



**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA  
LUBRICACION QUE PERMITA MEJORAR LA  
CONFIABILIDAD DE LAS MAQUINARIAS EN LA PLANTA  
MERRILL CROWE DE MINERA COIMOLACHE S.A.**

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

**AUTOR:**

**Bach. DANIEL CASTILLO FELIX  
Bach. OSCAR CIEZA CASTANEDA**

**ASESOR:**

**Ing. LUCIA MARIBEL BAUTISTA ZÚÑIGA**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2013**

COPYRIGHT ©2013 by DANIEL  
CASTILLO FELIX. OSCAR  
CIEZA CASTAÑEDA. Todos los  
derechos reservados.

# LISTA DE ABREVIACIONES

°C.	Grados centígrados.
Cap.	Capítulo.
Cant.	Cantidad.
Cok.	Costo de oportunidad de capital.
Ej.	Ejemplo.
Etc.	Etcétera.
Fig.	Figura.
°F.	Grados Fahrenheit.
Gln.	Galones.
IR.	Índice de rentabilidad.
ISO.	Organización internacional de normalización.
G/Tm.	Gramos por tonelada.
Lt.	Litros.
L.C.	Línea central del gráfico.
L.C.S.	Límite de control superior.
L.C.I	Límite de control inferior.
Lux.	Unidad de Iluminación.
M.	Minutos.
M.P.	Mantenimiento preventivo.
M.B.C.	Mantenimiento basado en condición.
M.C.L.	Manual corporativo de lubricación.
M.P.L.	Mejoras del plan de lubricación.
Mt	Millones de tonelada
Mt/día	Millones de toneladas por día.
M <sup>3</sup> /Hora	Metros cúbicos por hora.
Ns (T)	Nº de elementos en funcionamiento en el instante T.
N(O)	Nº de elementos en funcionamiento al principio de la operación.

Nf (T)	Nº de elementos averiados hasta el momento T.
NLGI	National lubricating grease institute
P.U.	Precio unitario.
PQS	Polvo químico seco.
R.	Confiabilidad.
RCM	Mantenimiento centrado en la confiabilidad
S.A.	Sociedad anónima.
SAE	Society of automotive engineers
T.	Temperatura.
t.	Prueba estadística de student
T.I.R.	Tasa Interno de Retorno.
T.M.E.F.	Tiempo promedio entre fallos.
T.P.P.F.	Tiempo promedio para fallar.
T.P.P.R.	Tiempo promedio para reparar
Unid.	Unidad.
V.A.N.	Valor neto actual.
V.D.	Variable dependiente.
V.I.	Variable Independiente
%	Porcentaje
$\mu$	Media aritmética.
$\Sigma$	Desviación estándar.

# RESUMEN

El proyecto de investigación se enmarca dentro de los conceptos del mantenimiento preventivo, fundamentalmente dentro del sistema de lubricación.

La empresa en estudio es Minera Coimolache S.A., empresa minera peruana que inicia sus actividades en el año 1995, y que se dedica a la extracción de oro en el Perú, está conformada por tres socios: Compañía de minas Buenaventura, Southern Perú Corporation y Espro.

Con la base teórica adquirida en mantenimiento, se realizó un diagnóstico de la gestión actual del sistema de lubricación encontrando estos problemas: temperaturas de funcionamiento elevadas, fugas de lubricante, lubricante inadecuado y tiempo de demora para realizar las tareas de lubricación. Dentro de las principales causas de los problemas del sistema de lubricación actual se encontraron: Gestión de la lubricación, Infraestructura, Método y Entrenamiento.

Para ello se han planteado las siguientes propuestas de mejora: estandarización y consolidación de lubricantes, almacenamiento y manejo de lubricantes, control de la contaminación, educación y entrenamiento del personal, prácticas de lubricación y re-lubricación, procedimientos y guías de lubricación.

Dentro de los resultados que se esperan con la implementación de este nuevo sistema es mejorar la confiabilidad de la maquinaria de la planta.

Se realizó también el análisis de costo-beneficio, de las propuestas mencionadas para evaluar el posible resultado si es que se ponen en marcha.

Finalmente se presentan las conclusiones a las que se llega con este proyecto de investigación y las recomendaciones a tener en cuenta por la empresa en caso ponga en práctica la propuesta.

# ABSTRACT

The project is part of preventive maintenance concepts, primarily within the lubrication system.

This issue has now taken vital because new trends occurring in the field of the lubrication, which include modern techniques and machinery lubrication oil analysis in order to improve the reliability of the machinery or asset a company.

