



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“MEJORA DEL PROCESO DE CAMBIO DE CABLES DE ACERO EN EL SISTEMA DE IZAJE EN PIQUES DE SOCAVÓN DE LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Aydin Guillermo Luna Mayta

Jorge Luis Muñante Revilla

Asesor:

Ing. Máximo Jesús Huambachano Martel

Lima – Perú

2016

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el (la) Bachiller **Aydin Guillermo Luna Mayta y Jorge Luis Muñante Revilla**, denominada:

“MEJORA DEL PROCESO DE CAMBIO DE CABLES DE ACERO EN EL SISTEMA DE IZAJE EN PIQUES DE SOCAVÓN DE LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA.”

Ing. Máximo Jesús Huambachano Martel

ASESOR

Ing. Juan Miguel de la Torre Ostos

JURADO

PRESIDENTE

Ing. Sonia Isabel Espinoza Farias

JURADO

Ing. Gustavo Adolfo Aybar Arriola

JURADO

DEDICATORIA

A Dios por brindarnos salud y amor, por su protección, sabiduría para afrontar las vicisitudes en nuestra vida cotidiana.

A mis Padres, Guillermo y Nohemi por su incondicional apoyo.

Aydin Guillermo Luna Mayta

A mi familia, en especial a mis hijas, por compartir un logro más junto a ellas.

A la Universidad Privada del Norte, por permitir ser el puente, para lograr avanzar profesionalmente en mi carrera.

Jorge Luis Muñante Revilla

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte, por permitirnos lograr nuestros objetivos de superación profesional.

Un agradecimiento especial al Ingeniero Máximo Jesús Huambachano Martel por su valioso apoyo en el asesoramiento para el desarrollo de la tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Antecedentes	13
1.1.1. Organización de la Compañía Minera Casapalca.....	13
1.1.1.1. Visión.....	14
1.1.1.2. Misión	14
1.2. Realidad Problemática.....	15
1.3. Formulación del Problema	17
1.3.1. Problema General.....	17
1.3.1.1. Problema específico 1	17
¿De qué forma el proceso tradicional de remplazo por inserción de cables en el sistema de izaje en piques de socavón influye en el mantenimiento?	17
1.3.1.2. Problema específico 2	17
¿De qué manera la paralización del sistema de izaje en piques de socavón influye en la extracción de minerales?.....	17
1.3.1.3. Problema específico 3	17
¿De qué forma la implementación de la máquina atril motorizado en el proceso de reemplazo de cables en el sistema de izaje en piques de socavón influye en el mantenimiento?	17
1.3.1.4. Problema específico 4	17
¿Cómo en el costo por implementación de la máquina atril motorizado de reemplazo de cables en el sistema de izaje en piques de socavón, influye en los costos de operación en la Cía. Minera Casapalca?...	17
1.4. Justificación.....	17

1.4.1.	<i>Justificación Teórica</i>	18
1.4.2.	<i>Justificación Práctica</i>	18
1.4.3.	<i>Justificación Cuantitativa</i>	18
1.4.4.	<i>Justificación Académica</i>	18
1.5.	Objetivo	19
1.5.1.	<i>Objetivo General</i>	19
1.5.1.1.	<i>Objetivo específico 1</i>	19
	<i>Especificar de qué forma el proceso tradicional de reemplazo por inserción de cables de acero en el sistema de izaje en piques de socavón influye en el mantenimiento.</i>	19
1.5.1.2.	<i>Objetivo específico 2</i>	19
	<i>Definir de qué manera la paralización del sistema de izaje en piques de socavón influye en la extracción de minerales.</i>	19
1.5.1.3.	<i>Objetivo específico 3</i>	19
	<i>Explicar de qué forma la implementación de la máquina atril motorizado en el proceso de reemplazo de cables en el sistema de izaje en piques de socavón influye en el mantenimiento.</i>	19
1.5.1.4.	<i>Objetivo específico 4</i>	19
	<i>Establecer de qué manera el costo por implementación de la máquina atril motorizado de reemplazo de cables en el sistema de izaje en piques de socavón influye en los costos de operación en la Cía. Minera Casapalca.</i>	19
	CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	20
2.1.	Cable de acero.....	20
2.1.1.	<i>Partes de un cable de acero</i>	21
2.1.1.1.	<i>Alambre</i>	21
2.1.1.2.	<i>Torón</i>	21
2.1.1.3.	<i>Alma</i>	21
2.1.1.4.	<i>Cable</i>	21
2.1.2.	<i>Torcido del cable</i>	22
2.1.2.1.	<i>Torcido regular</i>	22
2.1.2.2.	<i>Torcido lang</i>	23
2.1.3.	<i>Fallas comunes en los cables</i>	24

2.1.4.	<i>Lubricación de los cables</i>	25
2.2.	Piques de socavón.....	25
2.2.1.	<i>Factores para su construcción</i>	25
2.2.2.	<i>Consideraciones de diseño</i>	25
2.2.3.	<i>Estructura de un pique</i>	26
2.2.4.	<i>Formas de la sección transversal de un pique</i>	26
2.2.4.1.	<i>Sección rectangular</i>	27
2.2.4.2.	<i>Sección circular</i>	28
2.3.	Sistema de Izaje (Winche de Izaje).....	28
2.3.1.	<i>Componentes de un sistema de izaje</i>	29
2.3.1.1.	<i>Tambora</i>	29
2.3.1.2.	<i>Motor</i>	30
2.3.1.3.	<i>Sistema de seguridad</i>	30
2.3.1.4.	<i>Palancas de control</i>	30
2.3.1.5.	<i>Cables de izaje</i>	30
2.3.1.6.	<i>Skip</i>	30
2.3.1.7.	<i>Polea</i>	30
2.3.1.8.	<i>Estructura de desplazamiento o castillo</i>	30
2.4.	Máquina atril motorizada.....	30
2.4.1.	<i>Características generales</i>	31
2.4.2.	<i>Características técnicas</i>	31
2.5.	Definición de términos básicos.....	32
	CAPÍTULO 3. DESARROLLO	33
3.1.	Desarrollo del objetivo 01.....	33
3.1.1.	<i>Descripción del proceso de cambio de cables de acero</i>	33
3.1.1.1.	<i>Extracción de cable antiguo</i>	34
3.1.1.2.	<i>Inserción de cable nuevo</i>	35
3.1.2.	<i>Tiempo de mantenimiento de mina en socavón</i>	36
3.1.3.	<i>Personal involucrado en el mantenimiento de la unidad minera</i>	37
3.2.	Desarrollo del objetivo 02.....	38
3.2.1.	<i>Detención de actividades (Parada de planta), por mantenimiento</i>	38

3.2.1.1.	<i>Riesgos que existen en una parada de mina.....</i>	39
3.2.2.	<i>Pérdidas de extracción de minerales</i>	39
3.3.	Desarrollo del objetivo 03.....	40
3.3.1.	<i>Implementación de una máquina atril motorizada para la mejora de proceso</i>	40
3.3.2.	<i>Proceso de operación actual.....</i>	40
3.3.3.	<i>Operación de máquina atril motorizado</i>	43
3.3.3.1.	<i>Posicionar el atril:</i>	43
3.3.3.2.	<i>Montaje de carrete vacío en la máquina:</i>	43
3.3.3.3.	<i>Enrollado de cable:.....</i>	45
3.3.3.4.	<i>Como desmontar el carrete con cable del atril:.....</i>	45
3.3.4.	<i>Sistema de lubricación</i>	46
3.3.4.1.	<i>Ventajas del sistema de lubricación.....</i>	47
3.3.4.1.1.	<i>Reduce el tiempo de aplicación del lubricante.....</i>	47
3.3.4.1.2.	<i>Fácil de transportar por los piques de socavón.</i>	47
3.3.4.1.3.	<i>Permite una mejor inspección visual del cable.</i>	47
3.3.4.1.4.	<i>Reduce la contaminación del área de trabajo porque evita el derrame del lubricante.</i>	47
3.3.5.	<i>Prueba de tensión.....</i>	47
3.4.	Desarrollo del objetivo 04.....	48
3.4.1.	<i>Costo de implementación de máquina atril motorizado</i>	48
3.4.2.	<i>Mejora con la implementación de máquina atril.....</i>	49
	CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	50
4.1.	RESULTADOS	50
4.2.	CONCLUSIONES	51
4.3.	RECOMENDACIONES	52
	REFERENCIAS.....	53
	ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 1.1.	Principales empresas mineras en el Perú	14
Figura n.º 1.2.	Organigrama de la Cía. Minera Casapalca.....	15
Área de Mantenimiento		15
Figura n.º 2.1.	Partes de un cable de acero	22
Figura n.º 2.2.	Torcido de cable tipo Regular	23
Figura n.º 2.3.	Torcido de cable tipo Lang	23
Figura n.º 2.4.	Falla de cable por mala instalación.....	24
Figura n.º 2.5.	Forma rectangular de la sección transversal de un pique.....	27
Figura n.º 2.6.	Forma circular de la sección transversal de un pique	28
Figura n.º 2.7.	Sistema de izaje en interior de la Mina.	29
Figura n.º 2.8.	Máquina atril motorizada.....	32
Figura n.º 3.1.	Tamboras del sistema de izaje	33
Figura n.º 3.2.	Remoción de cable antiguo	35
Figura n.º 3.3.	Sujeción de cable nuevo en la tambora.....	36
Figura n.º 3.4.	Tiempo de mantenimiento en el sistema de izaje	37
Figura n.º 3.5.	Distribución del personal de mantenimiento	38
Figura n.º 3.6.	Inserción de eje en el carrete vacío	44
Figura n.º 3.7.	Montaje de carrete vacío en máquina atril.....	44
Figura n.º 3.8.	Mochila pulverizadora	46
Figura n.º 3.9.	Lubricación del cable	47
Figura n.º 3.10.	Tensiómetro tractel dinarope HF-36	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 3.1.	Cantidad de mineral no extraído	39
Tabla n.º 3.2.	Diagrama de actividades, proceso actual.....	41
Tabla n.º 3.3.	Diagrama de actividades, propuesta de mejora.....	42
Tabla n.º 3.4.	Cuadro comparativo, proceso Actual Vs proceso Propuesto ...	43
Tabla n.º 3.5.	Costo por implementación de máquina atril	49
Tabla n.º 3.6.	Reducción de pérdidas en la producción.....	49
Tabla n.º 4.1.	Comparación de horas de trabajo.....	50

RESUMEN

La Compañía Minera Casapalca S.A. (Cía. Minera Casapalca), está ubicada en la sierra de Lima, Distrito de Chicla, Provincia de Huarochirí, Departamento de Lima. La compañía está considerada como mediana minería por su capacidad de producción, cuenta con unidades mineras subterráneas, que comprenden piques verticales e inclinados. Desarrolla actividades como: exploración, explotación y producción de minerales metálicos.

