta de "			Tareas propuestas	Intervalo inicial	A realizarse por:
								H1	H2	H3						
	S1	S2	S3	H4	H5	S4										
	O1	O2	O3													
	F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3						
Motor reductor	3	A	1	S	N	N	S	N	S	N				Ajustar tornillería	6 meses	Mecánico
	3	A	2	S	N	N	S	N	S	N				Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	2 meses	Mecánico
	3	A	3	S	N	N	S	N	S	N				Revisar circuitos eléctricos	Anual	Electricista
Chumacera	3	B	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpieza chumacera	2 meses	Mecánico
	3	B	2	S	N	N	S	N	S	N				Ajustar tornillos	1,5 meses	Mecánico
	3	B	3	S	N	N	S	N	S	N				Realizar lubricación	3 meses	Mecánico
Presostato	3	C	1	S	N	N	S	S	N	N				Ajuste y limpieza	Mensual	Mecánico
Tornillo sin fin	3	D	1	S	N	N	S	S	N	N				Realizar alineación respectiva del eje	Mensual	Mecánico

Fuente: PERUPAST S.R.L.

- **Hoja de decisión para el subsistema EXTRUSOR**

Se determinó el MTTF de las averías ocurridas en los componentes del subsistema de Extrusado, a fin de no superar dicho tiempo en el planteamiento de mejora.

Tabla 42

Determinación de MTTF por cada avería del Extrusor.

Subsistema	Avería	Número de averías	Tiempo de parada (h)	Tiempo operativo (h)	Tarea a realizar	MTTF (h)	MTTF (días)
Extrusor	Ruptura de casquillos de cadena del tornillo sin fin	3	10	1990	Realizar lubricación de la cadena	663	83
	Desgaste de Catarina del tornillo sin fin	2	5	1995	Alinear catarina	998	125
	Desalineación del eje del tornillo sin fin	3	6	1994	Alinear eje del tornillo	665	83
	Motor de extrusión no arranca	4	12	1988	Ajustar tornillería	497	62
	Deterioro en la transmisión del motor de extrusión	1	4	1996	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	1996	250
	Motor de extrusión se quemó	1	7	1993	Revisar circuito eléctrico	1993	249
	Vibraciones de la chumacera	3	6	1994	Ajustar tornillería	665	83
	Desgaste de rodamiento de la chumacera	1	4	1996	Realizar lubricación	1996	250

Fuente: PERUPAST, S.R.L

Tabla 43

Hoja de decisión del subsistema de EXTRUSIÓN de la prensa k-600.

HOJA DE DECISIONES																
Equipo :	Extrusor							Realizado por.								
Función :								Aprobado por.								
Componente	Referencia Información			Evaluación de consecuencia				Decisión			Acción "a falta de "			Tareas propuestas	Intervalo inicial	A realizarse por:
								H1	H2	H3						
	S1	S2	S3													
	O1	O2	O3	H4	H5	S4										
	N1	N2	N3													
Tornillo sin fin	3	A	1	S	N	N	S	N	S	N				Realizar lubricación de la cadena	2 meses	Mecánico
	3	A	2	S	N	N	S	S	N	N				Alinear catarina	6 meses	Mecánico
	3	A	3	S	N	N	S	S	N	N				Alinear eje del tornillo	2 meses	Mecánico
Motor de extrusión	3	B	1	S	N	N	S	N	S	N				Ajustar tornillería	1,5 meses	Mecánico
	3	B	2	S	N	N	S	N	S	N				Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	6 meses	Mecánico
	3	B	3	S	N	N	S	N	S	N				Revisar circuito eléctrico	6 meses	Electricista
Chumacera	3	C	1	S	N	N	S	N	S	N				Ajustar tornillería	2 meses	Mecánico
	3	D	1	S	N	N	S	N	S	N				Realizar lubricación	3 meses	Mecánico

Fuente: PERUPAST S.R.L.

4.2.2. Elaboración de Planes de mantenimiento

Para la elaboración de los planes de mantenimiento se establecieron los tiempos que requiere cada actividad de mantenimiento, herramientas y materiales; el plan es complementado con lo antes visto en el AMEF y en la hoja decisión.

En la siguiente tabla se detalla el tiempo promedio de reparación que fue empleado para reparar cada avería presentada, el cual se tomó como referencia al momento de plantear los tiempos de duración por actividad en los planes de mantenimiento, teniendo en cuenta que no deben ser superados.

Tabla 44
MTTR en averías del Dosificador, Mezclador, Amasado y Extrusado.

Sub-sistema	Avería	Número de averías	Tiempo de parada	Tarea a realizar	MTTR (h)
Dosificador	Atoramiento de tubos de succión de harina	3	11	Limpieza de la tubería	3,7
	Deterioro en la transmisión de motor - dosificador	2	6	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	3,0
	Desgaste de sellos de motor - dosificador	1	4	Cambio de sellos	4,0
	Fugas de agua por la válvula	2	8	Cambiar la válvula	4,0
	Deterioro en la transmisión de motor del tornillo sin fin	5	20	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	4,0
	Desgaste de rodamiento	1	4	Revisar el bobinado estatístico	4,0
	Motor se quemó	1	6	Revisar circuitos	6,0
	Desgaste de sellos de motor tornillo sin fin	1	5	Cambiar sellos	5,0
	Motor de Tornillo sin fin no arranca	4	11	Ajustar tornillería	2,8
	Atoramiento de tubos de succión de agua	3	8	Limpieza interna de tubería	2,7
Mezclado	Fugas de agua en la bomba	4	14	Cambio de sellos	3,5
	Desgaste de rodamiento de la bomba de agua	1	4	Lubricar rodamiento	4,0
	Cortocircuito en la bomba de agua	2	8	Revisar circuitos y aislar cables pelados	4,0
	Bomba de agua se quemó	1	6	Revisar circuito eléctrico	6,0
	Ruptura de casquillos de cadena	2	8	Realizar lubricación	4,0
	Existencia de vibraciones de chumacera	4	7	Ajuste de tornillos	1,8
	Desgaste de rodamiento de chumacera	1	4	Realizar lubricación	4,0
	Deterioro en la transmisión del motor de mezclado	3	9	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	3,0
	Desgaste de rodamiento del motor de mezclado	1	4,5	Limpieza para eliminar partículas contaminantes	4,5
	Fugas de agua por la válvula	2	7	Cambio de válvula	3,5
	Motor de capsulismo no arranca	2	6	Ajustar tornillería	3,0
Deterioro en la transmisión del motor de capsulismo	4	14	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	3,5	

Amasado	Motor de amasado no arranca	2	7	Ajustar tornillería	3,5
	Deterioro en la transmisión del motor de amasado	4	10	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	2,5
	Motor de amasado se quemó	1	4	Revisar circuitos eléctricos	4,0
	Generación de fuertes ruidos de la chumacera	4	8	Limpieza y lubricación	2,0
	Existencia de vibraciones de la chumacera	5	7	Ajustar tornillería	1,4
	Desgaste de rodamiento de la chumacera	1	4	Realizar lubricación	4,0
	La presión del presostato no coincide con la escalada	6	11	Limpieza	1,8
	Desalineación del eje del tornillo sinfín	6	18	Realizar alineación respectiva	3,0
Extrusor	Ruptura de casquillos de cadena del tornillo sinfín	3	10	Realizar lubricación de la cadena	3,3
	Desgaste de Catarina del tornillo sinfín	2	5	Alinear catarina	2,5
	Desalineación del eje del tornillo sin fin	3	6	Alinear eje del tornillo	2,0
	Motor de extrusión no arranca	4	12	Ajustar tornillería	3,0
	Deterioro en la transmisión del motor de extrusión	1	4	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	4,0
	Motor de extrusión se quemó	1	7	Revisar circuito eléctrico	7,0
	Vibraciones de la chumacera	3	6	Ajustar tornillería	2,0
	Desgaste de rodamiento de la chumacera	1	4	Realizar lubricación	4,0

Fuente: PERUPAST, S.R.L.

