



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“INDICADORES DE MANTENIMIENTO
RELEVANTES PARA GESTIONAR EQUIPOS DEL
SECTOR MINERO”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Industrial

Autores:

Anthony Guillermo, Pacheco Marcos

Asesor:

Coord. Gianni Michael Zelada García

Lima - Perú

2018

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El Sr. Gianni Michael Zelada García, Coordinador Académico Working Adult Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería Industrial, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la investigación del (los) estudiante(s):

- Anthony Guillermo, Pacheco Marcos

Por cuanto, **CONSIDERA** que el trabajo de investigación titulado: “Indicadores de Mantenimiento relevantes para Gestionar equipos del sector minero” para aspirar al grado de bachiller por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al(los) interesado(s) para su presentación.

Michael Zelada García
Coordinador Académico Working Adult
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.

ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El Sr(a) Giani Michael Zelada García, ha procedido a realizar la evaluación del trabajo de investigación del (los) estudiante(s): *Anthony Guillermo, Pacheco Marcos*, para aspirar al grado de bachiller con el trabajo de investigación: “Indicadores de Mantenimiento relevantes para Gestionar equipos del sector minero”.

Luego de la revisión del trabajo en forma y contenido expresa:

Aprobado

Calificativo: Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Michael Zelada García
Coordinador Académico Working Adult
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres por ser mi ejemplo y el motivo de mi esfuerzo cada día, apoyándome siempre para salir adelante, por estar conmigo en las situaciones más difíciles y por enseñarme que nada en esta vida es fácil y que tenemos que luchar por nuestros sueños.

A mis hermanos, porque siempre estuvieron motivándome y aconsejándome, ellos son una parte importante de mi vida ya que sus enseñanzas me ayudaron a que sea una mejor persona y pueda cumplir mis objetivos en la vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a los docentes y en especial al profesor Walter Jáuregui por los conocimientos y por el apoyo brindado en el periodo de realización del trabajo de investigación, también agradecer a mis amigos que me acompañaron y formamos grupos en esta hermosa carrera de Ingeniería Industrial, por su apoyo y paciencia.

Tabla de contenido

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	2
ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	13
CAPÍTULO III. RESULTADOS	16
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	18
REFERENCIAS	19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Artículos incluidos en la revisión	14
Tabla 02: Análisis de empleo de indicadores.....	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Indicador de disponibilidad (A), se observa la relación que guarda con los
indicadores de mantenibilidad (MTTR) y fiabilidad (MTBF).....17

RESUMEN

La gestión del mantenimiento para equipos en el sector minero es de gran relevancia en muchas operaciones, es discutible el empleo de indicadores para la medición de la gestión debido a la versatilidad de estos y a diversos factores de aplicación, debido a ello hemos analizado su empleo en los distintos sectores, en el presente artículo describiremos el trabajo realizado que tuvo como finalidad determinar la relevancia de la aplicación del uso de indicadores de mantenimiento para equipos del sector minero, así como determinar la importancia de su empleo en los diferentes sectores a nivel mundial. Se llevo a cabo una revisión sistemática, con principio en la revisión de fuentes teóricas y tesis realizadas en el periodo contenido entre el año 2000 y el año 2017, las conclusiones resaltan la importancia del uso de algunos indicadores de gestión, su empleo en la mayoría de actividades para la medición y mejora de sus procesos. A partir de ello se concluye que existen indicadores de mayor utilización y reconocimiento a nivel mundial, su empleo es de mucha importancia en el análisis y mejora de las actividades de la gestión para los diferentes sectores tales como minería, construcción, industrial, etc.

PALABRAS CLAVES: Revisión sistemática / Relevancia / Proyección /
Indicadores

ABSTRACT

Maintenance management for equipment in the mining sector is of great importance in many operations, the use of indicators for measuring management due to the versatility of these and various application factors is debatable, due to this we have analyzed their use in the different sectors, in this article we will describe the work carried out with the purpose of determining the relevance of the application of the use of maintenance indicators for mining sector teams, as well as determining the importance of their employment in the different sectors worldwide. A systematic review was carried out, with a beginning in the review of theoretical sources and theses carried out in the period between 2000 and 2017, the conclusions highlight the importance of the use of some management indicators, their use in the majority of activities for the measurement and improvement of its processes. From this it is concluded that there are indicators of greater use and recognition worldwide, its use is of great importance in the analysis and improvement of management activities for different sectors such as mining, construction, industrial, etc.