The joint study is pleased coimolache mining a Peruvian company that began operations in 1995, is engaged in gold mining in Peru and consist of three partners: Buenaventura mining company, Southern Peru Corporation and Espro.

With the acquired theoretical preventive maintenance a diagnosis was made of the current management of the lubrication system of the company was found among other problems associated with component failure lubrication.

Among the mains causes include lubrication program, the lubrication process and procedures used to perform lubrication tasks which directly affect the life of the components.

This has raised two proposals for improvement. The first a new program of lubrication which enables better control of the resources this program will be based on the manufactures recommendations.

The second proposal is to design a lubrication system that start with proper lubricant selection, storage, application to final disposition.

The results that were obtained are:

Implementation of best practices lubrication and contamination control

Saving cost and achieves savings in the maintenance area.

Precise control of activities related to lubrication.

We have worked on two different scenarios which are not improve reliability and only maintained if the lubricant is not accepted by management.

It has made the cost-benefit analysis of the proposals referred to assess the possible outcome if they are launched.

Finally we present the conclusions arrived at by this research project and recommendations to be considered by the company should implement the proposal.

# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

EPIGRAFE

AGRADECIMIENTO

LISTA DE ABREVIACIONES

PRESENTACIÓN

RESUMEN

ABSTRACT

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION

1.1 Realidad Problemática

1.2 Formulación del Problema

1.3 Justificación del problema

1.3.1 Justificación teórica

1.3.2 Justificación aplicativa o práctica

1.3.3 Justificación valorativa

1.3.4 Justificación académica

1.4 Limitaciones

1.5 Objetivos

1.5.1. Objetivo General

1.5.2. Objetivos Específicos

1.6 Tipo de Investigación

1.7 Diseño de Investigación

1.8 Hipótesis

1.8.1 Planteamiento de la hipótesis

1.9 Variables

1.10 Operacionalización de Variables

## CAPITULO II

### MARCO REFERENCIAL

#### 2.1 Antecedentes de la Investigación

#### 2.2 Bases Teóricas

##### 2.2.1 Confiabilidad

##### 2.2.2 Mantenimiento Preventivo

##### 2.2.3 Integridad del Proceso de Lubricación

##### 2.2.4 Análisis de criticidad

##### 2.2.5 Gráficos de control por variable

##### 2.2.6 Señales de falta de control

#### 2.3 Definición de términos

## CAPITULO III

### METODOLOGIA

#### 3.1 Materiales y métodos

##### 3.1.1 Tipo de diseño de investigación

#### 3.2 Material de estudio

##### 3.2.1 Población

##### 3.2.2 Muestra

#### 3.3 Técnicas, procedimientos e instrumentos

##### 3.3.1 De la recolección de información

##### 3.3.2 Del procesamiento de la información

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1 Diagnostico situacional

##### 4.1.1 Información referencial de la empresa

##### 4.1.2 Operación

##### 4.1.3 Seguridad

##### 4.1.4 Medio Ambiente

#### 4.2 Información del área de estudio

#### 4.3 Organigrama del área de Procesos

#### 4.4 Resultados del diagnóstico

##### 4.4.1 Análisis de criticidad

#### 4.5 Operacionalización de Variables

##### 4.5.1 Variable Independiente: Operación de equipos



4.5.2 Variable Independiente: Falla de Equipos

4.5.3 Variable Independiente: Tarea de lubricación

4.5.4 Variable Dependiente: Mejorar la confiabilidad

4.6 Identificar el área de mejora

4.7 Detectar las principales causas del problema

4.7.1 Diagrama de Ishikawa

4.8 Plazo de implantación

4.9 Diseño de la propuesta

4.9.1 Propuesta de mejora

4.10 Implementación de la propuesta

4.10.1 Promedio de temperaturas obtenidas con la propuesta de mejora en motor y bomba

4.10.2 Mejora en el tiempo de lubricación

4.10.3 Mejora en el Porcentaje de fugas

4.10.4 Confiabilidad en los equipos

4.11 Análisis estadístico

4.11.1 Indicadores de temperatura antes y después de la mejora en Motor

4.11.2 Indicadores de temperatura antes y después de la mejora en Bomba

4.11.3 Indicador antes y después de la mejora en el tiempo de lubricación

4.11.4 indicador antes y después porcentaje de Fugas

4.12 Nivel de significancia de la demora

4.12.1 Prueba estadística t de Student para Motores

4.12.2 Prueba estadística t de Student para Bombas

4.12.3 Prueba estadística t del tiempo de lubricación

4.12.4 Prueba estadística t de fugas y confiabilidad de los equipos

4.13 Análisis económico y financiero

4.13.1 Análisis Costo Beneficio

4.13.2 Inversión de materiales

4.13.3 Inversión en el recurso humano

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

5.2 Recomendaciones

Bibliografía

ANEXOS

ANEXO 1: Procedimiento estándar de trabajo para el cambio de aceite en la bomba de precipitado