Tabla 45

Plan de mantenimiento aplicando RCM para el subsistema de Dosificado.

Subsistema	Componente	Tareas a realizar	Materiales	Herramientas	Periodo inicial	Responsable	Tiempo de ejecución
Dosificador	Tubos de succión de harina	Limpieza interna de tubería	Trapo industrial	Brocha/aspiradora/Espátula/varillas	2 meses	Mecánico	1 hora
	Motor de vitamina	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	-	Destornillador/ Llaves Hexagonales/	6 meses	Mecánico	1 hora
		Cambio de sellos	Sellos mecánicos	Llaves Hexagonales	Anual	Mecánico	1 hora
	Válvula de paso de agua	Cambiar la válvula	Cinta teflón y válvula de paso de agua	Llaves Hexagonales y llave dado 14	6 meses	Mecánico	0,5 hora
	Motor del tornillo sinfín	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	-	Destornillador/ llaves Hexagonales/	Mensual	Mecánico	1 hora
		Revisar el bobinado estático	-	Circuito eléctrico/Llaves hexagonales/multitester	Anual	Electricista	1 hora
		Revisar circuitos de mando	-	Circuito eléctrico/Llaves hexagonales/multitester	Anual	Electricista	1 hora
		Cambiar sellos	Sellos mecánicos	Llaves/ Hexagonales/ graseras	Anual	Mecánico	1 hora
		Ajustar tornillería	-	Destornillador estrella y plano/llaves hexagonales	1,5 meses	Mecánico	0,5 hora
	Tubos de succión de agua	Limpieza interna de tubería	Trapo industrial	Brocha/aspiradora/Espátula/varillas	2 meses	Mecánico	1 hora

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Tabla 46

Plan de mantenimiento aplicando RCM para el subsistema de Mezclado.

Subsistema	Componente	Tareas a realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Responsable	Tiempo de ejecución
Mezclador	Bomba de agua	Cambio de sellos	Sellos mecánicos	Llaves Hexagonales/ graseras	2 meses	Mecánico	1 hora
		Lubricar rodamiento	Rodamiento	Bomba de grasa/ Llaves /Hexagonales	3 meses	Mecánico	0,5 horas
		Revisar circuitos y aislar cables pelados	Trapo industrial, cinta aislante	Circuito eléctrico/Llaves hexagonales/multitester	6 meses	Electricista	1 hora
		Revisar circuito eléctrico		Circuito eléctrico/Llaves hexagonales/multitester	Anual	Electricista	1 hora
	Cadena	Realizar lubricación	Grasa de litio	Llaves/ Hexagonales/ graseras	2 meses	Mecánico	0,5 horas
	Chumacera	Ajuste de tornillos	-	Destornillador estrella y plano/llaves hexagonales	1,5 meses	Mecánico	0,5 horas
		Realizar lubricación	Grasa de litio	Llaves/ Hexagonales/ graseras	3 meses	Mecánico	0,5 horas
	Motor mezclador	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	-	Llaves/ Hexagonales/ llave stilson/llave francesa	2 meses	Mecánico	1 hora
		Limpieza para eliminar partículas contaminantes	Trapo industrial	Destornillador estrella y plano/llaves hexagonales	6 meses	Mecánico	1 hora
	Válvula de paso de agua	Cambio de válvula	Válvula de paso	Llave inglesa	6 meses	Mecánico	0,5 horas
	Motor de la válvula capsulismo	Ajustar tornillería	-	Destornillador estrella y plano/llaves hexagonales	6 meses	Mecánico	0,5 horas
Revisar la transmisión y lubricación de engranajes		-	Llaves/ Hexagonales/ llave stilson/llave francesa	2 meses	Mecánico	1 hora	

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Tabla 47

Plan de mantenimiento aplicando RCM para el subsistema de Amasado.

Subsistema	Componente	Tareas a realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Responsable	Tiempo de ejecución
Amasadora	Motor de amasado	Ajustar tornillería	-	Destornillador estrella y plano/llaves hexagonales	6 meses	Mecánico	0,5 horas
		Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	-	Llaves/ Hexagonales/ llave stilson/llave francesa	2 meses	Mecánico	1 hora
		Revisar circuitos eléctricos	trapo, cinta aislante	Circuito eléctrico/Llaves hexagonales/multitester	Anual	Electricista	1 hora
	Chumacera	Limpieza chumacera	Trapo industrial	Aspiradora /brocha/cepillo industrial	2 meses	Mecánico	0,5 horas
		Ajustar tornillos	-	Destornillador estrella y plano/llaves hexagonales	1,5 meses	Mecánico	0,5 horas
		Realizar lubricación	Aceite industrial	Llaves hexagonales/ graseras	3 meses	Mecánico	0,5 horas
	Presostato	Ajuste y limpieza presostato	-	Aspiradora /brocha/cepillo industrial	Mensual	Mecánico	0,5 horas
	Tornillo sin fin	Realizar alineación respectiva	Trapo industrial	Llaves hexagonales/niveles/reglas escuadra	Mensual	Mecánico	1 hora

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Tabla 48

Plan de mantenimiento aplicando RCM para el subsistema de Extrusión.

Equipo	Componente	Tareas a realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Responsable	Tiempo de ejecución
Extrusor	Tornillo sinfín	Realizar lubricación de la cadena	Grasa de litio	Llaves hexagonales/ graseras	2 meses	Mecánico	0,5 horas
		Alinear Catarina	-	Llaves/ Hexagonales/ graseras	6 meses	Mecánico	1 hora
		Alinear eje del tornillo	-	Llaves/ Hexagonales	2 meses	Mecánico	1 hora
	Motor de extrusión	Ajustar tornillería	-	Destornillador estrella y plano/llaves hexagonales	1,5 meses	Mecánico	0,5 horas
		Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	-	Llaves/ Hexagonales/ llave stilson/llave francesa	6 meses	Mecánico	1 hora
		Revisar circuito eléctrico	-	Circuito eléctrico/Llaves hexagonales/multitester	6 meses	Electricista	1 hora
	Chumacera	Ajustar tornillería	-	Llaves /hexagonales, destornillador	2 meses	Mecánico	0,5 horas
		Realizar lubricación	Grasa de litio	Llaves hexagonales/ graseras	3 meses	Mecánico	0,5 horas

Fuente: PERUPAST S.R.L.

4.2.3. Elaboración de Cronogramas de los planes de mantenimiento

Las fechas de inicio puestas en los siguientes cronogramas fueron coordinadas con el personal de mantenimiento, no obstante el intervalo establecido en la hoja de decisión se mantuvo.

Tabla 49

Cronograma del plan de mantenimiento para el subsistema de Dosificado.

Sub sistema	Componente	Actividad	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL - SUBSISTEMA DE DOSIFICADO																																															
			Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				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				
Dosificador	Tubos de succión de harina	Limpieza interna	█								█								█								█								█								█							
	Motor de vitamina	Revisar transmisión y lubricación de engrane									█																																							
		Cambio de sellos											█																																					
	Válvula de paso de agua	Cambiar	█																█																															
	Motor del tornillo sin fin	Revisar transmisión y lubricación de engrane	█					█				█				█				█				█				█				█				█				█				█						
		Revisar el bobinado estatórico											█																																					
		Revisar circuitos											█																																					
		Cambiar sellos											█																																					
	Tubos de succión de agua	Ajustar tornillería	█										█										█																											
		Limpieza interna	█								█								█								█												█											

Legenda:



Tabla 51

Cronograma del plan de mantenimiento para el subsistema de Amasado.