Para el presente estudio en la Cía. Minera Casapalca, se ha evaluado el pique de socavón 650, por tanto los datos tomados son verídicos en el cambio de cables de acero en el sistema de izaje, ello permitirá realizar el análisis del proceso actual.

El mantenimiento de cada uno de las unidades mineras subterráneas en el Perú son similares, ya que estas utilizan un sistema de izaje para el traslado de material y personal; el adecuado proceso en el cambio de cables de acero de estos sistemas, prolongaría la vida útil de todos sus componentes; el presente trabajo tiene por objetivo mejorar el proceso del sistema en mención, porque identificamos que para este proceso se utilizan muchas horas hombre (20 horas hombre), y genera paradas en la extracción de minerales, en la cual por cada hora de parada por el cambio de cables de acero se deja de extraer 210 Tn. de mineral; para el análisis del problema se recolectaron datos reales de la Cía. Minera Casapalca.

La mejora del proceso en el cambio de cables de acero en el sistema de izaje, tiene como propósito reducir el tiempo (39.5% de horas) de operación en el mantenimiento; por consiguiente, se aumentaría la productividad en la Cía. minera Casapalca, con la implementación de una máquina atril motorizada; adicionalmente se incluiría un sistema de lubricación y prueba de tensión en el proceso de cambio de los cables de acero; ello permitirá reducir considerablemente el tiempo de trabajo en dicha actividad.

Palabras claves: Sistema de izaje en piques de socavón, cambio de cables de acero.

ABSTRACT

The Mining Company Casapalca S.A. (Cía. Minera Casapalca), is located in the sierra of Lima, District of Chicla, Province of Huarochirí, Department of Lima. The company is considered medium-sized mining because of its production capacity, it has underground mining units, which include vertical and inclined pikes. It develops activities as: exploration, exploitation and production of metallic minerals.

For the present study in the Cía. Minera Casapalca, it has been evaluated the chop of 650, so the data taken are true in the change of steel wires in the hoisting system, this will allow the analysis of the current process.

The maintenance of each of the underground mining units in Peru is similar, because they use a lifting system for the transport of material and personnel; the proper process in the change of steel wires of these systems, would prolong the useful life of all its components; this investigative project seeks to improve the process of the system in mention, because we have identified that for this process, many man hours (20 man hours) are being used and it generates stops in the extraction of minerals, in which for each hour of stop for the change of steel wires, 210tn of minerals is not removed. For the analysis of this problem, we have collected real data of "Cía. Minera Casapalca".

The improvement of the process in the change of steel wires in the lifting system has the purpose to reduce the time of the operation in the maintenance (39.5% of hours); consequently, with the implementation of a motorized machine, productivity in the Company would increase.

Additionally a system of lubrication and tension test in the process of change of the wires of steel would be included; this change will considerably reduce working time in this activity.

Key words: Lifting system in pivots, steel wires change.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Durante el presente estudio, no encontramos referencias de trabajos de tesis y/o proyectos que contribuyan como obras de consulta; sin embargo ubicamos estudios de diseño, fabricación y puesta en marcha de máquinas motorizadas para el uso en minería, los resultados son favorables para el desarrollo de la mejora de proceso, ya que es parte importante en el cambio de cables de acero en el sistema de izaje en los piques de socavón, que consiste en el uso de un sistema de lubricación, prueba de tensión y una máquina atril motorizada. (Mott, 2006).

En otros países como Canadá, la empresa Wire Rope Industries (Wirerope, 2009) y en Chile la empresa Prodinsa (Prodinsa, www.prodinsa.cl, 2012) , desarrollaron una máquina atril motorizada para resolver el problema en el cambio de cables de acero en los piques de socavón, con la implementación de esta máquina; se redujo el costo en el proceso de mantenimiento en el cambio de cables de acero en un 45%, a pesar de ser prototipos para la industria minera.

En consecuencia, el proceso de cambio de cables de acero en los sistemas de izaje en piques de socavón para la industria minera en el Perú, es tradicional; por tanto, la mejora en el proceso del cambio de cables, implementando una máquina atril motorizada, la inclusión de un sistema de lubricación y prueba de tensión; mejoraría el proceso de cambio de cables de acero en el sistema de izaje en los piques de socavón, reduciendo el tiempo de trabajo.

1.1.1. Organización de la Compañía Minera Casapalca.

La Compañía Minera Casapalca, está considerada como mediana minería por su capacidad de producción, está ubicada en la sierra de Lima a 4,500 msnm, Distrito de Chicla, Provincia de Huarochirí, Departamento de Lima, a la altura del km 155 de la carretera central (Lima- Huancayo).

En la actualidad dicha empresa explota 06 minas subterráneas, los cuales son: El Carmen, Alex, Esperanza, Gubbins, Juanita y Cuerpos mineralizados.

La compañía cuenta con unidades mineras, que comprenden piques verticales e inclinados, entre estos piques verticales se indican los siguientes: Pique Casapalca 650, Pique Casapalca 790; y entre los piques inclinados se señalan los siguientes: Pique Inclinado 1 200 – Oroya y Pique Inclinado 1 400.

1.1.1.1. Visión

Posicionar a Casapalca como el referente de la mediana minería en el Perú.

1.1.1.2. Misión

Desarrollar nuestras actividades mineras guiados por los más altos principios y valores, protegiendo la salud, la integridad y el medio ambiente.

Figura n.º 1.1. Principales empresas mineras en el Perú

GRAN MINERIA	TIPO DE MINA
SOC. MRA. CERRO VERDE S.A.	Tajo Abierto
SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION	Tajo Abierto
XSTRATA TINTAYA S.A.	Tajo Abierto
EMPRESA MRA. YANACOCHA S.A	Tajo Abierto
DOE RUN PERU	Subterránea
CIA. MINERA ANTAMINA	Tajo Abierto
MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.	Tajo Abierto
SHOUGANG HIERRO PERU S.A.	Tajo Abierto
GOLD FIELDS LA CIMA	Tajo Abierto
SOC. MRA. EL BROCAL S.A	Tajo Abierto
VOLCAN CIA. MRA S.A	Subterránea - Tajo Abierto
MEDIANA MINERIA	
MINSUR	Subterránea
CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A	Subterránea
CIA. MRA. MILPO S.A	Subterránea
CIA. MRA. ATACOCHA S.A	Subterránea
CIA. MRA. SANTA LUISA S.A	Subterránea
CIA. MRA HUARON S.A	Subterránea
CIA. MRA. RAURA S.A	Subterránea
CIA. MRA. SAN IGNAC. DE MOROCOCHA S.A.	Subterránea
SOC. MRA. CORONA	Subterránea
PAN AMERICAN SILVER S.A.C.	Subterránea - Tajo Abierto
EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S.A.	Subterránea
PERUBAR	Subterránea
EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A	Subterránea
CIA. MRA. CASAPALCA S.A	Subterránea
CIA. MINERA ARES S.A.	Tajo Abierto
CASTROVIRREYNA CIA. MRA. S.A	Subterránea
INVERSIONES MINERAS DEL SUR S.A	Subterránea
AURIFERA RETAMAS S.A	Subterránea
CONSORCIO MRO. HORIZONTE S.A	Subterránea
CIA. MRA. PODEROSA S.A	Subterránea
CIA. MRA. ARIRAHUA S.A	Subterránea

