

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“METODOLOGIA DEL MANTENIMIENTO
CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM), PARA
LA MEJORA DE LA DISPONIBILIDAD DE LAS
BOMBAS DE TURBINA VERTICALES GOULDS
VIC-T 20 BH (6STG), DE LA OPERACIÓN MINERA
SHAHUINDO SAC”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Carlos Antonino Merino Sanchez

Asesor:

Dr. Miguel Ángel Rodríguez Alza

<https://orcid.org/0000-0002-1939-5343>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Ing. Cesar Enrique Santos Gonzales	41458690
	Nombre y Apellidos	Nº DNI
Jurado 2	Ing. Luis Alfredo Mantilla Rodríguez	18066188
	Nombre y Apellidos	Nº DNI
Jurado 3	Ing. Carlos Enrique Mendoza Ocaña	17806063
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD



TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR.....	2
INFORME DE SIMILITUD.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	28
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	61
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	63
REFERENCIAS.....	68
ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proceso de Implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)	19
Tabla 2. Variables Directas e Indirectas en Gestión de Mantenimiento	30
Tabla 3. Matriz de Causas Raíz y Alternativas de Solución.....	36
Tabla 4. Valoración de las Alternativas de Solución.....	37
Tabla 5. Matriz de Indicadores - Herramientas de Mejora.	38
Tabla 6. Gestión de Repuestos y Planificación de Compras VIC-T 20 BH (6STG)	39
Tabla 7. Implementación de un Sistema de Gestión de Mantenimiento	41
Tabla 8. Desarrollo de Planes de Capacitación y Evaluación de Necesidades	42
Tabla 9. Control y Eliminación de la Presencia de Lodos.....	43
Tabla 10. Actividades para implementar y cálculo de inversión.....	59
Tabla 11. Flujo de caja Proyectado	60
Tabla 12. Bombas de Turbina Verticales GOULDS VIC-T 20BHC.....	44
Tabla 13. Indicadores técnicos de mantenimiento para las bombas verticales Goulds Pumps VIC-T ..	44
Tabla 14. Análisis de Criticidad Equipos SHAHUINDO - Planta ADR	45
Tabla 15. Niveles de Severidad.....	46
Tabla 16. Niveles de Frecuencia /Probabilidad.....	47
Tabla 17. Matriz de riesgos	49
Tabla 18. AMEF Sistema Eléctrico Bombas de Turbina Verticales Goulds VIC-T 20 BH (6STG).....	51
Tabla 19. AMEF Sistema Mecánico Bombas de Turbina Verticales Goulds VIC-T 20 BH (6STG)....	52
Tabla 20. Plan de Mantenimiento Mecánico para la Bombas de Turbina Verticales Goulds VIC-T 20BHC (6STG).....	54
Tabla 21. Plan de Mantenimiento Eléctrico para la Bombas de Turbina Verticales Goulds VIC-T 20BHC (6STG).....	55
Tabla 22. Indicadores Técnicos de Mantenimiento	56
Tabla 23. Análisis de beneficio posterior a la implementación de metodología RCM.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de proceso de Lixiviación – SHAHIUNDO SAC.....	12
Figura 2. Bombas de Turbina Verticales GOULDS VIC-T 20BHC	18
Figura 3. Diagrama de Proceso Operación Minera Shahuindo SAC.....	32
Figura 4. Diagrama Ishikawa - Problema Principal	34
Figura 5. Diagrama Pareto Alternativas de Solución.	37
Figura 6. Diagrama Lógico de Decisión de Criticidad de Equipos.	50

RESUMEN

En el presente estudio, se investiga la aplicación de la Metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), con la finalidad de mejorar la disponibilidad de las Bombas de Turbina Verticales Goulds VIC-T 20 BHC (6 STG), de la operación minera SHAHUINDO SAC, teniendo como objetivo principal el de Mejorar la disponibilidad de las Bombas de Turbina Industriales Verticales VIC- PLS, de la operación minera Shahuindo SAC mediante la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM, para lo cual se realizó un diagnóstico del estado actual de las Bombas de Turbina Verticales GOULDS VIC-T 20BHC (6 STG), en la operación minera SHAHUINDO SAC, mediante el Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF), el mismo que proporcione información relevante para la elaboración de un plan de mantenimiento bajo la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). Los resultados obtenidos tras la implementación de este estudio fueron muy positivos. Se logró reducir el tiempo medio para reparaciones (MTTR) de 20,50 horas a 9,04 horas, asimismo la disponibilidad promedio de las bombas aumentó de 90,4% a 95,6%, el tiempo medio entre fallas (MTBF) de las bombas, llegó a 170,11 horas y en cuanto al rendimiento financiero del proyecto, se realizó un cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Logrando un VAN de USD \$/23,935.24 y una TIR del 32%.