EQUIPO	Componente	Actividad	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL- SUBSISTEMA DE AMASADO																																															
			Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				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								
Amasador	Motor de amasado	Ajustar tornillería	█																																															
		Revisar transmisión y lubricación de engranajes	█																																															
		Revisar circuitos eléctricos																																																
	Chumacera	Limpieza chumacera	█																																															
		Ajustar tornillos	█																																															
		Realizar lubricación	█																																															
	Presostato	Ajuste y limpieza presostato	█																																															
	Tornillo sin fin	Realizar alineación respectiva	█																																															

Legenda:

█	1,5 meses	█	3 meses	█	6 meses
█	Mensual	█	Anual	█	2 meses

4.2.4. Elaboración de un manual de Mantenimiento Preventivo

Con los datos obtenidos con anterioridad, dícese de planes y cronogramas de mantenimiento se hace posible la elaboración de un Manual de mantenimiento preventivo en los equipos de la empresa, este manual se adjuntó al Sistema de Gestión diseñado.

Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo Manual de mantenimiento Preventivo	Código: SGM01 Versión: 1.0
--	-------------------------------

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EMPRESA: Planta PERUPAST S.R.L.

VERSIÓN: 1

VIGENCIA: Anual

1. Objetivo

Contar con una metodología de trabajo que permita planificar controlar y realizar el mantenimiento preventivo de los equipos de la planta con una correcta gestión de la información de los recursos y personal.

2. Alcance

El procedimiento es aplicable para el mantenimiento preventivo de los equipos de producción críticos definidos.

3. Definición de términos

3.1. Mantenimiento preventivo: Mantenimiento destinado a prevenir fallas en el equipo.

3.2. Orden de trabajo: Documento físico donde se detallan los trabajos a realizar en los equipos.

4. Responsabilidades

4.1. Jefe de Producción

- Aprueba disponibilidad de equipo según plan para la realización del mantenimiento
- Firma orden de trabajo dando por aceptado que el equipo pasó por mantenimiento preventivo programado y se encuentra netamente operativo.

4.2. Jefe de Mantenimiento

- Elabora plan de mantenimiento preventivo programado de manera anual y lo desliga de manera mensual y semanal.
- Designa técnico mecánico para realizar los trabajos planificados.

- Solicita los repuestos necesarios en almacén guiándose del procedimiento de gestión de almacén de mantenimiento.
- Abre la orden de trabajo para la realización del mantenimiento preventivo programado.
- Supervisa los trabajos realizados.
- Terminada la labor se cierra la orden de trabajo e informa al jefe de producción que el equipo ya se encuentra operativo.
- Archiva orden de trabajo e ingresa la labor realizada a la base de datos indicando el equipo los trabajos realizados y personal responsable.

4.3. Técnicos de Mantenimiento

Realizan las labores correspondientes para dar cumplimiento al programa de mantenimiento preventivo.

5. Áreas relacionadas con el mantenimiento

5.1. Gerencia

Relacionar al área de mantenimiento con Gerencia permite definir los objetivos y las funciones a cumplir dentro de la organización.

5.2. Logística

Despacha los repuestos solicitados según el procedimiento de gestión para el área mantenimiento, requiere de una planificación y control de las adquisiciones.

5.3. Producción

Esta relación permite establecer las fechas de trabajo y evitar el cruce o inconvenientes al momento de desarrollar las actividades de mantenimiento y producción.

5.4. Recursos Humanos

Esta relación parte de la necesidad de contratar personal cualificado y que puedan tener un buen desempeño en su puesto de trabajo.

6. Documentos aplicables

- Formato de orden de trabajo.
- Fichas técnicas
- Solicitud de repuestos
- Plan de mantenimiento preventivo

7. Actividades de prevención y conservación

Inspección visual

- Referido a todo lo susceptible a falla mecánica progresiva como desgaste y corrosión.
- Todo lo que tenga que ver con fallas de corrosión y humedad.

Limpieza

- Esta referido a limpiar los componentes que presentan acumulación de suciedad.

Lubricar

- Es una de las actividades más importantes del mantenimiento preventivo, ya que influye mucho en la vida útil de los componentes. Lubricar significa untar con lubricantes solidos o líquidos los componentes mecánicos.

Ajustar

- Esta actividad se realiza sobre instalaciones eléctricas y equipos con el fin de cumplir con los parámetros de funcionamiento.

8. Descripción del procedimiento del mantenimiento preventivo

8.1. Jefe de Mantenimiento con ayuda del plan de mantenimiento este genera una orden de trabajo sobre la actividad de mantenimiento que se llevará a cabo y aprueba disponibilidad de equipo según plan para la realización del mantenimiento. Abre la orden de trabajo para la realización del mantenimiento preventivo programado y solicita los repuestos necesarios en almacén guiándose del procedimiento de gestión de almacén de mantenimiento.

8.2. Logística despacha los repuestos solicitados según el procedimiento de gestión de almacén de mantenimiento.

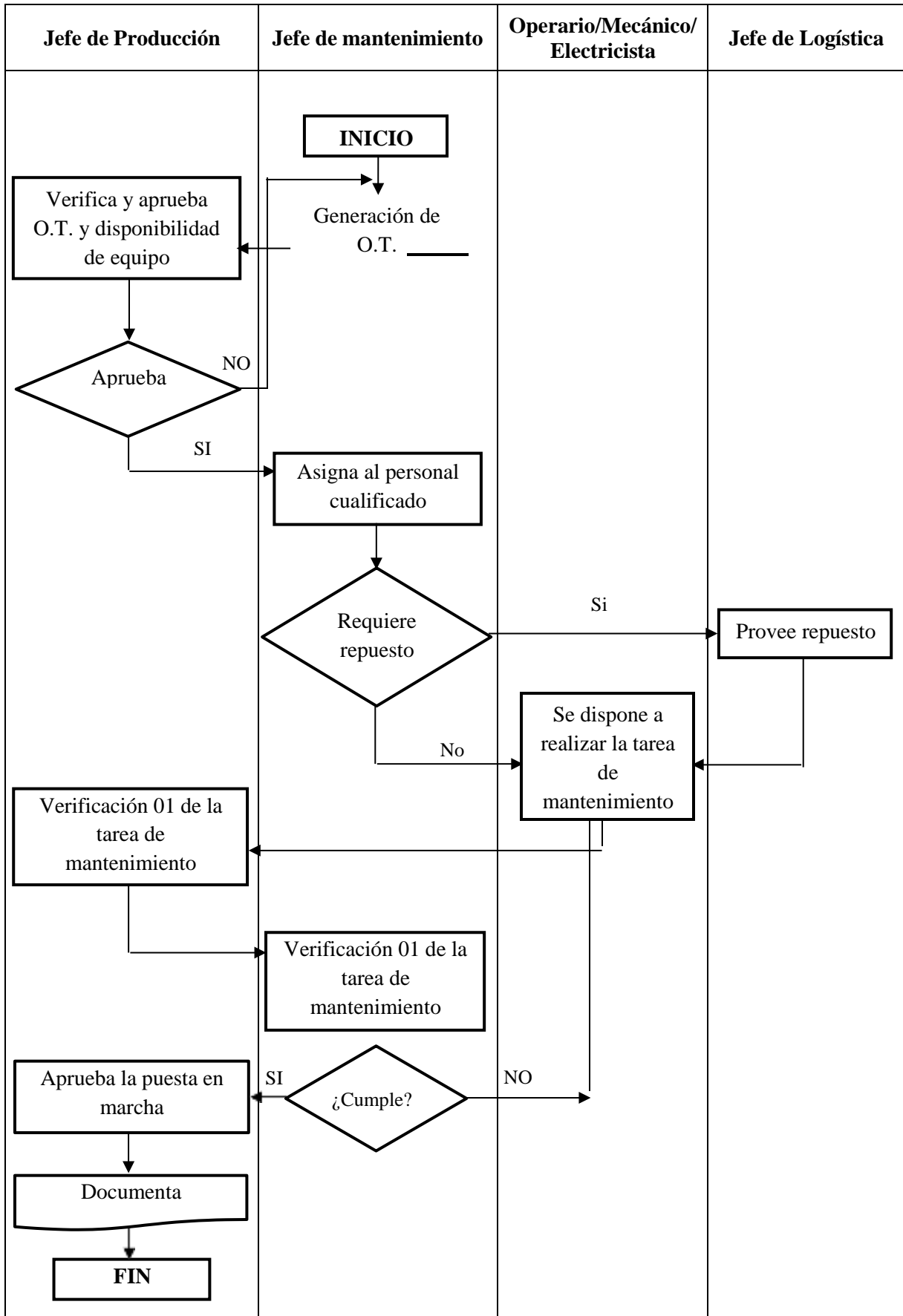
8.3. Técnicos de Mantenimiento realiza la labor correspondiente para dar cumplimiento al programa de mantenimiento preventivo.