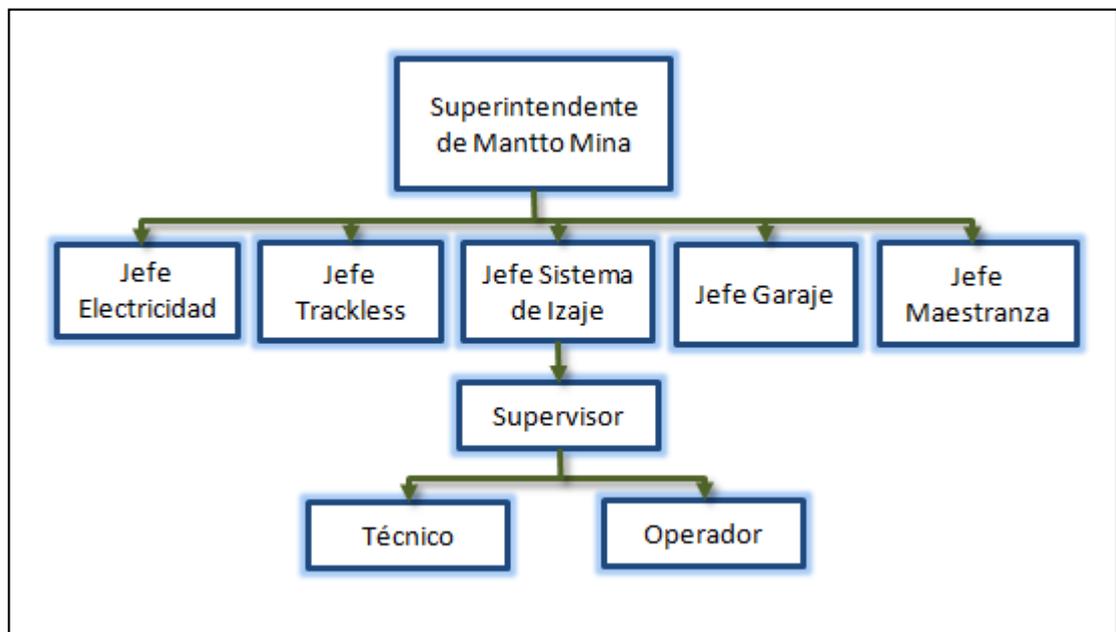
Fuente. Ministerio de energía y minas 2011.

Nota: Lo subrayado es nuestro.

La Compañía Minera Casapalca está conformada por dos divisiones: Mina y Planta, de las cuales nos enfocaremos en la división de Mina, dentro del cual se encuentra el área de mantenimiento.

El Área de Mantenimiento General de Mina tiene como función principal garantizar la disponibilidad operativa de los equipos e instalaciones.

Figura n.º 1.2. Organigrama de la Cía. Minera Casapalca
Área de Mantenimiento



Fuente: Graficado por el autor.

1.2. Realidad Problemática

En la actualidad, en la minería Sudamericana, así como en el Perú, se realizan esfuerzos por mejorar los procesos de mantenimiento del sistema de izaje, en esta tendencia, la compañía minera Casapalca no es ajena a dichos esfuerzos, por ello, sigue desarrollando el cambio de cables de acero en el sistema de izaje de piques de socavón de manera tradicional, recurriendo al uso de recursos humanos en demasía y de herramientas que no permiten lograr mayor rapidez en realizar el adecuado proceso de cambio de cables

de acero, su lubricación y prueba de tensión; cada vez que esto es necesario para que la operación de extracción de minerales y el transporte de personal, que debe realizarse de la forma más segura, de acuerdo a los reglamentos internos de seguridad del personal, concordando con el decreto supremo N° EM-024 de seguridad y salud ocupacional en la minería (MINEN, 2016).

El pique 650 propiedad de la compañía minera Casapalca, realiza el cambio de cables de acero de 1.1/2" por 1 250 metros de longitud que son para dos tamboras cada una en el winche, en la tarea de cambio se emplea un tiempo no menor a las 18 horas, más una hora para la lubricación y otra hora para la prueba de tensión, en el sistema de izaje, haciendo un total de 20 horas, tarea que ocasiona retraso en la extracción de minerales, generando a su vez exceso en el uso de recursos, produciéndose también la contaminación del medio ambiente por la caída de grasas, solventes y lubricantes que no son favorables para un buen medio ambiente, derivándose ello, contaminación del subsuelo de la unidad minera.

Logrando mayor eficiencia en las actividades operacionales, los resultados concordarían con la reducción de costos en el mantenimiento, específicamente en la minería subterránea; por tanto, la mejora del proceso de cambio de cables de acero en el sistema de izaje en piques de socavón, tanto a nivel vertical e inclinado, que demanda el uso de una maquina atril, sistema de lubricación y prueba de tensión, reiteramos que aminoraría significativamente los costos de mantenimiento (uso de recursos humanos y financieros), la reducción del impacto ambiental (insumos) y la pérdida de producción de minerales.

Por consiguiente en el caso de la Cía. Minera Casapalca se requeriría un estudio más consistente para mejorar el proceso de cambio de cables de acero en el sistema de izaje en piques de socavón, porque actualmente se realiza en forma tradicional y precaria, con algunos procedimientos propios a nivel empresarial; para mejorar estas limitaciones se estaría pensando en el proceso de cambio de acero en el sistema de izaje en piques de socavón en forma integrada, implementándose con una máquina atril motorizado, sistema de lubricación y prueba de tensiones, que reduciría el tiempo de operaciones en el mantenimiento, y aumentando la productividad en la extracción de minerales que se reflejaría también en mejoras de la rentabilidad económica.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿De qué manera la mejora del proceso de cambio de cables de acero en el sistema de izaje en piques de socavón mejoraría el mantenimiento en la Cía. Minera Casapalca?

1.3.1.1. Problema específico 1

¿De qué forma el proceso tradicional de remplazo por inserción de cables en el sistema de izaje en piques de socavón influye en el mantenimiento?

1.3.1.2. Problema específico 2

¿De qué manera la paralización del sistema de izaje en piques de socavón influye en la extracción de minerales?

1.3.1.3. Problema específico 3

¿De qué forma la implementación de la máquina atril motorizado en el proceso de reemplazo de cables en el sistema de izaje en piques de socavón influye en el mantenimiento?

1.3.1.4. Problema específico 4

¿Cómo en el valor por implementación de la máquina atril motorizado de reemplazo de cables en el sistema de izaje en piques de socavón, influye en los costos de operación en la Cía. Minera Casapalca?

1.4. Justificación

El presente estudio se justifica en la posible mejora del proceso de cambio de cables de acero en el sistema de izaje en piques de socavón, en la reducción de tiempo de operación en el mantenimiento, en la minimización de horas a emplearse para el cambio de cables de acero, además de la lubricación y prueba de tensión en los cables de acero de la Cía. Minera Casapalca. En este sentido la mejora de proceso de cambio de cables de acero en el sistema de izaje en piques de socavón, comprende los siguientes: máquina atril motorizado, sistema de lubricación y prueba de tensión.

Esta obra coadyuvará al mejor cuidado del medio ambiente, a la disminución de derrame de lubricantes en la superficie, además de contar con lubricantes biodegradables,

estos contribuyen al cuidado y protección del medio ambiente. Así mismo, aportará condiciones académicas y conocimientos a las nuevas generaciones de estudiantes interesados en los temas de las operaciones mineras subterráneas en el Perú.

1.4.1. Justificación Teórica

Lo que se pretende lograr con la presente investigación, es la reducción de tiempo en la operación de mantenimiento, minimizando las horas en el cambio de cables de acero, en la lubricación y prueba de tensión en el sistema de izaje en piques de socavón en la compañía minera Casapalca, el cual comprende maquina atril motorizada, sistema de lubricación y prueba de tensión en los piques mineros, logrando aumentar la productividad y disponibilidad de recursos.

1.4.2. Justificación Práctica

Este trabajo contribuirá a desarrollar un conjunto de soluciones en la mejora del proceso de cambio de cables de acero en el sistema de izaje en piques de socavón, ya que mejorará tres fases: máquina atril motorizado, sistema de lubricación y prueba de tensión; problemas que en la actualidad afrontan diversas compañías mineras en el Perú y principalmente en el pique 650 de la Cía. Minera Casapalca.

1.4.3. Justificación Cuantitativa

El estudio nos permite determinar que en una hora se extrae 210 Tn. de mineral, en el actual proceso de cambio de cables de acero en el sistema de izaje en piques de socavón se emplean 20 horas, lo que significa un total de 4 200 Tn. que se deja extraer.

1.4.4. Justificación Académica

La sustentación de este trabajo servirá de referente para otras aplicaciones en la industria minera, promoverá la iniciativa de la búsqueda de nueva información, de experiencias y estudios similares relacionados con el proceso de cambio de cables de acero en el sistema de izaje en piques de socavón de las compañías mineras.

1.5. Objetivo

1.5.1. Objetivo General

Sustentar de qué manera la mejora del proceso de cambio de cables de acero en el sistema de izaje en piques de socavón mejoraría el proceso de mantenimiento en la Cía. Minera Casapalca 2016.

1.5.1.1. Objetivo específico 1

Especificar de qué forma el proceso tradicional de reemplazo por inserción de cables de acero en el sistema de izaje en piques de socavón influye en el mantenimiento.

1.5.1.2. Objetivo específico 2

Definir de qué manera la paralización del sistema de izaje en piques de socavón influye en la extracción de minerales.

1.5.1.3. Objetivo específico 3

Explicar de qué forma la implementación de la máquina atril motorizado en el proceso de reemplazo de cables en el sistema de izaje en piques de socavón influye en el mantenimiento.

1.5.1.4. Objetivo específico 4

Establecer de qué manera el valor por implementación de la máquina atril motorizado de reemplazo de cables en el sistema de izaje en piques de socavón influye en los costos de operación en la Cía. Minera Casapalca.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Cable de acero

El cable de acero es un conjunto de alambres arrollados helicoidalmente sobre un centro llamado alma (Ingeniería & Proyectos, 2013).

El conocimiento pleno del inherente potencial y uso de un cable de acero, es esencial para elegir el cable más adecuado para un trabajo u operación o en diversos equipos, teniendo en cuenta la diversidad y cantidad de cables disponibles en el mercado.