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento Basado en Confiabilidad, Disponibilidad Mecánica.

NOTA

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto**, por determinación de los propios autores amparados en el Texto Integrado del Reglamento RENATI, artículo 12.

REFERENCIAS

- Arias, J., Villasis, M., & Miranda, M. (2016). El protocolo de investigación III: la. *Alergia Mexico*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
- Bartolini, F., Tani, G., & Biliotti, D. (2017). Implementación de RCM para la optimización del mantenimiento de sistemas críticos: un caso de estudio en turbinas hidráulicas.
- Brigham, E. F. y Houston, J. F. (2017). Fundamentos de la gestión financiera. Aprendizaje Cengage.
- Brodie, H. L. (2013). Gestión del mantenimiento: un manual para pequeñas y medianas empresas. Springer Science & Business Media.
- Fazlollahi, B., Mohd, A. R., & Yusoff, A. R. (2016). Mantenimiento centrado en la confiabilidad en refinerías de petróleo: una revisión. *Revista de Prevención de Pérdidas en las Industrias de Procesos*, 42, 296-307.
<https://doi.org/10.1016/j.jlp.2016.03.023>.
- GOULDS PUMPS (2015) Outline Drawing Model 3298 S Size 1x1.55-8
- GOULDS PUMPS (2017) Contructions Details – Materials.
- Gutiérrez, E. (2018). Aplicación de la metodología RCM en la línea de producción de una empresa de alimentos en Perú. Tesis de pregrado no publicada, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Ishikawa, K. (1985). ¿Qué es el control de calidad total?: El estilo japonés. Prentice Hall.
- Kwak, Y. H. y Anbari, F. T. (2006). Beneficios, obstáculos y futuro del enfoque Six Sigma. *Technovation*, 26(5-6), 708-715. doi: 10.1016/j.technovation.2005.04.005.
- Makary, M. A., Daniel, M. y Bach, P. B. (2016). Los peligros de puntuar la calidad de la atención médica. *Jama*, 316(4), 405-406. doi: 10.1001/jama.2016.7615.

- Márquez, A. E., Vidal, J. C., Ortega, I. A., & Gómez, J. M. (2019). Gestión del mantenimiento en la era de la industria 4.0: una revisión sistemática. *Revista internacional de investigación de producción*, 57(17), 5239-5259. doi: 10.1080/00207543.2019.1568137
- Mendoza, A. (2020). Implementación de la metodología RCM en el sistema de enfriamiento de una central termoeléctrica en Perú. Tesis de maestría no publicada, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Mesa, F. (2013). *Gestión del mantenimiento: Métricas y KPIs*. Prensa Industrial.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. (pág. 1-46). España: Bibbles Ltd.
- Musa, S. N., Daud, R. y Ariff, M. S. M. (2013). Evaluación de la efectividad de un sistema de mantenimiento preventivo mediante análisis de confiabilidad. *Revista de Calidad en Ingeniería de Mantenimiento*, 19(1), 17-31.
- Ntshingila, S. A., & Musonda, I. (2019). Aplicación de la metodología RCM para desarrollar estrategias de mantenimiento de equipos críticos en un entorno minero.
- PAN AMERICAN SILVER. (2019) (Estándar Evaluación de Criticidad de Equipos) – PLANTA PROCESOS.
- Reyes, J. (2017). Mejora de la confiabilidad del sistema de enfriamiento de un centro de datos en Perú mediante la metodología RCM. Tesis de maestría no publicada, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Sociedad Americana para la Calidad. (2014). *Fiabilidad: MTBF, MTTR y la distribución de Weibull*. Prensa de calidad.