Anexo 2: Procedimiento estándar de trabajo para cambio de aceite en bomba de solución no clarificada

Anexo 3 Procedimiento estándar de trabajo para reengrase de equipos

Anexo 4: Formato para Inspección de equipos. (PET-LUB-M001)

Anexo 5 Programa de mantenimiento de lubricación 2014

Anexo 6: Diagrama de Gantt para la implementación de la propuesta

Anexo 7 Propuesta para el almacén de Lubricantes

Anexo 8: Tabla COK – Costo de Oportunidad de Capital (2013)

Anexo 9: Extracto del manual de mantenimiento – Bomba Solución No clarificada, modelo 3410

Anexo 10: Manual de fabricante de motor – Sección Lubricación

Anexo 11: Tabla de Alarmas de Confiabilidad

Anexo 12: Medida de Confiabilidad Setiembre 2013

Anexo 13: Encuesta de satisfacción del sistema de lubricación

Anexo 14: Parámetros de Operación en rodamientos

# INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Situación actual de almacenamiento de lubricantes
- Figura 2. Porcentajes de causas de fallas mecánicas (2012)
- Figura 3. Gráfico de la encuesta realizada sobre gestión de la lubricación
- Figura 4. Mapeo General de la planta de procesos
- Figura 5. Organigrama del área de procesos
- Figura 6. Diagrama de barras que resaltan los equipos más críticos para la operación
- Figura 7. Gráfico de Rangos de la semana 1, de 5 días muestreados de temperaturas de motores punto 2 área mantenimiento
- Figura 8. Gráfico de medias de la semana 1, de 5 días muestreados de temperaturas de motores punto 2 área mantenimiento
- Figura 9. Gráfico de rangos de la semana 2, de 5 días muestreados de temperaturas de motores punto 2 área mantenimiento
- Figura 10. Gráfico de Medias de la semana 2, de 5 días muestreados de temperaturas de motores punto 2 área mantenimiento
- Figura 11. Gráfico de Rangos de la semana 3, de 5 días muestreados de temperaturas de motores punto 2 área mantenimiento
- Figura 12. Gráfico de Medias de la semana 3, de 5 días muestreados de temperaturas de motores punto 2 área mantenimiento
- Figura 13. Gráfico de Medias de la semana 4, de 5 días muestreados de temperaturas de motores punto 2 área mantenimiento
- Figura 14. Gráfico Rangos de la semana 4, de 5 días muestreados de temperaturas de motores punto 2 área mantenimiento
- Figura 15. Gráfico de Medias de la semana 1, de 5 días muestreados de temperaturas de bombas punto 1 área mantenimiento
- Figura 16. Gráfico de Rangos de la semana 1, de 5 días muestreados de temperaturas de bombas punto 1 área mantenimiento
- Figura 17. Gráfico de Medias de la semana 2, de 5 días muestreados de temperaturas de bombas punto 1 área mantenimiento

Figura 18. Gráfico de Rangos de la semana 2, de 5 días muestreados de temperaturas de bombas punto 1 área mantenimiento

Figura 19. Gráfico de Media de la semana 3, de 5 días muestreados de temperaturas de bombas punto 1 área mantenimiento

Figura 20. Gráfico de Rangos de la semana 3, de 5 días muestreados de temperaturas de bombas punto 1 área mantenimiento

Figura 21. Gráfico de Medias de la semana 4, de 5 días muestreados de Temperaturas de bombas punto 1 área mantenimiento

Figura 22. Gráfico de Rangos de la semana 4, de 5 días muestreados de temperaturas de bombas punto 1 área mantenimiento

Figura 23. Gráfico de porcentaje de equipos críticos de planta Merrill Crowe con fuga de lubricante

Figura 24. Gráfico de Promedio de demora en minutos para las tareas de lubricación en equipos críticos de planta Merrill Crowe, diciembre 2012 hasta marzo 2013

Figura 25. Diagrama de Causa – Efecto del Sistema de Lubricación

Figura 26. Gráfico del Programa de capacitación del plan de lubricación 2013

Figura 27. Graseadora anti polvo con tapa

Figura 28. Flujograma del proceso de implementación del sistema de lubricación

Figura 29. Gráfico de hipótesis nula y alterna de temperatura de Motor

Figura 30. Gráfico de hipótesis nula y alterna de temperatura de Motor

Figura 31. Gráfico porcentaje de demora del tiempo de lubricación

# INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de Operacionalización de variables

Tabla 2: Cuadro de recolección de información de datos

Tabla 3: Resultados de encuesta sobre gestión de lubricación del área de mantenimiento