PALABRAS CLAVES: Relevance / Projection / Indicators

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El análisis del mantenimiento permite examinar la realización de las metas y objetivos planteados, la situación de los trabajos y ayuda a saber donde debemos trabajar para mejorar y ser más eficaz. En la actualidad existe una gran diversidad de indicadores para poder monitorear estas actividades. Según Torres, (2005); Hernández y Navarrete (2001), existen más de 110 variables o indicadores que pueden ser utilizadas para analizar ello tomando como base los aspectos técnicos, económicos-financieros y sociales. En concordancia con ello Zabiski (2006) menciona lo complicado que es realizar el análisis del mantenimiento empleado la gran cantidad de indicadores. Por ello Hernández y Navarrete (2001) indica que para certificar el éxito en el análisis del mantenimiento, se deben de emplear pocos indicadores, con la finalidad de no ser repetitivo en ciertas tareas y excluir las actividades que sí lo son y que su opción debe estar en correlación con la situación verídica de los procesos, metas y objetivos de la corporación, ello será un principio fiable para la toma de decisiones teniendo información de los defectos hallados. Los líderes de los equipos de gestión y dirección de las empresas están cada vez más dispuestos a invertir en programas relacionados al mantenimiento, cuando la rentabilidad y provecho es verificable con el beneficio de retribuir los costos (Kelly, 1997)

La necesidad de realizar baterías de encuestas y calcular un elevado número de indicadores ligados al cumplimiento de los objetivos exige un cronograma de realización de la medición o auditoría en sentido más amplio. Este procedimiento debe asegurar la repetitividad de las medidas de rendimiento de manera que se pueda realizar una adecuado benchmarking en la propia organización, entre diferentes plantas o en la misma en distintos instantes temporales

para visualizar la mejora o empeoramiento en la evaluación del desempeño como afirman Dunn (1999).

En la actualidad, se emplean algunos indicadores para la evaluación de gestión del mantenimiento, catalogados como de clase mundial esto en base a que tienen las mismas designaciones y especificaciones en todos los países, así mismo están son mencionados en las normas de relación al tema (Amendola, 2004), (Navarrete, 2000).

La utilización de los indicadores se da en base a las características propias de cada organización, de su estrategia, objetivos, metas y de la evaluación de la situación de sus recursos (Shkiliova, 2010). Es importante tener en consideración cada uno de los aspectos tanto técnico y su aplicación como por ejemplo en la agricultura (Shkiliova y Fernández, 2011). Si no se consideran estos puntos hay mucha posibilidad de fracasar en la ejecución de la gestión en algunas empresas.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Tipo de estudio

El presente estudio, de revisión sistemática de la literatura, es definido como “un método sistemático, explícito y reproducible para identificar, evaluar y sintetizar el cuerpo existente del trabajo realizado y registrado por investigadores, académicos y profesionales” (Fink, 2005, p. 3). Las revisiones sistemáticas buscan agrupar toda la sabiduría de un área determinada, acentuando lo que se sabe sobre una materia en específico, teniendo como base las conclusiones obtenidas de las investigaciones y mostrar las sugerencias para la práctica (Higgins & Green, 2011). En la revisión sistemática realizada, se sintetizó y analizó la información y evidencia encontrada, con el propósito de sustentar la importancia de los indicadores.

Proceso de recolección

La información utilizada fue obtenida de las publicaciones entre el año 2000 y 2017 como fuente principal de análisis se utilizaron las tesis sobre temas relacionados con el mantenimiento, información de estándares globales de una empresa extranjera dedicada al rubro de la minería en el Perú.

Proceso de revisión

Toda la información referenciada fue analizada, los puntos más relevantes considerados serán detallados a continuación en la tabla.

