

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

Carrera de Ingeniería Industrial

# **“PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DEL RCM PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS DE MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA AGROINDUSTRIAL, LA LIBERTAD, AÑO 2021”**

Tesis para optar el título profesional de  
Ingeniero Industrial

**Autores:**

Jose Maria Vargas Bernal  
Javier Saucedo Alcantara

**Asesor:**

Ing. Luis Alfredo Mantilla Rodríguez  
<https://orcid.org/0000-0002-5497-4826>

Trujillo – Perú

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>JURADO EVALUADOR.....</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>4</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FÍGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.1. Realidad problemática .....	13
1.2. Formulación del problema.....	52
1.3. Objetivos.....	53
1.4. Hipótesis .....	53
1.5. Variables.....	54
<b>CAPÍTULO II. MÉTODO.....</b>	<b>57</b>
2.1. Tipo de investigación.....	57
2.2. Población y muestra .....	57
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	58
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>60</b>
3.1. Procedimiento.....	63
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>259</b>
<b>4.1. Discusión.....</b>	<b>259</b>
<b>4.2. Conclusiones .....</b>	<b>261</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>264</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>270</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estructura de las empresas que manejan flotas de vehículos .....	38
Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables. ....	55
Tabla 3 Procedimiento de la empresa. ....	62
Tabla 4 Relación de personal de mantenimiento taller.....	65
Tabla 5 Horario de trabajo del área de mantenimiento.....	66
Tabla 6 Horario de trabajo del área de mantenimiento.....	69
Tabla 7 Listado de Causas Raíces.....	72
Tabla 8 Frecuencia de causas raíces .....	72
Tabla 9 Datos del área de mantenimiento periodo 2020 – 2021 .....	73
Tabla 10 Listado de costos por mantenimientos correctivos periodo 2020.....	74
Tabla 11 Listado de mantenimientos correctivos periodo 2021 .....	75
Tabla 12 Indicadores del área de mantenimiento periodo 2020 .....	76
Tabla 13 Indicadores del área de mantenimiento periodo 2021 .....	76
Tabla 14 Indicadores por grupo de equipos del área de mantenimiento periodo 2020 ..	77
Tabla 15 Indicadores por grupo de equipos del área de mantenimiento periodo 2021 ..	78
Tabla 16 Costos de operaciones de mantenimiento periodo 2019.....	79
Tabla 17 Costos de operaciones de mantenimiento periodo 2020.....	79
Tabla 18 Costos de operaciones de mantenimiento periodo 2021.....	79
Tabla 19 Indicadores de causa raíz, valores 2020 y valor meta. ....	80
Tabla 20 Evaluación de criticidad de equipos. ....	84
Tabla 21 Escala de referencia .....	85
Tabla 22 Grado de influencia del equipo en la seguridad del alimento.....	86
Tabla 23 Evaluación de criticidad según escala de referencia.....	86
Tabla 24 Matriz de criticidad de equipos de una línea de procesamiento de arándanos frescos de exportación .....	87
Tabla 25 Funciones y fallas funcionales Etiquetadora Berry Pro.....	90
Tabla 26 Modos y efectos de falla Etiquetadora Berry Pro.....	94
Tabla 27 Escala de valoración .....	102
Tabla 28 Escala para definir el nivel de ocurrencia para cada modo de falla.....	103
Tabla 29 Escala para definir el nivel de severidad para cada modo de falla. ....	103