Cada tipo de cable de acero, contiene variables y formas de construcción, así como del diámetro, grado de alambre (1 770, 1 960, 2 160, entre otros), su dirección o sentido del cable (Regular Derecho o Izquierdo y Lang Derecho o Izquierdo), así como de la lubricación, tipo de alma u eje central, del acabado (negro o galvanizado), entre otros factores que inciden en su fabricación. (Prodinsa, Ingeniería & Proyectos, 2013)

La empresa peruana "PROCABLES" diseña y fabrica los cables, cumpliendo Normas Internacionales, tales como:

- EN 12385
- American Petroleum Institute (A.P.I. Standard 9A)
- American Federal Specification (RR-W-410D)
- American Society For Testing & Materials (A.S.T.M.)
- British Standards Institute (B.S.)
- Deutscher Normenausschuss (D.I.N.)
- International Organization for Standardization (I.S.O.) (Procables, 2016)

El entendimiento completo de las características de un cable de acero es esencial, involucra un conocimiento profundo de las condiciones de trabajo, factores de carga y resistencias del cable, así como del cuidado para su manipulación con las personas, ya que por ser un cable de acero, este ya cuenta con energía absorbida en su fabricación, por tal razón, el cable cuenta con vida o energía inactiva la que puede ser peligroso en su manipulación. (Ingeniería & Proyectos, 2013).

2.1.1. Partes de un cable de acero

Tanto los cables de acero como los cables eléctricos, tienen la misma configuración en su fabricación, la diferencia entre uno u otra radica en el material, diseño y construcción, así como también, en el tamaño de las máquinas que son diseñadas para la fabricación de los cables, éstas serán de mayor tamaño a medida que aumenta el diámetro a fabricar.

Por tal razón definimos a sus partes para tema de estudio a los siguientes componentes:

2.1.1.1. Alambre

Es el componente básico del cable de acero, el cual es fabricado en diferentes grados (1 570, 1 770, 1 960, otros), según el uso al que se destine el cable. Así mismo dependerá del acabado si es negro o galvanizado, dependiendo del uso se define el alambre.

2.1.1.2. Torón

Compuesto por un número de alambres de acuerdo a su construcción, que son torcidos helicoidalmente alrededor de un centro, llamado alma, y esto en una o varias capas. Así mismo pueden ser torones regulares, compactados o triangulares.

2.1.1.3. Alma

Es el eje central del cable donde se enrollan los torones. Esta alma puede ser de acero, fibras naturales o sintéticas. La diferencia entre almas de acero o de fibra radica en la absorción de energía, mas no en la flexibilidad.

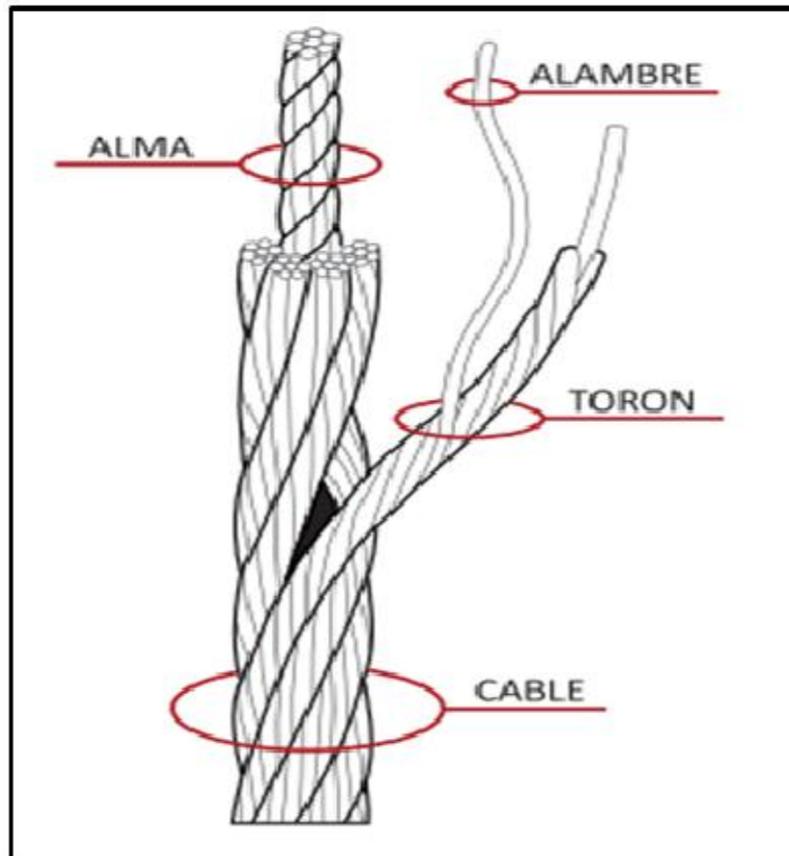
Los cables para usos mineros de socavón, son cables con alma de fibra, hechas con la finalidad de absorber energía en las operaciones, ya que están sometidos a esfuerzos bruscos producto de las cargas ejercidas en la operación.

2.1.1.4. Cable

Es el producto final que está formado por varios torones, que son torcidos helicoidalmente alrededor del alma, la cual esta puede ser de fibra (sintética de poliéster) o de acero.

El cable es el producto final para su uso en las diversas aplicaciones y operaciones. Los usos frecuentes de cables de acero se encuentran en sectores como: la minería, pesca, construcción, petróleo, agroindustrial, naviero, etc. (Ingeniería & Proyectos, 2013)

Figura n.º 2.1. Partes de un cable de acero



Fuente. Catálogo de Izaje de la compañía Procables, año 2011

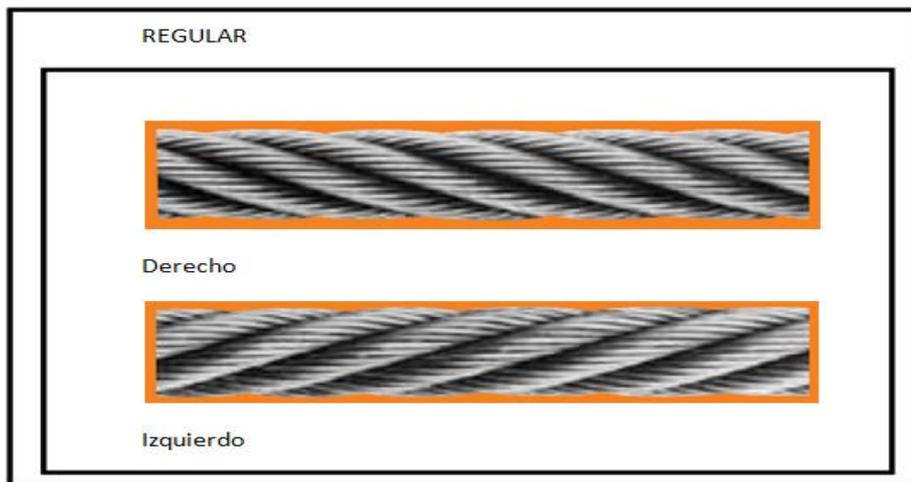
2.1.2. Torcido del cable

Los cables se fabrican con dos tipos de torcido regular y lang, cada uno de ellos con diferentes características para los diversos trabajos específicos. (Brivensa, 2012)

2.1.2.1. Torcido regular

Estos cables son usados con mayor frecuencia, porque son más fáciles de manipular, además de tener mayor resistencia al aplastamiento y deformación, estos cables pueden ser arrollados en sentido derecho e izquierdo de forma opuesta a los torones. (Brivensa, 2012)

Figura n.º 2.2. Torcido de cable tipo Regular

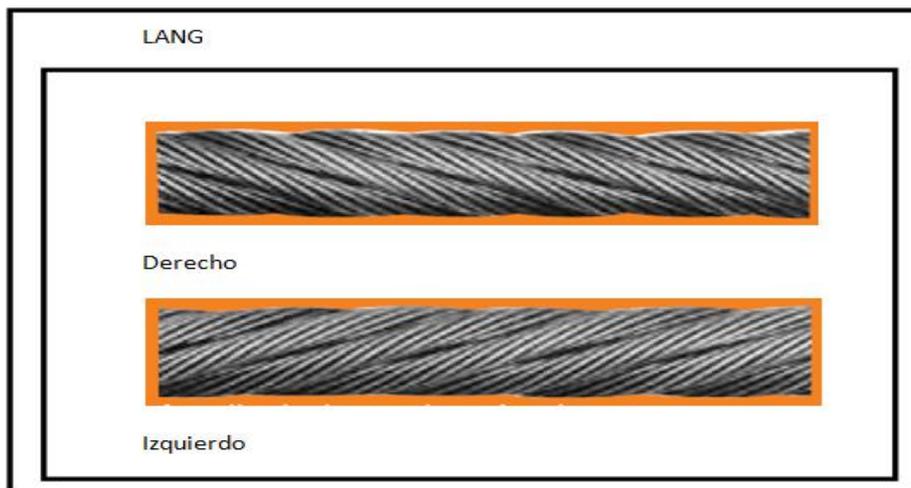


Fuente: Catálogo Brivensa, año 2012

2.1.2.2. Torcido lang

Estos cables tienen mayor flexibilidad, resistencia a la abrasión y a la fatiga, son utilizados para trabajos específicos, también son arrollados en sentido derecho e izquierdo pero a la misma dirección de los torones. (Brivensa, 2012).