8.4. Jefe de Mantenimiento supervisa los trabajos realizados por parte de los técnicos. Culminada la labor **el jefe de Mantenimiento** cierra la orden de trabajo e informa al jefe de producción que el equipo ya se encuentra operativo.

8.5. Jefe de Producción firma de orden de trabajo verificando que el equipo ha pasado por mantenimiento preventivo y se encuentra operativo; luego entrega orden de trabajo a Supervisor de Mantenimiento.

8.6. El Jefe de Mantenimiento archiva orden de trabajo e ingresa la labor realizada a la base de datos indicando el equipo los trabajos realizados y personal responsable.

9. Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo



10. Documentos Aplicables

10.1. Orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO					
Por este medio le solicito programar y realizar las tareas de mantenimiento descrita a continuación:					
Correctivo			Preventivo		
Fecha:			Hora:		
Máquina:			Código:		
Modelo:			Tiempo máximo:		
Periodo de Mantenimiento					
Descripción de la tarea de mantenimiento a realizar					
_____ _____ _____ _____					
Medidas de seguridad integral					
_____ _____ _____					
Sin más que referirme, Atte. Jefe de Mantenimiento. _____					

10.2. Solicitud de repuestos

ORDEN DE PEDIDO					
Fecha:			Hora:		
Máquina:			Nombre de pieza:		
Solicita:					
Repuesto/Pieza	Cantidad	Código	Marca	Proveedor	Observación

10.3. Ficha técnica

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS		
Preparado por:		Aprobado por:
Descripción del equipo:		
Modelo:		Fecha:
Marca:		Versión:
Serial:		
Especificaciones técnicas:		
Características de Uso		

10.4. Registro del Mantenimiento Preventivo

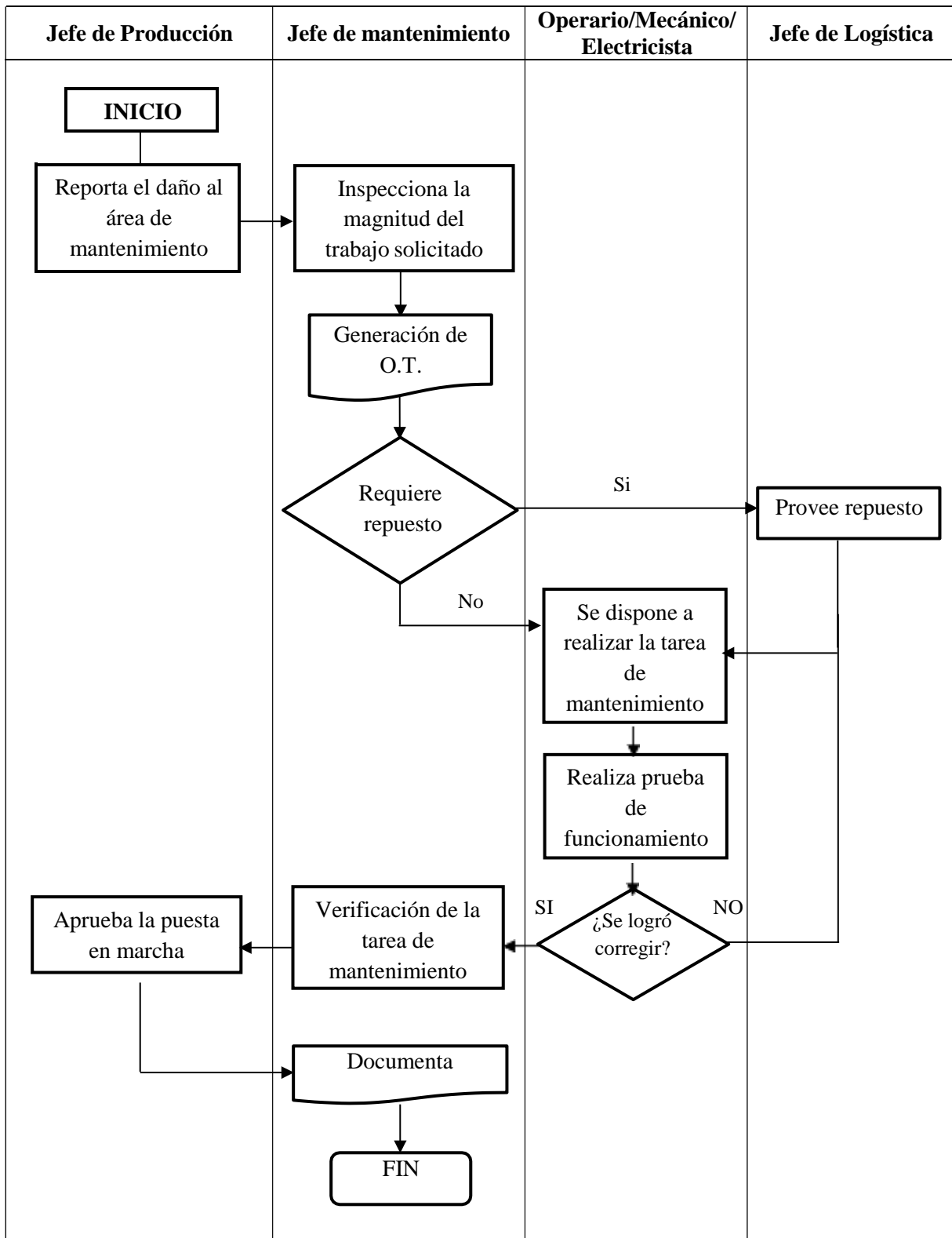
Procedimiento de mantenimiento				Código:	
Formato de registro del mantenimiento Preventivo				Fecha de aprobación:	
Máquina	Modelo	Código	Descripción del servicio	Costo	Responsable

11. Descripción del mantenimiento Correctivo

Este tipo de mantenimiento debe iniciar con la generación de una orden de trabajo, emitida por el jefe de mantenimiento, respondiendo a las prioridades de la empresa. Para ello se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- El mantenimiento correctivo debe ser solicitado por el jefe de producción o proyectos de la empresa.
- El trabajo de mantenimiento a realizar debe estar dentro del presupuesto asignado.
- El trabajo de mantenimiento a realizar debe estar dentro de la normativa de seguridad de la empresa.

Diagrama de flujo del procedimiento del mantenimiento Correctivo



4.2.5. Evaluación de los Indicadores de gestión después de la propuesta de Mejora

4.2.5.1. Evaluación de los Nuevos indicadores de Gestión de Mantenimiento

Antes de evaluar los indicadores de mantenimiento se desarrolló un cuadro resumen el plan de mantenimiento propuesto y se determinó que para 176 tareas son necesarias 130 horas de trabajo en un periodo anual.

Tabla 53

Número y tiempo para intervenciones anuales de mantenimiento por subsistema.