Tabla 30 Escala para definir el nivel de detección para cada modo de falla .....	104
Tabla 31 Valoración del riesgo .....	106
Tabla 32 Estrategias de mantenimiento Etiquetadora Berry Po .....	117
Tabla 33 Funciones y fallos funcionales Pesadora A&B .....	137
Tabla 34 Modos y efectos de falla Pesadora A&B .....	141
Tabla 35 Valoración del riesgo Pesadora A&B .....	154
Tabla 36 Estrategias de mantenimiento Pesadora A&B .....	170
Tabla 37 Funciones y fallos funcionales Clasificadora Kato .....	194
Tabla 38 Valoración del riesgo Clasificadora Kato .....	198
Tabla 39 Estrategias de mantenimiento clasificadora kato.....	213
Tabla 40 Costos .....	240
Tabla 41 Indicadores por grupo de equipos proyectados .....	244
Tabla 42 Resumen de horas de mantenimiento de equipos críticos con RCM.....	245
Tabla 43 Matriz de Capacitación del área de mantenimiento.....	247
Tabla 44 Indicadores finales proyectados.....	249
Tabla 45 Análisis de costos de mantenimientos correctivos por campaña.....	249
Tabla 46 Cuadro de mejora en indicadores .....	250
Tabla 47 Resumen de costos de inversión .....	251
Tabla 48 Costos de inversión que se proyectan a 5 años.....	252
Tabla 49 Costos de inversión y ahorros que se proyectan a 5 años.....	253
Tabla 50 Flujo de caja libre .....	254
Tabla 51 Indicadores financieros de flujos proyectados.....	256

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema y procesos de mantenimiento. ....	24
Figura 2.:Sistema y subsistemas de mantenimiento. ....	25
Figura 3. Exigencias a mantenimiento. ....	26
Figura 4. Factores del mantenimiento. ....	26
Figura 5. Curva de mantenimiento durante ciclo de vida. ....	30
Figura 6. Tiempo medio entre fallas. ....	31
Figura 7. Métodos de mantenimiento. ....	34
Figura 8. Derivaciones de métodos de mantenimiento. ....	35
Figura 9. Estrategias de mantenimiento. ....	35
Figura 10. Etapas de un plan de mantenimiento. ....	36
Figura 11. Análisis de la situación actual y los recursos disponibles. ....	39
Figura 12. Determinación de los objetivos. ....	40
Figura 13. Planificación y ejecución del mantenimiento. ....	41
Figura 14. Análisis sistemático de la gestión del mantenimiento. ....	41
Figura 15. Costos de mantenimiento. ....	43
Figura 16. Diagrama de Ishikawa o Causa Efecto. ....	44
Figura 17. Las 7 preguntas de la metodología RCM. ....	46
Figura 18. Codificación y listado de los subsistemas. ....	47
Figura 19. Análisis de criticidad de fallo, fallo crítico. ....	48
Figura 20. Análisis de criticidad de fallo, fallo importante. ....	48
Figura 21. Análisis de criticidad de fallo, fallo tolerable. ....	48
Figura 22. Determinación de medidas preventivas. ....	49
Figura 23. Cosecha de arándanos en la región La Libertad. ....	63
Figura 24. Crecimiento anual de la exportación de arándanos en el Perú. ....	64
Figura 25. Zonas productoras de arándanos en el Perú. ....	64
Figura 26. Principales empresas exportadoras de arándanos en el Perú. ....	64
Figura 27. Estructura Orgánica del Área de Mantenimiento. ....	65
Figura 28. Layout de distribución de máquinas de procesamiento de arándanos ....	69
Figura 29. Muestra la máquina de clasificación arándanos Kato BBC. ....	70
Figura 30. Muestra los equipos de llenado envasado de arándanos. ....	70

Figura 31. Muestra los equipos de etiquetado de clamshell para arándanos .....	70
Figura 32. Diagrama de Ishikawa.....	72
Figura 33. Diagrama Pareto de las principales causas.....	74
Figura 34. Flujograma de implantación del RCM.....	83
Figura 35. Categorías de consecuencias.....	92
Figura 36. Cotización de codificadora Video Jet.....	241
Figura 37. Cotización selladora de bolsas.....	242

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Fórmula para calcular la confiabilidad .....	27
Ecuación 2 Fórmula para calcular la confiabilidad.....	27
Ecuación 3 Fórmula para calcular el tiempo medio entre reparaciones .....	28
Ecuación 4 Fórmula para calcular la disponibilidad genérica .....	29
Ecuación 5 Fórmula para calcular el tiempo medio de vida entre fallos .....	29
Ecuación 6 Costo medio ponderado capital.....	255

## RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo diseñar un Programa de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM para disminuir los costos por paradas en la producción de arándanos de exportación en una empresa Agroindustrial de la región La Libertad.