Tabla 1
Artículos incluidos en la revisión

Fuente	Tesis / artículo	Diseño Metodológico	País	Breve resumen
García, O., 2017	Tesis: “Mejoramiento del desempeño de Equipo minero mediante estrategias de mantenimiento y reingeniería de componentes del sistema de propulsión y rodado”	Revisión	Chile	Analizó teóricamente, indicando que los conceptos matemáticos asociados al mantenimiento y gestión de activos son variados, presentan los indicadores (confiabilidad, MTTR, MTTR, Disponibilidad, etc.) que aplican en su trabajo y que permiten llevar a cabo el estudio analítico de la criticidad de los componentes.
Yáñez, P., 2017	Tesis: “Mejora de plan de mantenimiento para filtros prensa de planta de filtrado de concentrado de cobre en compañía minera”	Revisión	Chile	Analizó los datos obtenidos del periodo 2014 obteniendo la disponibilidad, tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR) de cada equipo, lo que ayudó a realizar un análisis más completo de los Filtros Prensa, en cuanto a mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad. Observaron un resumen de la disponibilidad anual de los Filtros Prensa de la Planta de Filtrado de Concentrado de Cobre y la proyección anual (meta) de la disponibilidad 2014 por equipo.
Zegarra, M., 2016	Artículo: “Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados”.	Revisión	Perú	Analizó y concluyeron que los indicadores servirán para que el responsable del mantenimiento sepa si existe algún problema en la gestión. La organización que se tenga para la gestión del mantenimiento servirá para que se pueda reaccionar rápida y eficientemente, así como para tener los datos e información de manera oportuna. Si los datos e información no se obtienen de manera oportuna y adecuada, no sirven para tomar decisiones de mejora antes de que los problemas sean mayores. Los indicadores mencionados en el presente artículo son los siguientes: disponibilidad, tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR)
Tuesta, J., 2014	Tesis: “Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la empresa Obrainsa”.	Revisión	Perú	Analizó y concluyó que el control del indicador como el tiempo medio entre falla MTTF, permitió fijar las metas de la mejora basado en el TPM, en su investigación al inicio el MTTF tenía un promedio de 2323 horas al finalizar se aumentado a 3857 horas, lo cual permitió alcanzar los objetivos trazados por la empresa, la confiabilidad de los equipos se incrementó teniendo los equipos de mayor disponibilidad.

Galar, D.; Berges, L.; Royo, J., 2010	Artículo: “La problemática de la medición del Rendimiento en la función mantenimiento”.	Revisión	España	Analizaron y observaron que mediante el reconocimiento de las particularidades se debe restringir la gran diversidad de indicadores, los cuadros de información con una gran cantidad de variables e indicadores no ayuda a ser eficaz la gestión. En ella resaltan los indicadores de tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR)
Tavares, L., 2010	Artículo: “Auditorias de Mantenimiento”.	Descriptivo	Brasil	Analizó e indico que para garantizar un éxito en el mantenimiento debe haber una utilización adecuada de los indicadores, así mismo menciona a los indicadores de tiempo promedio entre fallas (MTBF), tiempo promedio para la reparación (MTTR), disponibilidad (A) como de clase mundial.
Tecsup, 2017	Curso: “Planificación y Programación del Mantenimiento”	Descriptivo	Perú	Analiza y menciona en el curso que existen una diversidad de indicadores para evaluar todas las tareas relacionadas al mantenimiento, pero los mencionados a continuación son los indispensables en toda efectiva gestión : <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo promedio entre fallas (MTBF) • Tiempo promedio para reparación (MTTR) • Disponibilidad (A) • Utilización
SANDVIK, 2018	Información: “Glosario de términos de servicios (99. SM Aftermarket Glossary of Terms_V1.7)”	Descriptivo	Suecia	La empresa SANDVIK mantiene estándares de uso global, en la información obtenida se encuentra información de los principales indicadores empleados para la evaluación de la gestión del mantenimiento para los equipos. Dentro de los cuales podemos destacar los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo promedio entre fallas (MTBF) • Tiempo promedio para reparación (MTTR) • Disponibilidad (A) • Utilización

CAPÍTULO III. RESULTADOS

De la información obtenida de las tesis y artículos, se obtuvo información acerca de la utilización de los indicadores de mantenimiento frecuentemente utilizados y su importancia para la medición y evaluación de la gestión. Hemos observado que los indicadores mencionados son los de mayor empleo a nivel mundial, los cuales garantizan el éxito o fracaso en el mantenimiento.

