



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“MEJORA DEL PROCESO DE OPERACION DE  
BOMBAS DE POZO PROFUNDO EN MINERIA DE  
TAJO ABIERTO PARA REDUCIR LOS COSTOS  
OPERATIVOS”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autor:**

Bach. Luis Cirilo Narva Novoa

**Asesor:**

Ing. Carlos Marcelo Pérez Heredia

COPYRIGHT ©2013 by  
LUIS CIRILO NARVA NOVOA  
Todos los derechos reservados

## LISTA DE ABREVIACIONES

VAN	Valor actual neto
TIR	Tasa de retorno
CA	Costo de Almacenamiento
CM	Costo de Mantenimiento
CTI	Costo de Transporte e Instalación

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general la mejora del proceso de mantenimiento de bombas de pozo profundo en minería de tajo abierto para reducir costos operativos con el objetivo de seguir asegurando la operatividad del área de operaciones y la empresa minera continúe cumpliendo aspectos de responsabilidad social y cuidado del medio ambiente.

Además se identificaron las causas principales para las actividades del proceso de mantenimiento de las bombas sumergibles en minería, siendo el aspecto crítico el desconocimiento de procedimientos adecuados, falta de equipos adecuados para el transporte e instalación, deficiencia en los procesos de almacenamiento.

Los resultados que se lograron son:

- Reducir los retrabajos en 1% para mantenimiento, almacenamiento y transporte con instalación cada uno.
- Reducir los costos de retrabajos en casi 342mil soles al año aprox.
- Se plantea propuestas de mejora con un TIR de 94%, demostrando que el proyecto es factible económicamente.

## ABSTRACT

*The present study was aimed at improving the overall maintenance process deep well pumps in open pit mining to reduce operating costs in order to continue to ensure the operability of the area of operations and the mining company continues to meet aspects of social responsibility and environmental care.*

*Besides the main causes for the activities of the maintenance process of submersible pumps in mining were identified, the critical aspect ignorance of proper procedures, lack of adequate equipment for the transportation and installation failure of the storage process.*

*The results achieved are:*

- Reduce rework by 1% for maintenance, storage and transportation with each installation.*
- Reduce the cost of rework in almost 342mil soles annually approx.*
- Suggestions for improvement with an IRR of 94 % is proposed, showing that the project is economically feasible.*

**ÍNDICE GENERAL**

DEDICATORIA.....	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO.....	¡Error! Marcador no definido.
LISTA DE ABREVIACIONES .....	3
PRESENTACIÓN .....	¡Error! Marcador no definido.
RESUMEN .....	4
ABSTRACT .....	5
INDICE DE FIGURAS .....	9
INDICE DE TABLAS .....	10
INTRODUCCIÓN .....	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO 1 .....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCION .....	¡Error! Marcador no definido.
1.1.    Realidad problemática .....	¡Error! Marcador no definido.
1.2.    Formulación del problema.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3.    Justificación.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.    Limitaciones.....	¡Error! Marcador no definido.
1.5.    Objetivos .....	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO 2 .....	¡Error! Marcador no definido.
MARCO TEORICO.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.    Antecedentes.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.    Bases Teóricas.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.1.    BOMBAS.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.2.    Agua subterránea .....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.3.    Bombas en minería .....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.4.    Capacidad requerida para aguas brutas/de pozo y tratamiento de aguas.....	¡Error! Marcador no
2.2.5.    Rendimiento de los pozos y eficacia operativa.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.6.    Reducción de agua en minería.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.7.    Principio de bombeo .....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.    Definición de términos básicos.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO 3 .....	¡Error! Marcador no definido.
HIPOTESIS .....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.    Formulación de la hipótesis.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.    Operacionalización de variables.....	¡Error! Marcador no definido.

CAPITULO 4 ..... **¡Error! Marcador no definido.**

PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL .... **¡Error! Marcador no definido.**

4.1. DIAGNOSTICO ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.1.1. Generalidades de la empresa..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.1.2. Análisis de la operación de las bombas sumergibles**¡Error! Marcador no definido.**

4.1.3. Diagrama de Ishikawa ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.1.4. Resultados de Indicadores antes de la mejora..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2. DISEÑO DE LA PROPUESTA: COMO SE HARA LA PROPUESTA**¡Error! Marcador no definido.**

4.2.1. Propuesta de mejora de cada causa identificada . **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.2. Desarrollo de alternativas de solución ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.2.1. Entrenamiento a personal ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.2.2. Elaborar procedimientos..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.2.3. Compra de instrumentos de medición..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.2.4. Construcción de un laboratorio de prueba ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.2.5. Compra de soporte para cada bomba de espera**¡Error! Marcador no definido.**

4.2.2.6. Sistema de gestión visual..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.2.7. Acondicionar camión para instalación..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3. IMPLEMENTACION ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.1. Resultados de Indicadores después de la mejora **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.2. Detalle de Costos de las actividades de mantenimiento después de la  
mejora. .... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.3. Costos relacionados a la implementación de la mejora**¡Error! Marcador no definido.**