El procedimiento fue evaluar los indicadores de las maquinas seleccionadoras, pesadoras envasadoras y etiquetadoras, luego se analizó las causas de los elevados costos con el soporte de un diagrama causa efecto. El resultado del análisis entregó las causas más relevantes. El paso siguiente es la aplicación del RCM buscando minimizar todas las causas que originan las paradas en los equipos por diversas fallas, seleccionamos los equipos de trabajo para el desarrollo del programa RCM, se identifican las funciones estándares de desempeño, se identifican las fallas, mecanismos de falla, efectos de las ocurrencias del modo de fallas y posteriormente aplicar las estrategias a implementar de acuerdo al nivel de riesgo logrando reducir el número de paradas en las maquinarias.

La conclusión luego de evaluar los indicadores económicos financieros fue un VAN de S/. 426,029.35, una TIR de 117% y una reducción de costos de S/. 2,320,136.48 a S/. 1,209,136.44 demostrando resultados positivos en la hipótesis planteada cumpliéndose los objetivos del presente trabajo de investigación.

**Palabras clave:** mantenimiento preventivo, disponibilidad maquinaria, costos de mantenimiento.



## ABSTRACT

The objective of this thesis is to design an RCM Reliability Centered Maintenance Program to reduce costs due to stops in the production of blueberries for export in an Agroindustrial company in the La Libertad region.

The procedure was to evaluate the indicators of the sorting machines, weighing, packaging and labeling machines, then the causes of the high costs were analyzed with the support of a cause-effect diagram. The result of the analysis revealed the most relevant causes. The next step is the application of the RCM seeking to minimize all the causes that originate the stoppages in the equipment due to various failures, we select the work teams for the development of the RCM program, the standard performance functions are identified, the failures are identified, mechanisms of failure, effects of the occurrences of the failure mode and subsequently apply the strategies to be implemented according to the level of risk, reducing the number of stops in the machinery.

The conclusion after evaluating the financial economic indicators was a NPV of S/. 426,029.35, an IRR of 117% and a cost reduction of S/. 2,320,136.48 to S/. 1,209,136.44 demonstrating positive results in the proposed hypothesis, fulfilling the objectives of this research work.

**Keywords:** preventive maintenance, machinery availability, maintenance costs

**NOTA DE ACCESO:**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.**

## REFERENCIAS

- Aguirre Quiroga, P. (2009). *Mejoramiento de calidad en la mantención de camiones extracción liebherr t 282 b, división Codelco Norte*. Antofagasta - Chile: Tesis Universidad de Antofagasta.
- Boucly, F. (1998, p.). *Gestión del mantenimiento*. Madrid-España-: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- Calderón Quesada, N. (2014.). *Mejora del tiempo de operatividad de camiones volquetes en proyectos de mantenimiento vial, utilizando teoría de confiabilidad en un sistema simulado*. Lima-Perú: Tesis Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Cárcamo JM. (2019). *Propuesta de mejora a plan de mantenimiento y al sistema de gestión de stock de repuestos a motor Diesel de camiones de extracción 797 Caterpillar en Compañía Minera Centinela ubicada en la ciudad de Antofagasta* [Tesis Titulación, Universidad Técnica Federico Santa María].  
<https://repositorio.usm.cl/handle/11673/47368>
- Cárcel FJ. (2014). *Planteamiento de un modelo de mantenimiento industrial basado en técnicas de gestión del conocimiento*. OmniaScience.
- CESVIMAP. (2008). *Gestión y logística del mantenimiento en automoción*.
- Chang Nieto, E. (2013.). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler*. Lima-Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Chiavenato, I. (1998). *Administración de recursos humanos*. . México: Mc. Graw Hill.
- Coridon L. (1985). *Enciclopedia de mantenimiento industrial: Organización, ingeniería mecánica, eléctrica, química, civil, procesos y sistemas*. Monitor.
- Cruz VM. (2020). *Mejora del plan de mantenimiento preventivo y su impacto en la disponibilidad de la perforadora SKS12 en una empresa minera* [Tesis Titulación,

Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/42801>

Douglas ST. (2018). *The costs and benefits of advanced maintenance in manufacturing*.  
*ResearchGate*.