Subsistema	Tarea a realizar	N° de intervenciones	Tiempo a emplear (h)
Dosificador	Limpieza de la tubería	6	6
	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	2	2
	Cambio de sellos	1	1
	Cambiar la válvula	2	1
	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	12	12
	Revisar el bobinado estatórico	1	1
	Revisar circuitos de mando	1	1
	Cambiar sellos	1	1
	Ajustar tornillería	8	4
	Limpieza interna de tubería	6	6
Mezclado	Cambio de sellos	6	6
	Lubricar rodamiento	4	2
	Revisar circuitos y aislar cables pelados	2	2
	Revisar circuito eléctrico	1	1
	Realizar lubricación	6	3
	Ajuste de tornillos	8	4
	Realizar lubricación	4	2
	Revisar transmisión y lubricación de engranajes	6	6
	Limpieza para eliminar partículas contaminantes	2	2
	Cambio de válvula	2	1
	Ajustar tornillería	2	1
Revisar transmisión y lubricación de engranajes	6	6	
Amasado	Ajustar tornillería	2	1
	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	6	6
	Revisar circuitos eléctricos	1	1
	Limpieza y lubricación	6	3
	Ajustar tornillería	8	4
	Realizar lubricación	4	2
	Limpieza	12	6
	Realizar alineación respectiva	12	12
Extrusor	Realizar lubricación de la cadena	6	3
	Alinear catarina	2	2
	Alinear eje del tornillo	6	6
	Ajustar tornillería	8	4
	Revisar la transmisión y lubricación de engranajes	2	2
	Revisar circuito eléctrico	2	2
	Ajustar tornillería	6	3
	Realizar lubricación	4	2
Total		176	130

Fuente: PERUPAST, S.R.L.

Tabla 54
Número y tiempo para intervenciones anuales de mantenimiento por meses.

Mes	Horas para mantenimiento	N° de tareas de Mantenimiento
Enero	20,5	29
Febrero	5,5	8
Marzo	12,5	15
Abril	13,5	18
Mayo	13,5	18
Junio	2,5	3
Julio	20,5	29
Agosto	5,5	8
Septiembre	12,5	15
Octubre	7,5	12
Noviembre	13,5	18
Diciembre	2,5	3
Total	130	176

Fuente: PERUPAST, S.R.L.

Cabe mencionar que los subsistemas críticos tomados en cuenta para realizar el mantenimiento preventivo (Dosificado, Mezclado, Amasado y Extrusado) tuvieron un total de 335 horas de parada; sin embargo al estar sometidos a un mantenimiento Preventivo el tiempo de parada se reduce en cada uno de ellos, es así que en la siguiente tabla se determinó que la suma de reducción de tiempo de parada fue de 205 horas.

Tabla 55
Reducción del tiempo de parada por mantenimiento preventivo.

Subsistema	Tiempo de mantenimiento correctivo actual	Tiempo total programado horas	Reducción del tiempo de parada
Dosificado	92,5	35	57,5
Mezclado	102,5	36	66,5
Amasado	73	35	38
Extrusado	67	24	43
Total	335	130	205

Fuente: Elaboración propia.

Se comparó el tiempo de parada del mantenimiento correctivo actual (388,5 horas) con el tiempo de reducción de parada (205 horas); este último representa un 53 % de las horas de parada iniciales.

- **Indicador futuro de Confiabilidad –MTTF**

Para calcular el nuevo indicador de confiabilidad se tuvo en cuenta lo siguiente:

- **Tiempo disponible para la producción anual:** 2 048 horas

- **Tiempo total de inactividad:** siendo la resta de las horas de paradas en mantenimiento correctivo y la suma del tiempo al que se reduce el mantenimiento correctivo, por lo que se tiene:

$$388,5 - 205 = 183,5 \text{ horas}$$

- **Número de fallas :** 42 (no se incluyen las fallas a los subsistemas que se realiza un mantenimiento preventivo)

$$MTTF = \frac{\textit{T tiempo total de operación de máquina}}{\textit{número de fallas}} = \frac{2\ 048 - 183,5}{42}$$

MTTF: 44,4 horas

Esto significa que la empresa tendrá un tiempo promedio de ocurrencia de falla cada 44,4 horas, se evidencia la mejora a diferencia del valor de 12,3 horas antes de la mejora.

- **Indicador futuro de Mantenibilidad - MTTR**

Para calcular el nuevo indicador de mantenibilidad se tuvo en cuenta lo siguiente:

- **Tiempo disponible para la producción anual:** 2 048 horas

- **Tiempo total de inactividad:** siendo la resta de las horas paradas en mantenimiento correctivo y la suma del tiempo del tiempo al que se reduce el mantenimiento correctivo, por lo que se tiene:

$$388,5 - 205 = 183,5 \text{ horas}$$

- **Número de fallas:** 42 (no se incluyen las fallas de los subsistemas que se realiza un mantenimiento preventivo); sumando a ello las intervenciones que se realizaran para cumplir con cada actividad.

$$MTTR = \frac{\textit{T tiempo total para resturar por maquina}}{\textit{numero de fallas}} = \frac{183,5}{218}$$

MTTR: 0,84 horas promedio fuera de servicio

- **Indicador futuro de Disponibilidad**

Para calcular el nuevo indicador de disponibilidad se tuvo en cuenta lo siguiente:

- **Tiempo disponible para la producción anual:** 2 048 horas

- **Tiempo total de inactividad:**

$$388,5 - 205 = 183,5 \text{ horas}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{horas operativas} - \text{horas inactividad}}{\text{horas operativas}} \times 100$$

$$D = \frac{2\,048 - 183,5}{2\,048}$$

$$\text{Disponibilidad} = 91,04 \%$$

De acuerdo a lo propuesto la disponibilidad se incrementa en un 10 % de lo anterior.

4.2.5.2. Evaluación de los nuevos indicadores de Productividad

- **Productividad en relación con el recurso tiempo**

Para calcular el indicador futuro de productividad con respecto al tiempo se tuvo en cuenta lo siguiente:

- **La pérdida de producción (PeP):** el tiempo de parada por tareas de mantenimiento planificado fue de 130 horas; mientras que el tiempo del mantenimiento correctivo de los subsistemas no tomados en cuenta en la planificación es de 54 horas; la suma de ambos tiempos se pasó a días, de tal modo que se obtuvieron 23 días de parada, tiempo que no se dedica a la producción.

$$\text{PeP} = 23 \text{ días} \times 480 \text{ bolsas de fideo/día} = 11\,040 \text{ bolsas de fideo}$$

- **La producción promedio:**

En la tabla se muestra la nueva producción mensual, se tuvo en cuenta el tiempo de mantenimiento preventivo y correctivo aun existente después de la mejora; se obtuvo que la nueva producción promedio anual es de 111 840 bolsas de fideo.

Tabla 56

Nueva producción mensual después de la mejora

Mes	Tiempo de Prod. Disponible (h)	Tiempo para mantenimiento Preventivo (h)	Tiempo de mantenimiento correctivo no atendido (h)	Horas Reales de Prod.	Prod. (bolsas/h)	Nueva Prod.
Enero	168	20,5	-	148	60	8 850
Febrero	168	5,5	2,0	161	60	9 630
Marzo	168	12,5	11,0	145	60	8 670
Abril	176	13,5	-	163	60	9 750
Mayo	176	13,5	14,0	149	60	8 910
Junio	168	2,5	4,0	162	60	9 690
Julio	160	20,5	-	140	60	8 370
Agosto	176	5,5	14,0	157	60	9 390
Septiembre	176	12,5	-	164	60	9 810
Octubre	168	7,5	-	161	60	9 630
Noviembre	168	13,5	9,0	146	60	8 730
Diciembre	176	2,5	-	174	60	10 410
Total	2048	130,0	54	1 864	60	111 840

Fuente: PERUPAST S.R.L.

De otro modo la producción promedio anual, se determinó de la siguiente forma:

$$PP = (\text{Días laborables} - \text{Días de parada}) \times \text{Producción/día}$$

$$PP = (256 - 23) \text{ días/año} \times 480 \text{ bolsas/día}$$

$$PP = 111\ 840 \text{ bolsas de fideo/año}$$

- **Tiempo de producción anual:** 256 días

Una vez se obtuvo la pérdida de producción por tiempo de parada y la nueva producción se calculó la nueva productividad del siguiente modo:

$$\text{Productividad} = \frac{111\ 840 \text{ bolsas de fideo} - 11\ 040 \text{ bolsas de fideo}}{256 \text{ días}}$$

$$\text{Productividad} = 394 \text{ bolsas de fideo/día}$$

La productividad a futuro en relación al tiempo es de 394 bolsas/día; expresado en porcentaje la productividad después del diseño está en un 82,1 %, por lo que se incrementó en 20 % con referencia a lo anterior con el diseño de un sistema de mantenimiento en el proceso productivo de la empresa.