4.3.4. Variaciones de los cambios logrados con la mejora**¡Error! Marcador no definido.**

CAPITULO 5 ..... **¡Error! Marcador no definido.**

MATERIALES Y METODOS ..... **¡Error! Marcador no definido.**

5.1. Tipo de diseño de investigación..... **¡Error! Marcador no definido.**

5.2. Material de estudio. .... **¡Error! Marcador no definido.**

5.2.1. Población. .... **¡Error! Marcador no definido.**

5.2.2. Muestra. .... **¡Error! Marcador no definido.**

5.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos. .... **¡Error! Marcador no definido.**

5.3.1. Para recolectar datos..... **¡Error! Marcador no definido.**

5.3.1.1. Observación directa. .... **¡Error! Marcador no definido.**

5.3.1.2. Análisis de documentos..... **¡Error! Marcador no definido.**

5.3.2. Para procesar datos..... **¡Error! Marcador no definido.**

---

5.3.2.1.	Plan de procesamiento de la información.....	¡Error! Marcador no definido.
5.3.2.2.	Técnicas de Estadística descriptiva.....	¡Error! Marcador no definido.
5.3.2.3.	Programas .....	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO 6 .....		¡Error! Marcador no definido.
RESULTADOS .....		¡Error! Marcador no definido.
6.1.	RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACION .....	¡Error! Marcador no definido.
6.2.	RESULTADOS DEL ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO.....	¡Error! Marcador no definido.
6.2.1.	Análisis de la situación Actual. ....	¡Error! Marcador no definido.
6.2.2.	Flujo de Caja del beneficio de la implementación de la mejora.....	¡Error! Marcador no definido.
6.2.3.	TASA COK.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO 7 .....		¡Error! Marcador no definido.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		¡Error! Marcador no definido.
7.1	Conclusiones .....	¡Error! Marcador no definido.
7.2.	Recomendaciones.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS .....		13



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Bombas de pozo profundos

Figura 2: Imágenes de diversas instalaciones y personal calificado.

Figura 3: Banco de ensayo

Figura 4: Ensayo de bomba

Figura 5: Bomba en pozo de agua subterránea

Figura 6: Agua gruta y capacidad de tratamiento (m<sup>3</sup>/h) como porcentaje del consumo diario (m<sup>3</sup>/día).

Figura 7: Variaciones en el nivel dinámico del agua mediante bombeos de prueba.

Figura 8: Partes de una bomba

Figura 9: Imagen referencial de ubicación de bombas de pozo profundo.

Figura 10: Identificación de causas por cada subproceso en mantenimiento de bombas sumergibles

Figura 11: Diagrama de flujo de mantenimiento

Figura 12: Instrumentos de precisión

Figura 13: Laboratorio de pruebas

Figura 14: Procedimiento para diagnóstico de bomba

Figura 15: Soporte para montaje, transporte e izaje de bomba

Figura 16: Ficha Verde

Figura 17: Historial de diagnósticos

Figura 18: Fichas para reparaciones

## INDICE DE TABLAS

- Tabla 1: Costos referenciales generados por semestre de bombas
- Tabla 2: Operacionalización de variables
- Tabla 3: Retrabajos en el semestre de Enero a Junio del 2013
- Tabla 4: Costos por tipo de actividad de cada modelo de bomba
- Tabla 5: identificación de Causas principales y secundarias
- Tabla 6: Indicadores antes de la mejora
- Tabla 7: Propuesta de Mejora para mantenimiento
- Tabla 8: Propuesta de mejora para almacenamiento
- Tabla 9: Propuesta de mejora para transporte e instalación
- Tabla 10: propuesta de programa de entrenamiento
- Tabla 11: Costo de compra de instrumentos (para un año)
- Tabla 12: repuestos y equipos para instalación
- Tabla 13: Costos totales para soporte
- Tabla 14: Indicadores después de la mejora
- Tabla 15: Costos totales después de la mejora
- Tabla 16: Costos promedios de reparación de cada bomba
- Tabla 17: Costos promedios de almacenamiento de cada bomba
- Tabla 18: Costos promedios de transporte e instalación de cada bomba
- Tabla 19: Costos promedios totales de cada bomba
- Tabla 20: Costos totales promedios por modelo de bomba
- Tabla 21: Resumen de costos para la implementación de la mejora
- Tabla 22: Variaciones de la mejora
- Tabla 23: Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos
- Tabla 24: Costos proyectados
- Tabla 25: Costos que podrían mitigarse
- Tabla 26: Flujo de caja neto

## **Nota de acceso:**

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

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Rosaler, Robert C. (2002). *Manual del ingeniero de planta*. México.,D.F. México: McGraw Hill Interamericana.
- Rodrigo Pascual J. (2002). *Gestión Moderna del mantenimiento (2ª. Ed)*. Santiago de Chile, Chile: Departamento de Ing. Mecánica. Universidad de Chile.
- Manual de Instalación y mantenimiento de Watson. México. Industrial Celaya. CP38010.
- Manual de servicio para bombas sumergibles de pozo profundo. Roumelis & Adelfon. Grecia. Papantonatos.
- Manual de ingeniería SP GRundfos. Madrid. Bombas Grundfos España S.A.
- Manual de Ingeniería de Bombas Crown
- INA Instituto Nacional de Agua de Argentina <http://www.ina.gov.ar/pdf/Hind-Infraestructura.pdf>