[https://www.researchgate.net/publication/324797974\\_The\\_costs\\_and\\_benefits\\_of\\_advanced\\_maintenance\\_in\\_manufacturing](https://www.researchgate.net/publication/324797974_The_costs_and_benefits_of_advanced_maintenance_in_manufacturing)

Duffuaa, S. (2000). *Sistemas de mantenimiento “Planeación y Control”*.

Duffuaa, S. (2000). *Sistemas de mantenimiento; Planeación y Control*. México: Limusa.

Dhillon, B.S. (2002). *Engineering Maintenance, A Modern Approach*. CRC PRESS,  
Washington, D.C

Espinoza PM. (2017). *Mejora de procesos para la reducción de fallas en el mantenimiento de equipos de aire acondicionado en la empresa de servicios Esalb Group S.A.C 2017* [Tesis Titulación, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería].  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11337>

Flores H. (2017). *Implementar la gestión en el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo en el sistema de transporte terrestre para el proyecto minero La Zanja* [Tesis Titulación, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10815>

García Garrido, S. (2009). *Ingeniería del mantenimiento*.

Gasca MC, Camargo LL, & Medina B. (2017). Sistema para evaluar la confiabilidad de equipos críticos en el sector industrial. *Información Tecnológica*, 28(4).  
[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642017000400014&script=sci\\_arttext&tlng=n](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642017000400014&script=sci_arttext&tlng=n)

GEO Tutoriales. (2017). Qué es el Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa Efecto. *Gestión de Operaciones*. <https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/>

- Godoy Ramos, D. (2015). *Integrated Models for Critical Spare Parts Management in Asset Intensive Industries*. Queensland - Australia: Tesis Doctorado Universidad de Queensland. Obtenido de [https://espace.library.uq.edu.au/data/UQ\\_373852/s42567240\\_phd\\_submission.pdf?Expires=1498997969&Signature=CIOwtcR8oVka7sFyaiVzLssZfyRQcNqaY2APCv-KMzeNLtkNp~MkeFQiEKklPH3PgNZ1wtX3E1VK1X5k8Tby9d6eOibM0I34TR E4HgsECMpzvuwkKUyq9maz01T7fJLGvplFHMZTKPzS~NZLS00gE](https://espace.library.uq.edu.au/data/UQ_373852/s42567240_phd_submission.pdf?Expires=1498997969&Signature=CIOwtcR8oVka7sFyaiVzLssZfyRQcNqaY2APCv-KMzeNLtkNp~MkeFQiEKklPH3PgNZ1wtX3E1VK1X5k8Tby9d6eOibM0I34TR E4HgsECMpzvuwkKUyq9maz01T7fJLGvplFHMZTKPzS~NZLS00gE)
- González JCC. (2019). *Mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de la flota auxiliar en una empresa minera, 2019* [Tesis Titulación, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40162>
- González FJ. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. FC Editorial.
- Guerrero, J. (2015). *Programa de Capacitación en Inteligencia Emocional con Técnicas Cognitivo-conductuales para los Directivos de Educación*. Mérida- Venezuela: Tesis Doctoral.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2003). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- Ingeniería Industrial. (2020a). Diagrama de Ishikawa. *De Ingeniería Industrial*. [https://deingenieria-industrial.com/diagrama-de-ishikawa/#:~:text=Es%20un%20diagrama%20causal%20\(causa,siete%20herramientas%20de%20la%20calidad.](https://deingenieria-industrial.com/diagrama-de-ishikawa/#:~:text=Es%20un%20diagrama%20causal%20(causa,siete%20herramientas%20de%20la%20calidad.)
- Ingeniería Industrial. (2020b). Diagrama de Pareto. *De Ingeniería Industrial*. <https://deingenieria-industrial.com/diagrama-de-pareto/#:~:text=El%20diagrama%20de%20Pareto%20es%20una%20herramienta%20de%20an%C3%A1lisis%20que,generar%20gran%20parte%20del%20problema.>