- **Productividad de los subsistemas de prensa**

La empresa con la mejora será capaz de producir 391 bolsas de fideo al día, considerando que el sistema de Prensa está compuesto de seis subsistemas se tiene que la productividad incrementa de 48 bolsas de fideo a 66 bolsas de fideo por subsistema que presenta la prensa.

$$\text{Productividad} = \frac{394 \text{ bolsas de fideo}}{6 \text{ subsistemas}} = 66 \text{ bolsas de fideo/subsistema}$$

4.2.6. Cuadro comparativo de indicadores antes y después de la mejora

Tabla 57

Resumen de indicadores de antes y después del diseño propuesto.

Indicador	Fórmula	Antes del diseño	Después del diseño	Unidad
Tiempo de parada	$\Sigma = \text{Tiempo de parada}$	388,5	183,5	h
Tiempo medio entre falla (MTBF)	$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de funcionamiento}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$	11,5	52	h
Tiempo medio para reparar (MTTR)	$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$	2,8	0,84	h
Disponibilidad	$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{horas totales} - \text{horas de paro}}{\text{horas totales}}$	80,5	90,8	%
Productividad con respecto al tiempo	$\frac{\text{Produccion real}}{\text{horas producción}}$	60,8	81	%
Productividad de los subsistemas de prensa	$\frac{\text{Produccion real}}{N^{\circ} \text{ de subsistemas}}$	48	65	Bolsas de fideo/subsistema

Fuente: PERUPAST, S.R.L.

4.3. Análisis B/C del diseño del sistema de mantenimiento preventivo RCM

4.3.1. Costos de Inversión para de diseño del SGM

Para analizar el diseño tuvo en cuenta los costos en los que la empresa debe incurrir para poner en marcha el sistema de gestión de mantenimiento (SGM). Los costos comprenden costos de gestión, costo de mano de obra y los costos de los materiales necesarios para el mantenimiento propiamente dicho.

a) Inversión en el sistema de Gestión basado en el RCM

Los costos de gestión se describen en la siguiente tabla:

Tabla 58

Inversión inicial para la gestión del SGM.

Descripción	Unidad	Precio (S/)	Cantidad	Sub-total
Capacitación para aplicación del RCM + viáticos	Unidad	2 500	1	2 500
Computadora	Unidad	2 000	1	2 000
Impresora	Unidad	500	1	500
Hojas bond	Millar/anual	25	2	50
Archivadores	Pack anual	20	3	60
Materiales de escritorio	Pack anual	150	1	150
Herramientas				
Caja de herramientas (llaves)	Unidad	350	1	350
Bomba de grasa	Unidad	200	1	200
Trapos Industriales	Unidad	4,5	12	54
Total (S/)				5 864

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Capacitación en RCM para su aplicación: Referida a la introducción e implementación de la metodología RCM en la empresa. Los precios fueron brindados por la institución SENATI, la misma que ofrece capacitaciones en mantenimiento.

El material de escritorio hace referencia a cuadernos lapiceros, fotocopias, etc., para realizar las capacitaciones.

Las capacitaciones a los operarios serán brindadas por el Jefe de Mantenimiento quien es el que obtendrá la capacitación de primera mano.

b) Inversión en repuestos y materiales de mantenimiento

En la tabla 59, se muestran los costos anuales de repuestos para el mantenimiento de las máquinas con la implementación de sistema propuesto. Así se tiene que el costo anual de los repuestos para el mantenimiento es de 1 746,0 soles.

Tabla 59

Costos de repuestos para mantenimiento.

Subsistema	Repuesto	Precio unit. (S/)	Cantidad	Subtotal (S/)
Dosificado	Sellos de bomba de agua (Sello Mecánico)	157	1	157,0
	Sellos Felpro de motor dosificador	264	1	264,0
	Válvula de paso de agua (Válvula Check Swing 3/4")	59,9	1	59,9
	Grasa de litio multiusos EP-2 Amarillo 453 gramos	9,9	14	138,6
	Material de aislamiento eléctrico	6,5	2	13,0
Mezclado	Sellos de bomba de agua (Sello Mecánico de 5/8)	40	12	480,0
	Grasa de litio multiusos EP-2 Amarillo 453 gramos	9,9	26	257,4
	Material de aislamiento eléctrico	6,5	3	19,5
	Válvula de paso de agua (Válvula Check Swing 3/4")	59,9	1	59,9
Amasado	Grasa de litio multiusos EP-2 Amarillo 453 gramos	9,9	16	158,4
	Material de aislamiento eléctrico	6,5	1	6,5
Extrusión	Grasa de litio multiusos EP-2 Amarillo 453 gramos	9,9	12	118,8
	Material de aislamiento de corriente eléctrica	6,5	2	13,0
Total				S/ 1 746,0

Fuente: PERUPAST S.R.L., PROMART, SODIMAC, 2019

c) Inversión total para la implementación del SGM basado en el RCM

La inversión inicial para el sistema propuesto tuvo un monto de S/ 7 610,00

Tabla 60

Costo de inversión inicial para la implementación del S.G.M.

Descripción	Subtotal (S/)
Inversión de Gestión	5 864,0
Inversión en de repuestos y materiales	1 746,0
Total	S/ 7 610,0

Fuente: PERUPAST S.R.L.

d) Costo de Mano de Obra

El costo de Mano de Obra para la ejecución del Sistema de Gestión de Mantenimiento, hace un total de S/ 39 600 anual, cabe resaltar que en los sueldos establecidos se incluye asignación familiar y CTS.

Tabla 61

Costo de Mano de Obra del SGM.

Descripción de puesto de trabajo	Sueldo mensual	Sueldo anual
Jefe de mantenimiento	S/ 2 000	S/ 24 000
Técnico Electricista	S/ 1 300	S/ 15 600
Total		S/ 39 600

Fuente: PERUPAST

4.3.2. Ingresos y B/C después de la implementación

El diseño de un Sistema de Mantenimiento para la empresa PERUPAST S.R.L., se realizó debido a que la empresa no desarrolla programas de mantenimiento preventivo. El beneficio se centra en mejorar el funcionamiento de las máquinas, ahorrar tiempo para la realización de las actividades de mantenimiento.

- **Incremento en utilidades después de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento**

Tabla 62

Incremento de utilidades después de la mejora.

Mes	Producción Total (bolsas)	Producción actual (bolsas)	Aumento de Producción (Bolsas)	Utilidad (S/. /Bolsa)	Incremento de utilidades (S/.)
Enero	8 850	8 580	270,0	5,8	1 566
Febrero	9 630	9 000	630,0	5,8	3 654
Marzo	8 670	7 380	1 290,0	5,8	7 482
Abril	9 750	7 530	2 220,0	5,8	12 876
Mayo	8 910	8 190	720,0	5,8	4 176
Junio	9 690	8 160	1 530,0	5,8	8 874
Julio	8 370	7 680	690,0	5,8	4 002
Agosto	9 390	7 710	1 680,0	5,8	9 744
Septiembre	9 810	8 940	870,0	5,8	5 046
Octubre	9 630	9 540	90,0	5,8	522
Noviembre	8 730	7 200	1 530,0	5,8	8 874
Diciembre	10 410	9 660	750,0	5,8	4 350
Total	111 840	99 570	12 270	5,8	71 166

Fuente: PERUPAST S.R.L.

Tabla 63

Evaluación económica: Flujo de Caja económico.