Tabla 4: Cuadro de puntajes para los tres criterios de evaluación

Tabla 5: Sistemas con mayor puntaje y que son los más críticos para nuestra operación

Tabla 6: Número de paradas de equipos críticos en planta Merrill Crowe, setiembre 2013

Tabla 7: Confiabilidad de equipos críticos en planta Merrill Crowe, Setiembre 2013

Tabla 8: Temperaturas obtenidas con la mejora del lubricante en motor y bomba

Tabla 9: Mejora en el tiempo de lubricación

Tabla 10: Cuadro de datos después de la demora

Tabla 11: Cuadro de la confiabilidad, mayo 2014

Tabla 12: Cuadro de confiabilidad después de la mejora

Tabla 13: Temperaturas antes y después de la mejora de Motor

Tabla 14: Temperaturas antes y después de la mejora de Bomba

Tabla 15: Antes y después del tiempo de lubricación

Tabla 16: Cuadro de antes y después en fugas de los equipos

Tabla 17: Cuadro de antes y después de la confiabilidad de los equipos

Tabla 18: Cuadro de datos aplicados con la fórmula de confiabilidad

Tabla 19: Cuadro de Costo de la inversión en Materiales

Tabla 20: Cuadro de Costo de la inversión en el recurso humano

Tabla 21: Cuadro de Flujo de Inversión proyectado en 5 años

Tabla 22: Cuadro de Costos que podrían mitigarse. (S/.)

Tabla 23: Cuadro de Flujo de caja del proyecto

Tabla 24: Cuadro de Costos que podrían mitigarse

Tabla 25: Cuadro de Flujo de Caja Neto del Proyecto

Tabla 26: Cuadro de Costos que podrían mitigarse  
Tabla 27: Cuadro de Caja de Flujo Neto del proyecto

## **Nota de acceso:**

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

# Bibliografía.

- Andrew K.S. Jardine and Albert H.C. (2010). Tsang. Maintenance, replacement and reliability. Theory and applications.
- Vicente Carot, A. (2011). Control estadístico de la calidad. Universidad Politécnica de Valencia.
- Rey Sacristán, F. (2011). Mantenimiento total de la producción TPM. Proceso de implementación y desarrollo. Madrid España.
- Gallara, I y Pontelli, D. (2010). Mantenimiento Industrial. Universidad Nacional de Córdoba.
- Boero.C. (2010). Mantenimiento Industrial. Universidad Nacional de Córdoba.
- W Nievel, B. (2010). Métodos estándares y diseño del trabajo. Ingeniería Industrial. Pennsylvania State University.
- Noria. (2010). Manual de Lubricación de Maquinaria I. México.
- Noria. (2010). Manual de Lubricación de Maquinaria II. México.
- Ingelube. (2009). Análisis de Aceite I. México.
- Ingelube. (2009). Análisis de Aceite II. México.
- TECSUP. (2007). Auditoria de la gestión del mantenimiento. Perú.
- TECSUP. (2009). Herramientas para la gestión del mantenimiento. Perú.
- TECSUP. (2010). Mantenimiento Productivo Total. Perú.
- TECSUP. (2010). Planificación y programación del mantenimiento. Perú.
- Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. (2007). La confiabilidad integral del activo. Recuperada del 22 de junio del 2013. De <http://www.redalyc.org/articuloBasic.oa?id=225115062006>.
- Mojica Sánchez, R. (2010). Plan de Mantenimiento preventivo para la línea de producción de baldosa en la planta de baldosines Torino s.a. Universidad Industrial de Santander. Recuperada del 22 de junio del 2013. De <http://hdl.handle.net/123456789/7707>.
- Mavila Hinojoza, D y Polar Falcón, E (2005). Flujo de caja y tasa de corte para la evaluación de proyectos de inversión. Universidad Mayor de San Marcos. Recuperada del 22 de junio del 2013. De <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81680204>.



- Mark Barnes. (2012). Percepciones erróneas acerca del análisis de aceite. Recuperada del 22 de junio del 2013. De <http://confiabilidad.net/articulos/las-10-principales-percepciones-erroneas-acerca-del-analisis-de-aceite/>.
- Javier Álvarez Hernández. (2011). Camino hacia la confiabilidad. Recuperada del 22 de junio del 2013. De <http://confiabilidad.net/articulos/camino-hacia-la-confiabilidad/>.