Figura n.º 2.3. Torcido de cable tipo Lang

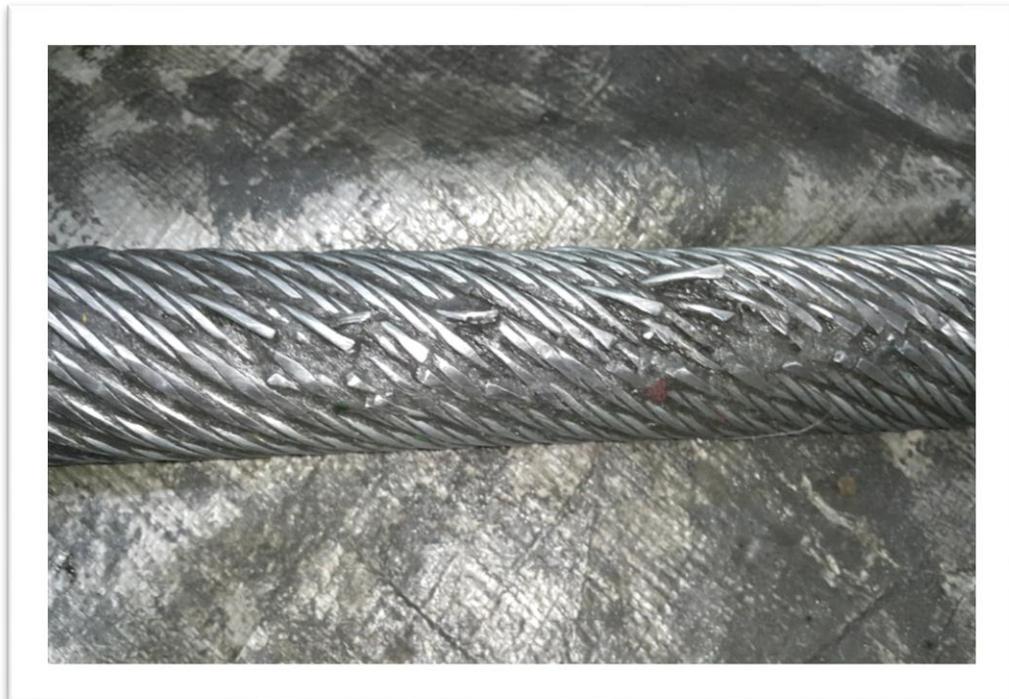


Fuente: Catálogo Brivensa, año 2012

2.1.3. Fallas comunes en los cables

- Desgaste por uso.
- Fallas por fatiga.
- Cable desgastado.
- Desgaste en cordones adyacentes.
- Daños en poleas.
- Golpes.
- Daños por mantenimiento de grúas.
- Descarrilamientos.
- Fallas internas.
- Daños por rotación.
- Formación de “jaula de pájaro”.
- Fallas en poleas.

Figura n.º 2.4. Falla de cable por mala instalación



Fuente: Propia del autor

2.1.4. Lubricación de los cables

Los cables son lubricados desde su fabricación, dependiendo el tipo de uso, la aplicación de lubricantes son para prevenir corrosión y desgaste en condiciones de trabajo normal o almacenamiento (Brivensa, 2012).

Las características de un buen lubricante:

- Debe estar libre de ácidos y agentes alcalinos.
- Debe poseer buena adherencia para evitar derrame.
- Debe tener viscosidad que permita penetrar entre los alambres.
- No debe ser soluble en el medio ambiente de trabajo.
- Debe tener resistencia a la oxidación.

2.2. Piques de socavón

Los piques son labores verticales que sirven de comunicación entre la mina subterránea y la superficie exterior con la finalidad de subir o bajar al personal, material, equipos y el mineral. (Compumet, 2006)

2.2.1. Factores para su construcción

De acuerdo a las necesidades de inversión y al tipo de mineral, podemos citar los siguientes factores, para el desarrollo de su construcción (Compumet, 2006):

- Necesidades de extracción de mineral; de acuerdo al tipo de mineral y a su correspondiente ley del mineral.
- Reducción de los costos de producción; a través de una estructura de costos en base a la duración o vida útil del proyecto, 10, 20, 30 años a más.
- Profundización de los niveles de extracción. Dependiendo del factor anterior, si la veta del mineral se proyecta, el periodo de duración de la extracción es directamente proporcional.

2.2.2. Consideraciones de diseño

Las siguientes consideraciones se basan principalmente en experiencias y modelos de otros proyectos ya en funcionamiento, pero con las mejoras necesarias en base a la vanguardia de la tecnología (Compumet, 2006):

- Análisis de costos en relación a otros piques.
- El área debe ser favorable y suficientemente grande para las instalaciones de superficie; la naturaleza del suelo debe ser adecuada para las cimentaciones, realizando para ello estudios de geotecnia conducentes a la clasificación del macizo en el área destinada para el diseño del pique.
- La mina, debe tener buenas vías de acceso y espacio libre para favorecer el trabajo.

2.2.3. Estructura de un pique

La estructura de un pique, es la columna vertebral de la operación en el socavón, por lo cual estos pueden ser de madera o de acero. En otros casos, si se contara con un nivel inferior, la construcción del pique se puede realizar con un equipo *raise borer*, para el cual se perfora primero el hueco modelo y luego del nivel inferior se empieza a ensanchar con una broca de perforación de mayor diámetro y por último se completa a la sección diseñada, que puede ser circular o rectangular. Siempre debemos de considerar principalmente el tipo de terreno, ya que este debe ser competente y debe ser una zona donde no exista agua de filtración, lo que en la práctica la mayoría de las mineras subterráneas cuentan con socavones y filtración de agua. (Compumet, 2006)

2.2.4. Formas de la sección transversal de un pique

Existen diversos tipos o formas de piques de mina, por lo general en nuestro país son de forma rectangular y circular, son menos frecuentes y muy raramente los de sección elíptica o curvilínea. El pique de forma rectangular es el más común y existente en la mayoría de las mineras de nuestro país, pero en estos tiempos se está incentivando en los nuevos proyectos los de forma circular.

Podemos elegir la forma de la sección transversal, para ello es necesario tener en cuenta lo siguiente aspectos:

- La calidad del macizo rocoso, como las rocas volcánicas, sedimentarias o metamórficas, siendo ésta última la más usual y peligrosa.
- El tiempo de servicio y el destino final del pozo; dependiendo de la duración del proyecto.

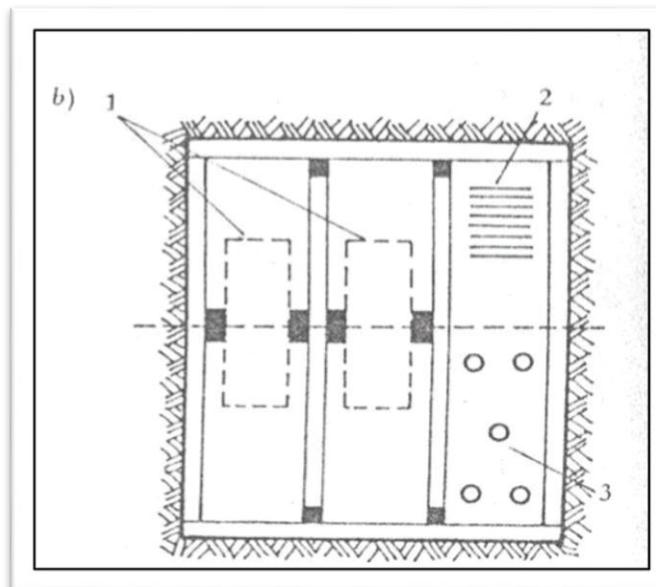
- Los materiales de fortificación a ser utilizados, en todos los sistemas y/o técnicas de sostenimiento que se aplican para los trabajos de explotación son: mallas, pernos helicoidales, resinas, vigas para sección circular, etc (Compumet, 2006).

2.2.4.1. Sección rectangular

Como mencionamos líneas anteriores, esta es la forma más común y existente en la mayoría de las mineras en nuestro país, es la más empleada; sin embargo, ofrece las siguientes desventajas:

- Dificultad en la formación de ángulos rectos, particularmente en rocas duras; posibilidad de una deformación significativa de la fortificación en caso de rocas débiles e inestables (metamórficas y sedimentarias); mala distribución de esfuerzos alrededor de la excavación.
- La duración de trabajos para la excavación de la sección rectangular demanda mayor esfuerzo. La forma de instalar el sostenimiento en la sección requiere mayor inversión, sobre todo en las vigas de madera de mayor diámetro (Compumet, 2006).

Figura n.º 2.5. Forma rectangular de la sección transversal de un pique



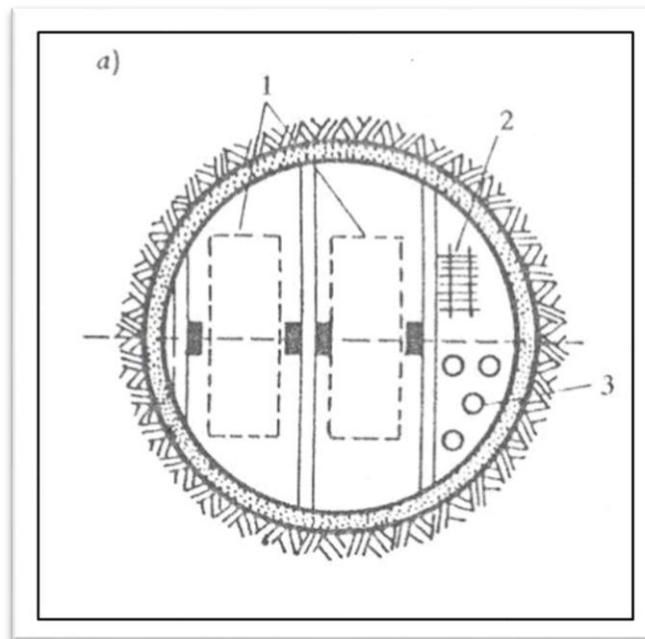
Compartimentos: 1: de ascenso; 2: de escalera; 3: de tuberías y cables

Fuente: Compumet año 2006

2.2.4.2. Sección circular

La sección circular garantiza una mayor estabilidad, debido a que la fortificación va a resistir mejor la presión causada por las rocas circundantes; ya que éstas, se distribuyen más uniformemente. Además, los piques de sección circular poseen un menor coeficiente de resistencia aerodinámica (Compumet, 2006).