	Mes												
Beneficios	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Incremento de ventas		S/. 1 566	S/. 3 654	S/. 7 482	S/. 12 876	S/. 4 176	S/. 8 874	S/. 4 002	S/. 9 744	S/. 5 046	S/. 522	S/. 8 874	S/. 4 350
Total Beneficios	S/. 0,00	S/. 1 566	S/. 3 654	S/. 7 482	S/. 12 876	S/. 4 176	S/. 8 874	S/. 4 002	S/. 9 744	S/. 5 046	S/. 522	S/. 8 874	S/. 4 350
Costos													
Mano de Obra		S/. 3.300	S/. 3 300	S/. 3 300	S/. 3 300	S/. 3 300	S/. 3 300	S/. 3 300	S/. 3 300	S/. 3 300	S/. 3 300	S/. 3 300	S/. 3 300
Repuestos	S/. 1.745												
Gestión	S/. 7.610												
5 % Imprevisto	S/. 467,7	S/. 165	S/. 165	S/. 165	S/. 165	S/. 165	S/. 165	S/. 165	S/. 165	S/. 165	S/. 165	S/. 165	S/. 165
Total Costos	S/. 9.822	S/. 3 465	S/. 3 465	S/. 3 465	S/. 3 465	S/. 3 465	S/. 3 465	S/. 3 465	S/. 3 465	S/. 3 465	S/. 3 465	S/. 3 465	S/. 3 465
Utilidad bruta	S/. -9 822	S/. -1 899	S/. 189	S/. 4 017	S/. 9 411	S/. 711	S/. 5 409	S/. 537	S/. 6 279	S/. 1 581	S/. -2 943	S/. 5 409	S/. 885
Depreciación	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0
Utilidad Sin Impuestos		S/. -1 899	S/. 189	S/. 4 017	S/. 9 411	S/. 711	S/. 5 409	S/. 537	S/. 6 279	S/. 1 581	S/. -2 943	S/. 5 409	S/. 885
Impuestos		S/. 569,7	S/. 56,70	S/. 1 205	S/. 2 823	S/. 213	S/. 1 622	S/. 161	S/. 1 883	S/. 474,3	S/. 882	S/. 1 622	S/. 265,5
Utilidad neta	S/. -9.822	S/. -2 468	S/. 132,30	S/. 2 811	S/. 6588	S/. 497	S/. 3 786	S/. 375,9	S/. 4 395	S/. 1 106	S/. -2.060	S/. 3 786	S/. 619
Utilidad acumulada	S/. -9.822	S/. -12 290	S/. -12 158	S/. -8 689	S/. -2 101	S/. -1 604	S/. 2 182	S/. 2 557	S/. 6 952	S/. 8 058	S/. 5 998	S/. 9 784	S/. 10 403

VAN	S/. 10 235,8
TIR	13%
B/C	S/. 1,38

- TMAR (Tasa mínima aceptable de rendimiento o Costo de oportunidad)

Es el costo de oportunidad o tasa referencial que el inversionista está dispuesto a recibir por arriesgar su capital en el proyecto. Según INEI 2019, la tasa de inflación es de 1,99 %

TMAR = Tasas de Inflación + Riesgo de inversión (lo que piensa ganar)

$$\text{TMAR} = 1.99 \% + 10 \%$$

$$\text{TMAR} = 11,9 \%$$

Este valor de 11,99 % de TMAR nos da a entender que es la tasa mínima que se obtendría en la inversión antes que deje de ser rentable.

- TIR (Tasa Interno de Retorno)

De la tabla 63 se obtuvo una TIR de 13 % es lo que se considera que es un proyecto FACTIBLE.

Así mismo se puede comparar el TMAR es 11,9 % con la relación de que el TIR debe ser mayor que TMAR lo que debe significar que el proyecto es Rentable:

$$\text{TIR} > \text{TMAR}$$

$$13\% > 11,9 \%$$

Esta relación nos da a entender que el TIR es mayor a TMAR lo que significa que los flujos de fondo es mayor al de la inversión, por lo tanto el Proyecto es RENTABLE.

- VAN (Valor Actual Neto)

Para el VAN (valor presente neto) es la sumatoria de los flujos netos de caja futura actualizados menos la inversión inicial, aplicando la tasa de descuento del 12 % , según el Banco de Crédito del Perú queda S/. 10 235,81 como ganancia, por tanto, el proyecto se considera factible

Así mismo, se determinó que a la empresa recuperara en los 5 primeros meses, ya que partir del sexto mes empieza a obtener beneficios líquidos para la empresa.

Por tanto el costo-beneficio se presenta de la siguiente forma:

$$\mathbf{B/C} = \frac{\mathbf{Beneficio}}{\mathbf{Costo}}$$

$$\mathbf{Beneficio/Costo} = \frac{S/71\,166,0}{S/9\,822,75 + S/41\,580}$$

$$\mathbf{B/C} = 1,38 \text{ soles}$$

El resultado indica que por cada sol que se invierte en el sistema de mantenimiento RCM, el beneficio será de 0,38 soles, esto significa que la inversión es rentable y el proyecto es aceptable.

V. CONCLUSIONES

Al realizar el diagnóstico de la situación actual de la empresa en el área de mantenimiento, se encontró un total de 135 averías ocurridas equivalentes a 388,5 horas de parada no programadas, un MTTF de 12,3 horas, un MTTR de 2,8 horas, la disponibilidad global encontrada fue de 81 % y en cuanto a la productividad en relación al tiempo fue de 301 bolsas/día; expresado en porcentaje la productividad se encontró en un 62,7 % de la requerida o ideal y finalizando el diagnóstico se determinó que las utilidades no percibidas alcanzaron el valor de S/ 135 198,0.

Recurriendo al análisis de criticidad y el diagrama de Pareto, se determinó los subsistemas más críticos del sistema prensa, para realizar acciones inmediatas en los mismos. La metodología RCM, se apoyó en herramientas como el Análisis de modo efecto de modo efecto y falla (AMEF) y la hoja de decisión. Se tuvo como resultado un tiempo de parada reducido en 205 horas, el nuevo MTTF logrado fue de 44,4 horas, así también el MTTR se redujo a 0,84 horas, así también la disponibilidad se incrementó a 91,04 %; y en cuanto a la productividad respecto al tiempo, esta se eleva en comparación a la encontrada en el diagnóstico inicial, de modo que con la mejora se producirán 394 bolsas de fideo/día, lo cual representa el 82,1 % de lo ideal.

Finalmente, en el análisis Costo-Beneficio se estimó un VAN de S/. 10 235,81 y una tasa interna de retorno (TIR) de 13%, así mismo, con la aplicación del Sistema de Gestión de mantenimiento Preventivo RCM la empresa ganará S/ 0,38 por cada sol que invierte, empezando a tener utilidades líquidas a partir del sexto mes, todo esto indica que la implementación del proyecto es rentable y es aceptada.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa implementar el sistema implementar la metodología 5S, debido a que actualmente, presenta problemas de orden y limpieza en sus instalaciones.

La empresa debe optar por implementar un sistema de gestión de la calidad e inocuidad de sus productos así mismo velar por la mejora continua de sus procesos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ramos, J.,(2012). «Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de fideos en una empresa de consumo masivo mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta.» *PUCP*.
- García G.,(2018). «Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (TPM).» *PUCP*.
- Cuatrecasas, L. (2000). «TPM hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción.» Barcelona: Gestión.
- Moubray, J., (2004) «Mantenimiento Centrado en la confiabilidad.» Aladon LLC, Edición español.
- García, S. (2003) «Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. » Madrid: Editorial Díaz Santos.
- Anbuselvan, S., Arunkumar, S., Guhan, G., Muruganatham & K., Rajesh T. (2014) «Optimization of productivity in agro industries using reliability centered maintenance», International Journal of Technology and Engineering System (IJTES), Vol 6 No.2 Jan-March, pp. 203-208.
- Mestas, D., (2018). «Modelo de un de mantenimiento centrado en confiabilidad para equipos de electroforesis capilar de hospitales de lima», Universidad nacional del Callao, escuela de Postgrado.
- Vizcaíno, M. (2016). «Desarrollo de un plan modelo de mantenimiento para el funcionamiento adecuado de los equipos eléctricos y mecánicos de un edificio de oficinas en la ciudad de cuenca», Escuela superior politécnica de chimborazo, Ecuador,
- Campos, O., Tolentino, G., Toledo, M., & Tolentino, R. (2019). «Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos», Científica, vol. 23, núm. 1, Enero-Junio.
- Llamba, F. (2014). «Elaboración del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) de la central hidráulica Illuchi N° 2,» Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Gómez, J. (2012) «Términos Usuales de la Confiabilidad. » España: Asociación Española Para La Calidad.