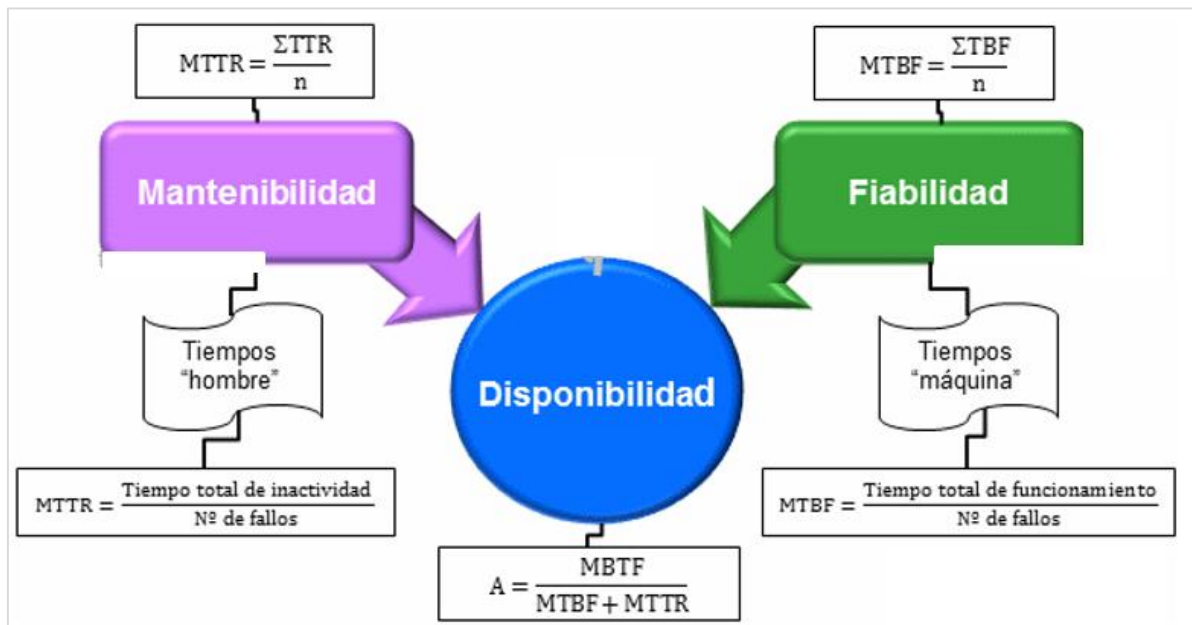


Figura N°2. Indicador de disponibilidad (A), se observa la relación que guarda con los indicadores de mantenibilidad (MTTR) y fiabilidad (MTBF)

Asimismo, mencionar la relevancia de ellos para garantizar la operatividad de la maquinaria teniendo como base en empleo de los indicadores mencionados según tabla siguiente.

Tabla 2
Análisis de empleo de indicadores

Fuente	Tesis / artículo	Diseño Metodológico	País	Indicador: Disponibilidad (A)	Indicador: Tiempo promedio entre fallas (MTBF)	Indicador: Tiempo promedio para reparación (MTTR)	Indicador: Utilización
García, O., 2017	Tesis: “Mejoramiento del desempeño de Equipo minero mediante estrategias de mantenimiento y reingeniería de componentes del sistema de propulsión y rodado”	Revisión	Chile	Si	No	Si	No
Yáñez, P., 2017	Tesis: “Mejora de plan de mantenimiento para filtros prensa de planta de filtrado de concentrado de cobre en compañía minera”	Revisión	Chile	Si	Si	Si	No
Zegarra, M., 2016	Artículo: “Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados”.	Revisión	Perú	Si	Si	Si	No
Tuesta, J., 2014	Tesis: “Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la empresa Obrainsa”.	Revisión	Perú	Si	Si	Si	No
Galar, D.; Berges, L.; Royo, J., 2010	Artículo: “La problemática de la medición del Rendimiento en la función mantenimiento”.	Revisión	España	No	Si	Si	No
Tavares, L., 2010	Artículo: “Auditorias de Mantenimiento”.	Descriptivo	Brasil	Si	Si	Si	No
Tecsup, 2017	Curso: “Planificación y Programación del Mantenimiento”	Descriptivo	Perú	Si	Si	Si	No
SANDVIK, 2018	Información: “Glosario de términos de servicios (99. SM Aftermarket Glossary of Terms_V1.7)”	Descriptivo	Suecia	Si	Si	Si	Si
Total empleo de indicadores				7	7	8	1

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el proceso de revisión hemos encontrado información acerca del empleo de los indicadores de mantenimiento en diversos sectores tales como industriales, mineros, agrícolas. El empleo de ellos dependerá mucho del campo de acción y de la importancia con el objetivo de simplificar la cantidad de indicadores para ser más eficientes y evitar contar con información poco relevante. (Galar, D.; Berges, L.; Royo, J., 2010). También es importante que el personal involucrado en el mantenimiento se encuentre informado de los resultados obtenidos ya que ello servirá a mejorar en muchos aspectos, el manejo de la información y datos nos permite actuar de manera oportuna y rápida por ello. (Zegarra, M., 2016). Es importante el análisis de la información histórica mediante la utilización de los indicadores de mantenimiento ya que nos permite saber el estado y evolución de la gestión y poder plantear objetivos y metas a corto y largo plazo. (Yáñez, P., 2017). De la información y análisis obtenido podemos concluir lo siguiente:

- Los indicadores de mayor relevancia y empleo para analizar la gestión del mantenimiento son los siguientes:
 - Tiempo promedio entre fallas (MTBF)
 - Tiempo promedio para reparación (MTTR)
 - Disponibilidad (A)
- La importancia del empleo de los indicadores radica en su empleo para analizar los datos obtenidos de la operación, trabajos y demás tareas de manutención en el tiempo, nos permite hacer comparaciones y establecer metas a corto y largo plazo para la mejora de los indicadores.
- La recolección, análisis y evaluación de los datos obtenidos de los trabajos de mantenimiento son de vital importancia ya que estos permiten respaldar el servicio a brindar.

- La evaluación de la gestión empleando los indicadores nos permite conocer su situación actual, el empleo de nuevas técnicas para la mejora y eficiencia del mantenimiento.
- El personal de mantenimiento debe de estar informado del estado y evolución de las labores del mantenimiento.
- Se concluye que se deben establecer metas las cuales deban se cuantificadas empleando los indicadores de mantenimiento.

REFERENCIAS

- AMENDOLA, L.: Modelos Mixtos de Confiabilidad. Libro en edición magnética 2004, Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.html>
- FERNÁNDEZ, S. M.: Estudio y análisis de la organización actual de los trabajos de asistencia técnica en el taller de la Unidad de Servicios de Maquinaria de la Empresa de Cultivos Varios de Güira de Melena. Tesis (en opción al título de Master en Ingeniería en Mantenimiento), Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, CEIM, La Habana, Cuba, 2005.
- FERNÁNDEZ, M. y L. SHKILIOVA: Creación de un sistema automatizado para la planificación, organización y control de los trabajos en la red de talleres agropecuarios. Informe de proyecto, Ed. Instituto de Investigaciones de la Mecanización Agropecuaria, La Habana, Cuba, 2006.
- GALAR, D.; BERGES, L.; ROYO, J.: La problemática de la medición del rendimiento en la función mantenimiento, artículo de investigación para el área tecnológica Industrial en Universidad de Zaragoza, España, 2010.

- GARCÍA, F.: Mejoramiento del desempeño de equipo minero mediante estrategias de mantenimiento y reingeniería de componentes del sistema de propulsión y rodado. Tesis para la titulación para optar al título de Ingeniero Civil Mecánico en Universidad Técnica Federico Santa María, Chile, Valparaíso, 2017.
- HERNÁNDEZ, C. E. y E. NAVARRETE: Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento, Revista Club de mantenimiento, No 6. Año 1, Brasil, 2001.
- NAVARRETE, E.: Gestión Integral del mantenimiento, Libro en edición magnética, La Habana, Cuba. 2000.
- SHKILIOVA, L.: Gestión de Mantenimiento, Apuntes para un curso de postgrado, Ed. Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, Mayabeque, Cuba, 2010.
- SHKILIOVA, L. y M. FERNÁNDEZ: Sistemas de Mantenimiento Técnico y Reparaciones y su aplicación en la Agricultura, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 20(1): 72-77, 2011.
- TABARES, L. A.: Auditorias de Mantenimiento, Revista Auditorias de Mantenimiento, Brasil, 1998.

- TORRES, L. D.: Mantenimiento. Su implementación y gestión. ISBN: 987-9406-81-8. © 2005, Segunda Edición. UNIVERSITAS, Argentina, 2005.
- TUESTA, J.: Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la empresa Obrainsa para la obtención de título de profesional de ingeniero Mecánico en Universidad Nacional del Callao, Perú, 2014.
- YAÑEZ, P.: Mejora de plan de mantenimiento para filtros prensa de planta de filtrado de concentrado de cobre en compañía minera para la obtención de titulación para optar al título de Ingeniero Civil Mecánico en Universidad Técnica Federico Santa María, Chile, Valparaíso, 2017.
- ZABISKI, D. E.: Indicadores de Evaluación de la Gestión de los Servicios Técnicos en Instalaciones Turísticas, utilizando la Metodología BSC, Ed. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, CEIM-CUJAE, © ConGestión. #3. La Habana, 2006.
- ZEGARRA, M.: Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados, artículo para la revista de Ciencia y Desarrollo. Universidad Alas Peruanas, Perú, 2016.