Figura n.º 2.6. Forma circular de la sección transversal de un pique



Compartimentos: 1: de ascenso; 2: de escalera; 3: de tuberías y cables

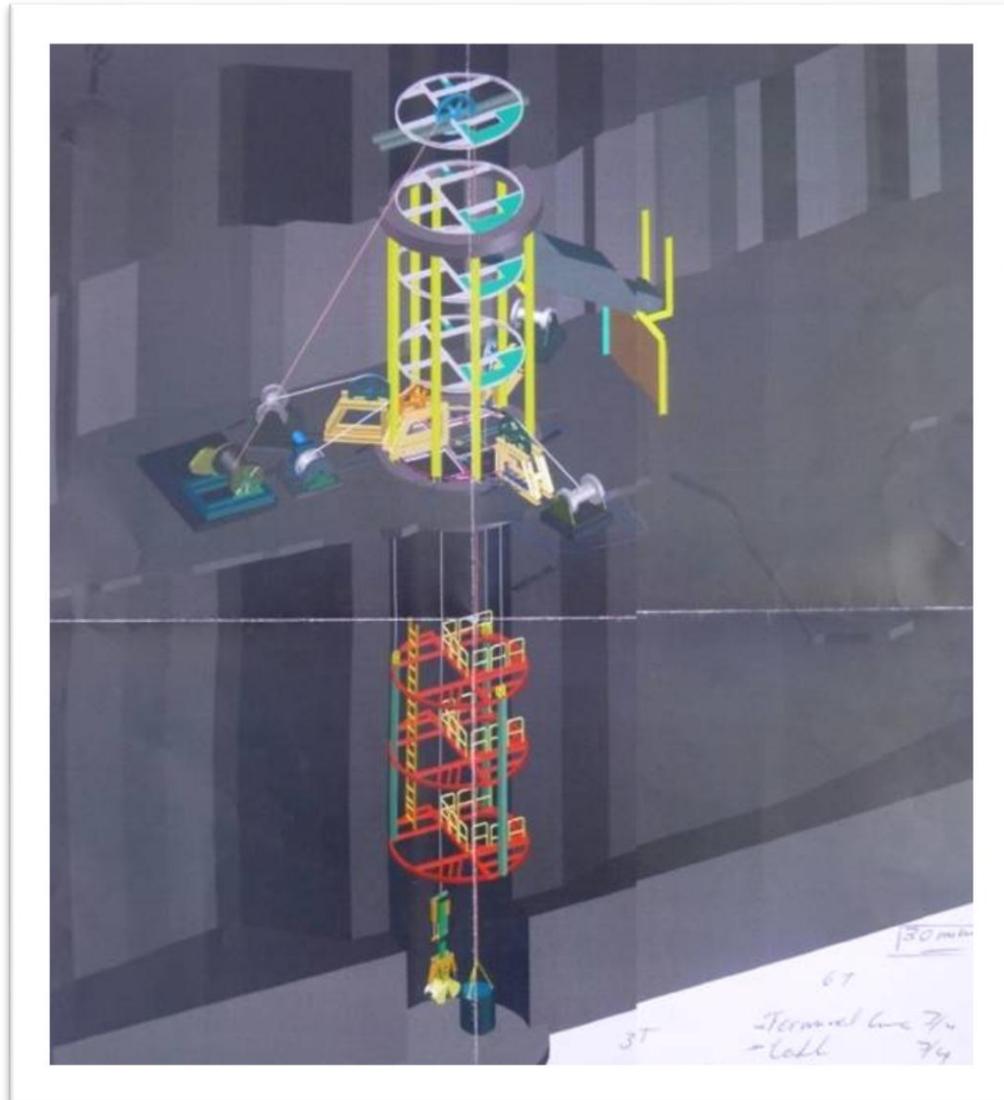
Fuente: Compumet, año 2006

2.3. Sistema de Izaje (Winche de Izaje)

Es una máquina que se utiliza para subir o bajar carga, además, de trasportar personal siempre y cuando se tenga las mínimas medidas de seguridad. Este sistema es el principal medio de transporte en los piques de socavón de tipo vertical, para los piques tipo inclinado se utiliza los winches de rastrillaje (Compumet, 2006).

Los sistemas de izaje pueden estar instalados en el interior de la mina o fuera del mismo, en la figura se muestra el sistema dentro del pique.

Figura n.º 2.7. Sistema de izaje en interior de la Mina.



Fuente: Mina Buenaventura, año 2016

2.3.1. Componentes de un sistema de izaje

2.3.1.1. Tambora

La tambora es un cilindro metálico donde se enrolla el cable de acero del sistema de izaje, también es llamada winche. (Compumet, 2006)

2.3.1.2. Motor

El motor es el propulsor del sistema de izaje, la dimensión del motor es de acuerdo al requerimiento de la capacidad de carga y según el modelo del pique. (Compumet, 2006)

2.3.1.3. Sistema de seguridad

El sistema está encargado de controlar y regular la velocidad del winche, para evitar la brusca aceleración o desaceleración, está conformado por los frenos, sensores, que son accionados en caso de emergencia. (Compumet, 2006)

2.3.1.4. Palancas de control

Son dispositivos que realizan el control del winche, la palanca de control debe ser operado por el personal capacitado y autorizado. (Compumet, 2006)

2.3.1.5. Cables de izaje

Las características del cable dependen mucho del tipo de izaje, (Compumet, 2006)

2.3.1.6. Skip

También llamados baldes o jaulas, su función es la de transportar al mineral y personal según el requerimiento. (Compumet, 2006)

2.3.1.7. Polea

La polea es una rueda acanalada, su función es de alojar el cable de acero en uno de sus extremos se encuentra la tambora y en el otro el skip. (Compumet, 2006)

2.3.1.8. Estructura de desplazamiento o castillo

Es una estructura vertical donde se ubica la polea la cual dirige el cable hacia el interior del pique. Está construido de madera o de acero, respetando los reglamentos de seguridad. (Compumet, 2006)

2.4. Máquina atril motorizada

Se define a esta máquina como un instrumento hidráulico y mecánico para el apoyo en la operación de cambio y recambio de cables de acero en los piques de socavón, su principal ventaja es que acorta los tiempos en los cambios y reduce el uso de recursos humanos para la ejecución del mantenimiento. (Prodinsa, Ingeniería & Proyectos, 2013)

2.4.1. Características generales

Para la construcción de la máquina atril motorizado, debemos de considerar diversos componentes y materiales según el diseño para su fabricación, dichos componentes son:

- Estructura: Viga de acero estructural
- Dimensiones generales (mm) 1985 ancho x 2070 largo x 1500 alto
- Peso bruto (con motorización) 940 kg (sin carrete)
- Capacidad (máxima) Carrete de madera : 1850 mm diám.x 1450 mm de ancho
- Peso aprox. carrete: 440 kg (vacío) o 6300 kg (con cable) (Prodinsa, Ingeniería & Proyectos, 2013).

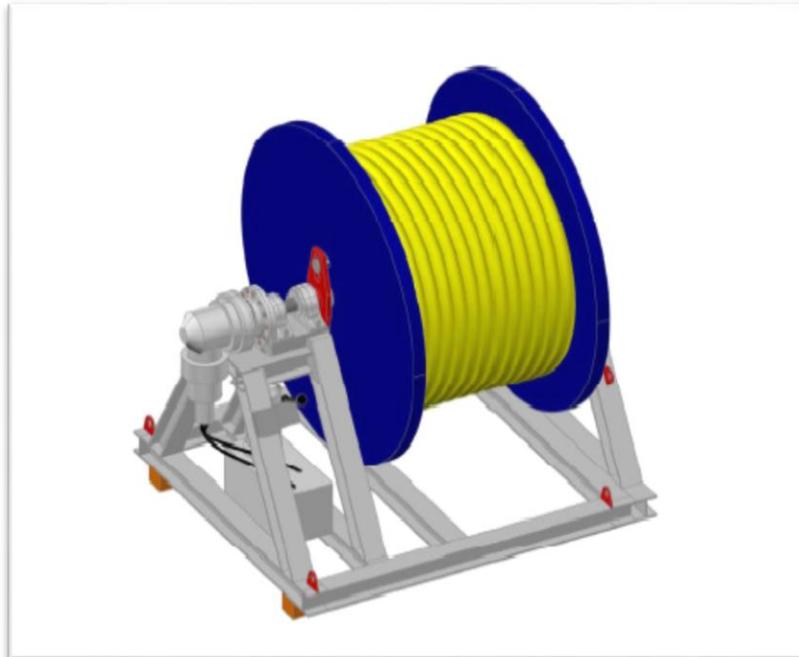
2.4.2. Características técnicas

El diseño y construcción de cada máquina depende de las características del tipo de pique, longitud del pique, diámetro del cable, además de otras consideraciones de cada unidad minera, para nuestro estudio tomamos en consideración las características técnicas de la máquina de la empresa Prodinsa - Chile, el cual se adecua a las características del pique 650 de la Cía Minera Casaplaca, se muestra las características de la máquina:

- Tiro máximo continuo 10 kN
- Velocidad rotación carrete 0 a 4 rpm
- Velocidad máxima continua 9,5 m/mín
- Circuito hidráulico tipo abierto
- Alimentación eléctrica 380 V trifásica
- Motor eléctrico 4 Kva. - 1420 rpm (Vema, Italia)
- Reductor orbital Bonfiglioli 306R398.5FZ
- Motor hidráulico Eaton H101-1025-020
- Bomba hidráulica Cassapa PLP 20.14 DO-82E2-LEB
- Válvula Direccional Cassapa VCD 25 1 18L
- Válvula Regulación Presión Vickers R V3-10-K-6T-36
- Cable alimentación Trifásico 1 x 5 (50 mt con enchufe)
- Aceite hidráulico ISO VG 46
- Capacidad estanque 85 lts.