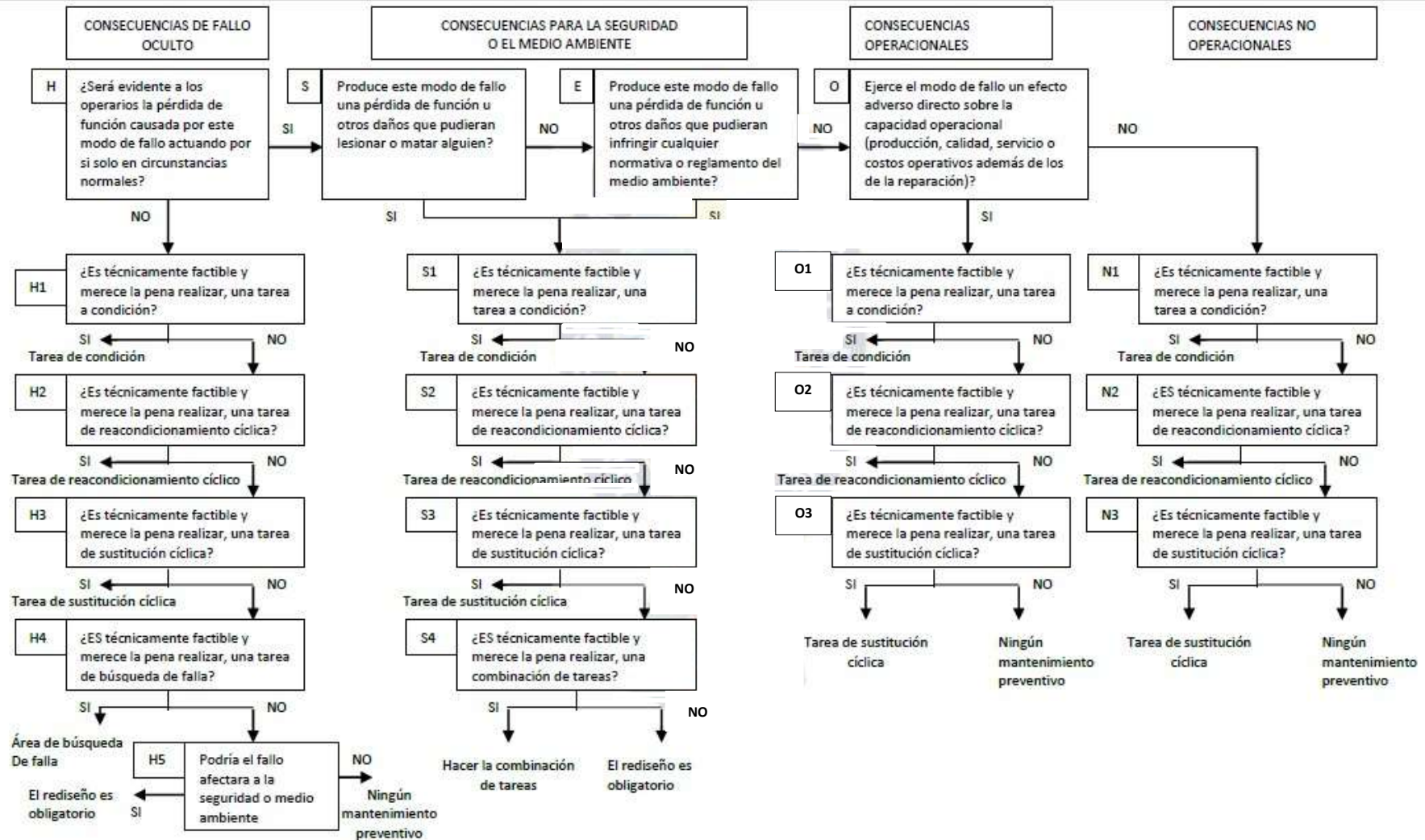
- López, F., (2012). ISO 9000 y la planificación de la calidad: Instituto Colombiano de Normas técnicas y certificación. Obtenido de ISO: Bogotá, Colombia.
- Duffuaa S. A. Raouf & J. Dixon. (2012). «Sistemas de mantenimiento: Planeación y Control. » México: LIMUSA Wiley.
- González, F., (2014). «Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión». Bogotá: Ediciones de la U.
- Niebel W. & Andris F., (2014). «Ingeniería Industrial de Niebel». Mc Graw-Hill: Interamericana.
- Trías, M., González, P., Fajardo, S., y Flores, L.,(2011). «Las 5 W + H y el ciclo de mejora en la gestión de procesos,» *Laboratorio Tecnológico del Uruguay*, pp. 20-25.
- Smith, D. J. (2011). « Reliability, maintainability and risk: Practical methods for engineers. Butterworth-Heinemann. » Barcelona: Gestión.
- Parra, C., & Crespo A., (2012). «Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos. » España: Editorial Ingeman.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Formato de la hoja de información del AMEF.

Nombre del sistema:					Realizado por:				N° de AMEF:	Pág. N°			
Subsistema:					Aprobado por: Ing.				Condiciones existentes				
Componente	F	Función	FF	Falla de Función	MF	Modo falla	Efectos del modo falla	Causa potencial	C. Actual	S	O	D	NPR

Anexo 2. Diagrama de decisión



Anexo 3. Formato de hoja de decisión.

Hoja de Decisión																
Equipo :								Realizado por.								
Función :								Aprobado por.								
Componente	Referencia Información			Evaluación de consecuencia				Decisión			Acción "a falta de "			Tareas propuestas	Intervalo inicial	A realizarse por:
								H1	H2	H3						
								S1	S2	S3						
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
								N1	N2	N3						

Anexo 4. Precio de Venta de la bolsa de Fideo a granel de 10 kg.

Dominioni PERUPAST S.R.L.
 COMPRA Y VENTA DE HARINA, FIDEOS Y BARROTES EN GENERAL AL POR MAYOR Y MENOR
 P.I. BARRIO COMERCIO NRO. 303 B P.I. BUENO SAN LORENZO CHICLAYO - CHICLAYO LAMBAYEQUE
 TEL.F. 074.251719 - TELEFAX. 074.252691 - e-mail: para_perupast@hotmail.com

R.U.C. N° 20479839329
FACTURA
 0001- N° 001905

Emisor(es): Fernando James Perpetua Odria
 Dirección: ca. Zorrillo Zalmá n° 1240 - T.L.C.
 R.U.C. N°: 201654237059 G. REMISION N°: 0003 - 000477 Fecha: 05 / 06 / 2015

CANT.	DESCRIPCION	P.UNIT.	IMPORTE
<u>20</u>	<u>bolsa de Fideo Dominioni 20000 Grms - 10kg</u>	<u>24.50</u>	<u>490</u>

Observaciones: cuatrocientos noventa con 00/100

VALOR DE VENTA S/ 415.25 I.G.V. (18%) 74.75 TOTAL S/ 490.00

Emisor: **Gama Print** R.U.C. 19990422114
 Calle Comercio 1193
 Telf. 074.251940
 Calle Comercio 1193
 Telf. 074.251940
 Calle Comercio 1193
 Telf. 074.251940

Fecha: 05 de 06 del 2015

PERUPAST S.R.L. **EMISOR**