- Intor I, & Portal C. (2017). *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos del área de servicios generales—Empresa Ingesa S.A.C. 2017* [Tesis Titulación, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería].  
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/11513/Intor%20Huaccha%20Isaias%20-%20Portal%20Vergara%20Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Krshnamaraja, M. (2014). *Extracting Maintenance Knowledge from vehicle databases*. Halmstad - Suecia: Tesis de maestria Universidad de Hogskolan. Obtenido de <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:695685/FULLTEXT01.pdf>
- Leguizamo, P. (2011). *Gestión del mantenimiento para la sección de equipo caminero del Gobierno Municipal de Arajuno*. Riobamba-Ecuador: Tesis Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Lewis B, & Payant R. (2007). *Facility manager's maintenance handbook* (2<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education
- Martínez JA. (2017). *Estudio de la gestión de mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de los equipos en la Mina de Caliza de la Planta Otavalo* [Tesis Titulación, Universidad Tecnológica Indoamérica, Facultad de Ingeniería Industrial].  
<http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/416?locale=en>
- Mkemai, R. (2011). *Maintenance Procedures and Practices for Underground Mobile Mining Equipment*. Luleå - Sweden: Tesis de maestria Luleå University of Technology. Obtenido de <http://tu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1018491/FULLTEXT02.pdf>
- Mobley K, Higgins L, & Wikoff D. (2008). *Maintenance engineering handbook*. McGraw Hill Professional.
- Navarro, L., & otros. (1997). *Gestión integral de mantenimiento*. Barcelona- España: MARCOMBO S.A.

Nieto E. (2013). Capítulo 9: Tipos de mantenimiento. En *Mantenimiento industrial práctico: Aprende siguiendo el camino contrario*. Fidestec.

Orozco A. (2018). *El impacto de la capacitación*. Digital UNID.

Parra C, & Crespo A. (2012). *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos Sevilla*. INGEMAN.

Paredes, V. (2012). *Diagrama de Pareto*.

Pastor Tejedo, Ana Clara, *Gestión integral de mantenimiento, Marcombo Boixareu Editores, 1997*.

Rey Sacristán, F. (2001). *Manual del mantenimiento integral en la empresa*. Madrid España: CONFEMETAL.

Rojas Correa, C. (2014). *Mejoras en la gestión de la planificación y pautas de mantenimiento en los camiones de carguío diesel Komatsu 830E Y 930E en la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi*. Santiago de Chile: Tesis Universidad de Chile.

Roper K, & Payant R. (2014). *The facility management handbook* (4ª ed.). AMACOM.

Sepúlveda Y, & Oviedo E. (2017). *Diseño de un programa de mantenimiento para la flota de camiones Caterpillar 777G de Cerromatoso, utilizando la metodología Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)* [Tesis de Maestría, Universidad del Norte]. <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/7736#page=1>

Smith DA. (2001). *Die maintenance handbook*. Society of Manufacturing Engineers.

Tapia FN. (2018). *Impacto de la disponibilidad en equipos mineros de carguío y transporte ligado a sus motivos de detención* [Tesis Titulación, Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería]. [http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/3429/6/Tesis\\_Impacto\\_de\\_disponibilidad\\_en\\_equipos.Image.Marked.pdf](http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/3429/6/Tesis_Impacto_de_disponibilidad_en_equipos.Image.Marked.pdf)

Tavares, L. (2003). *Administración moderna del mantenimiento*.

Yupanqui CD. (2016). *Propuesta de implementación de mejoras en el plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para Tractocamiones International WorkStar 7600* [Tesis Titulación, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10528>

Zandin K, & Maynard H. (2001). *Maynard's industrial engineering handbook* (5<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education.