- Aceite reductor Omala 330

Figura n.º 2.8. Máquina atril motorizada



Fuente. Área de Ingeniería & Proyectos, Ficha técnica Prodinsa – Chile 2010

2.5. Definición de términos básicos

Pique: Agujero vertical de gran dimensión para la extracción de minerales.

Socavón: Cueva que se excava al lado de una montaña y forman galerías subterráneas.

Sistema de izaje: Máquina utilizada para el traslado de personal y mineral en las minas subterráneas.

Tambora: Son cilindros metálicos donde se enrolla los cables de acero.

Skip: Receptáculo vertical que sirve para el traslado de personas y mineral.

CAPÍTULO 3. DESARROLLO

3.1. Desarrollo del objetivo 01

El proceso de reemplazo de cables de acero en el sistema de izaje en los piques de socavón de la unidad minera es planificado y monitoreado por el jefe de mantenimiento e inspector de seguridad, esta actividad actualmente requiere de un aproximado de 20 horas como mínimo, el trabajo se realiza de manera manual con un total de 20 personas, que están conformadas por el jefe de mantenimiento, inspector de seguridad, técnicos de mantenimiento y operadores, los cuales emplean herramientas convencionales. Al realizar el cambio del cable de acero del sistema, también se realiza otras actividades inherentes al mantenimiento.

3.1.1. Descripción del proceso de cambio de cables de acero

El sistema de izaje del pique 650 está compuesto por dos tamboras de las mismas características técnicas y; están accionados por un motor principal, el proceso de cambio de cables de acero se realiza de igual manera para cada una de las tamboras y se efectúa una después de la otra.

Figura n.º 3.1. Tamboras del sistema de izaje



Fuente: Propia del autor.

3.1.1.1. Extracción de cable antiguo

- Traslado de carrete de madera conteniendo el cable nuevo de 1.1/2", hacia la zona de trabajo.
- Traslado de equipos y herramientas que son utilizados en el proceso de cambio.
- Sujeción del cable antiguo con estrobos de seguridad en el nivel 1 para evitar la caída del mismo.
- Se retira el skip y demás accesorios de sujeción en el nivel 10.
- El motor de la tambora es apagado y puesto en neutro para facilitar la remoción del cable antiguo.
- Se retira las grapas de seguridad que sujetan el cable antiguo en la tambora.
- Se empalma un cable de 5/8" al extremo del cable antiguo para no dejar caer el cable a extraer.
- Se procede a retirar los estrobos de seguridad del nivel 1 que se colocaron anteriormente.
- Se jala el cable de acero desde el nivel inferior de forma manual.
- En la parte superior el cable de 5/8" es sujetado para no dejar caer el cable que se encuentra retirándose de su posición.
- Se procede a limpiar e inspeccionar el sistema de izaje (polea, tambora y otros).
- El cable de 5/8" es desempalmado del cable de acero antiguo.

Figura n.º 3.2. Remoción de cable antiguo

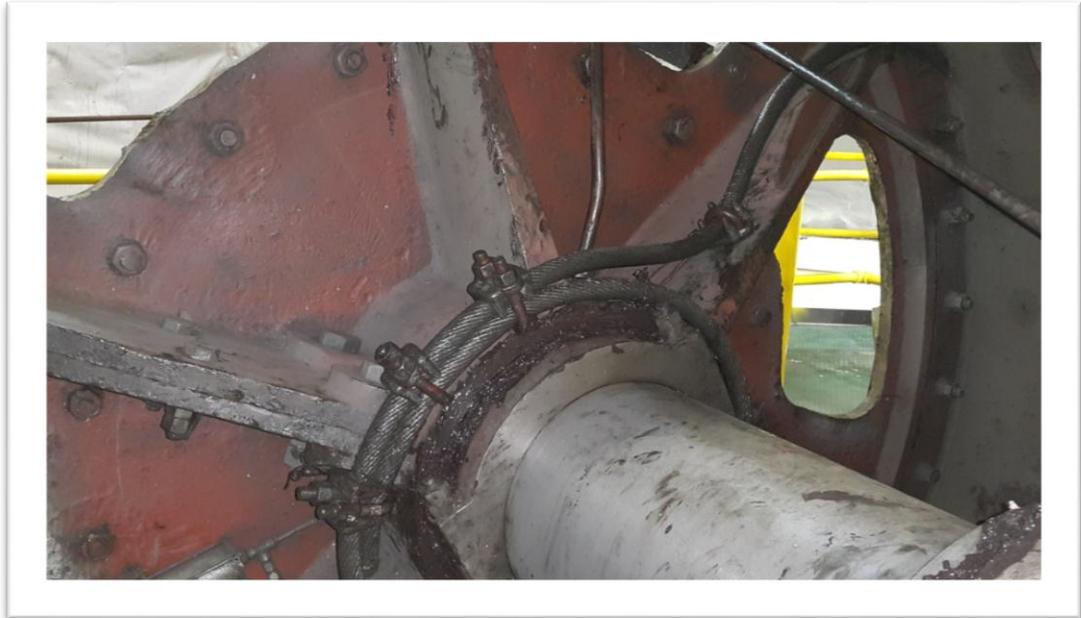


Fuente: Propia del autor

3.1.1.2. Inserción de cable nuevo

- El carrete con el cable nuevo se coloca en un caballete con un tubo de acero para sostener el mismo.
- Se procede a jalar el cable nuevo aproximándolo a la tambora.
- El cable nuevo se sujeta con las grapas de seguridad en la tambora.
- A continuación se enciende el motor de la tambora que empieza a enrollar el cable nuevo, teniendo el debido cuidado para obtener un buen arrollamiento.
- una vez realizado el enrollado del cable nuevo, se procede a hacer descender el cable hasta el nivel inferior en donde se encuentra el skip.
- Se coloca los accesorios de enganche y se engancha el skip.
- Se realiza el engrasado de cable ya instalado en la tambora.
- Se realiza la prueba de tensión.

Figura n.º 3.3. Sujeción de cable nuevo en la tambora



Fuente: Propia del autor

3.1.2. Tiempo de mantenimiento de mina en socavón

Se estima que para las actividades de mantenimiento de la unidad minera en las áreas de maestranza, electricidad, garaje y trackless, el tiempo promedio estimado es de 7 horas; sin embargo, se hace notar que para el área de izaje, esta misma actividad requiere de 20 horas, tiempo que demora el cambio de los cables de acero.

Figura n.º 3.4. Tiempo de mantenimiento en el sistema de izaje



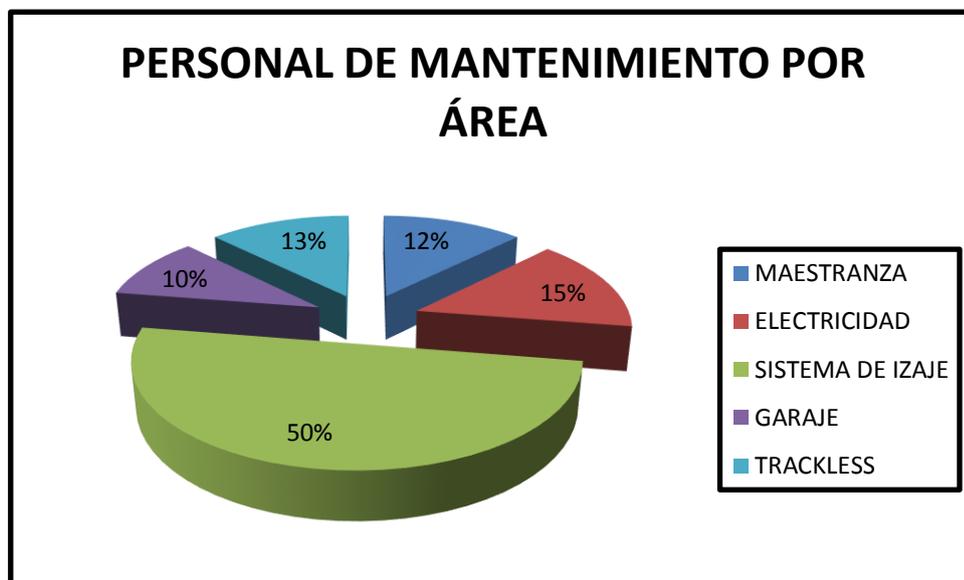
Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Personal involucrado en el mantenimiento de la unidad minera

El personal que realiza el mantenimiento en mina es capacitado bajo las normas de seguridad e higiene en el trabajo, cada área de mantenimiento de la unidad minera posee personal especializado para desempeñar actividades de forma eficiente.

El área de izaje, requiere un número considerable de personal para realizar el cambio de cables de acero, ya que se realiza de forma tradicional, es decir, de forma manual, cada área está conformado por 6 personas (jefe, inspector, técnicos) en promedio, que realizan el mantenimiento respectivo; sin embargo, el área de izaje está conformado adicionalmente por 14 personas (operadores) que en conjunto suman 20, este personal está encargado de realizar el trabajo pesado, ya que no se cuenta con máquinas necesarias para reducir el tiempo de las actividades a realizar.

Figura n.º 3.5. Distribución del personal de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia.

La conclusión del objetivo 01 permite señalar que con el proceso actual de cambio de cables de acero que se realiza de manera tradicional, ésta influye de manera negativa en el mantenimiento de la unidad minera, porque demanda el uso de recursos humanos en mayor cantidad en relación a las demás áreas; además, de superar el tiempo promedio de mantenimiento de otras áreas que realizan sus actividades.

3.2. Desarrollo del objetivo 02

3.2.1. Detención de actividades (Parada de planta), por mantenimiento

El Mg. Sebastián Yáñez gerente de ingeniería de la empresa Lenor Industrial, define que la parada de planta corresponde a una gestión de mantenimiento, donde se aplica tácticas de programación, planificación, ejecución y control, que obedece a las condiciones de sus activos físicos (IIMP, Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2015).

Para la ejecución del mantenimiento, la unidad minera paraliza sus actividades de acuerdo a un programa establecido, sólo en el pique que requiere el cambio de cables de acero en el sistema de izaje, los demás centros de extracción de minerales continúan con sus actividades.

3.2.1.1. Riesgos que existen en una parada de mina

En el desarrollo del mantenimiento se prevé muchos riesgos, tales como:

- Incumplimiento con los plazos programados.
- Situaciones no contempladas en la planificación (imprevistos).
- Fallas en la coordinación para uso de recursos.
- Sobrecostos en el presupuesto proyectado.
- Evaluación deficiente de la condición de los activos fijos.
- Re-trabajo por mala praxis.
- Errores y/o deficiencias en la ejecución de los trabajos.
- Generar condiciones de riesgo e inseguridad para los trabajadores e instalaciones.

3.2.2. Pérdidas de extracción de minerales

El ciclo de extracción del sistema de izaje es de 30 traslados por hora y por cada traslado se extrae la cantidad de 7 Tn. es decir, por hora de trabajo del sistema de izaje, se extrae 210 Tn. estimamos que con la mejora del proceso de cambio de cables de acero, se reducirá las horas de trabajo, por tanto, repercutiendo en un incremento en la producción (ver tabla n° 3.1).

Tabla n.º 3.1. Cantidad de mineral no extraído

PARADA DE PIQUE POR MANTENIMIENTO SITUACIÓN ACTUAL			
ITEM	HORAS DE PARADA ÁREA DE IZAJE (h)	EXTRACCIÓN DE MINERAL (TN/h)	TOTAL DE MINERAL NO EXTRAIDO (TN)
1	20	210	4200

Fuente: Elaboración propia.

La conclusión del objetivo 02, permite señalar que la parada de mina por mantenimiento reduce la producción en la extracción de minerales, ya que por el exceso de horas que requiere el cambio de cables del sistema de izaje, se deja de extraer 4 200 Tn.

3.3. Desarrollo del objetivo 03

Para poder realizar una mejora en el proceso de cambio de cables de acero, se observó que éste se encuentra ejecutando de manera ya estandarizada, por tanto, recurrimos a realizar la toma de información para poder hacer el análisis y evaluar la mejora del proceso.

3.3.1. Implementación de una máquina atril motorizada para la mejora de proceso

La propuesta de mejora en el proceso de cambio de los cables de acero en el sistema de izaje en el pique de socavón, se hace implementando una máquina atril motorizado, además de mejorar el proceso de lubricación y la prueba de tensión.

3.3.2. Proceso de operación actual

Actualmente, el trabajo de cambio de cables de acero en el sistema de izaje en el pique de socavón, se desarrolla de manera convencional, es decir, de manera manual, sin el uso de maquinaria necesaria para reducir el tiempo de trabajo, para lo cual presentamos una figura (tabla n°3.2) que grafica las actividades que toma el proceso de reemplazo de los cables en mención; además, de presentar la propuesta de mejora, a través de la incorporación de una máquina atril motorizada portátil, se ve por conveniente la implementación de esta máquina que permitirá reducir el tiempo de trabajo.

Tabla n.º 3.2. Diagrama de actividades, proceso actual

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES			CÍA. MINERA CASAPALCA						
PROCESO: CAMBIO DE CABLE DE ACERO DEL SISTEMA DE IZAJE POR UNA TAMBORA			UNIDAD MINERA: Pique 650						
Realizado:		Autorizado:		Duración de actividad (minutos)	Gráfico de sucesión de actividades				
Fecha:		Fecha:			Operación	Transporte	Demora	Almacenaje	Inspección
MÉTODO		Actual <input checked="" type="checkbox"/>							
Nº	ACTIVIDAD								
1	Trasladar el carrete de cable de acero			20					
2	Trasladar equipos y herramientas			20					
3	Ubicación de cuadrilla en nivel 10			7					
4	Sujetar el cable antiguo con estrobos de seguridad			15					
5	Retirar la jaula y accesorios			5					
6	Apagar el motor y posicionarlo en neutro			2					
7	Retirar grapas de seguridad de tambor			15					
8	Empalmar cable de acero de 5/8" al cable antiguo			22					
9	Retirar los estrobos del cable antiguo			10					
10	Retirar el cable antiguo y accesorios			110					
11	Limpiar el tambor y polea			20					
12	Inspección de tambor y polea			10					
13	Desempalmar el cable de acero de 5/8" del cable antiguo			10					
14	Empalmar cable de acero de 5/8" al cable nuevo			15					
15	Posicionar el rollo de cable nuevo en caballetes			20					
16	Jalar el cable de acero de 5/8" hasta llegar al tambor			25					
17	Desempalmar el cable de acero de 5/8" del cable nuevo			10					
18	Sujetar el cable nuevo al tambor con grapas de seguridad			10					
19	Encender el motor del tambor			2					
20	Enrollar el cable nuevo			120					
21	Desenrollar el cable nuevo hasta el nivel inferior			25					
22	Colocar ganchos de sujeción			15					
23	Enganchar la jaula			2					
24	Engrasar el cable			45					
25	Prueba de tensión			45					
TOTAL				600	20	2	1	-	2
				HORAS	10				

Fuente: Elaboración propia.

Diez horas son utilizados para el cambio de cable de acero en una tambora y cada sistema de izaje está conformado por dos tamboras, es decir, son 20 horas que demanda para todo el proceso, en la siguiente gráfico (tabla n°3.3) se presenta la mejora del proceso.

Tabla n.º 3.3. Diagrama de actividades, propuesta de mejora

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE ACTIVIDADES			CIA. MINERA CASAPALCA						
PROCESO: CAMBIO DE CABLE DE ACERO DEL SISTEMA DE IZAJE POR UNA TAMBORA			UNIDAD MINERA: Pique 650						
Realizado: Fecha:		Autorizado: Fecha:		Duración de actividad (minutos)	Gráfico de sucesión de actividades				
MÉTODO		Actual <input type="checkbox"/> Propuesto <input checked="" type="checkbox"/>			Operación	Transporte	Demora	Almacenaje	Inspección
Nº	ACTIVIDAD								
1	Trasladar el carrete de cable de acero		20						
2	Trasladar equipos y herramientas		20						
3	Ubicación de cuadrilla en nivel 10		7						
4	Retirar la jaula y accesorios		5						
5	Enrollar el cable		7						
6	Instalar la máquina atril		10						
7	Colocar el carrete vacío en máquina atril		5						
8	Sujetar el cable antiguo al carrete con grapas de seguridad		3						
9	Enrollar cable antiguo en el carrete		90						
10	Retirar grapas de seguridad del cable antiguo		5						
11	Limpiar el tambor y polea		10						
12	Inspección de tambor y polea		8						
13	Retirar carrete con cable antiguo de la máquina atril		6						
14	Colocar el carrete con cable nuevo en máquina atril		8						
15	Sujetar el cable nuevo al tambor con grapas de seguridad		9						
16	Encender el motor del tambor		3						
17	Enrollar el cable nuevo		90						
18	Desenrollar el cable nuevo hasta el fondo		12						
19	Colocar ganchos de sujeción		15						
20	Enganchar la jaula		5						
21	Inspección y prueba de tensión		10						
22	Lubricar el cable de acero		15						
TOTAL			363		17	2	1	-	2
			HORAS	6.05					

Fuente: Elaboración propia.

Con la mejora del proceso implementando la máquina atril motorizada, nos permitirá reducir el tiempo de trabajo en un 39.5% en el proceso de cambio de cables de acero.

Tabla n.º 3.4. Cuadro comparativo, proceso Actual Vs proceso Propuesto

MÉTODO	RESUMEN		
	ACTUAL	PROPUESTO	AHORRO
Operaciones	20	17	3
Transportes	2	2	-
Demoras	1	1	-
Almacenajes	-	-	-
Inspecciones	2	2	-
Tiempo (hrs)	10.00	6.05	3.95
Por 2 tamboras	20.00	12.10	7.90

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Operación de máquina atril motorizado

Para realizar el trabajo con la máquina atril motorizado, se tomará en cuenta el proceso que el fabricante indica.

3.3.3.1. Posicionar el atril:

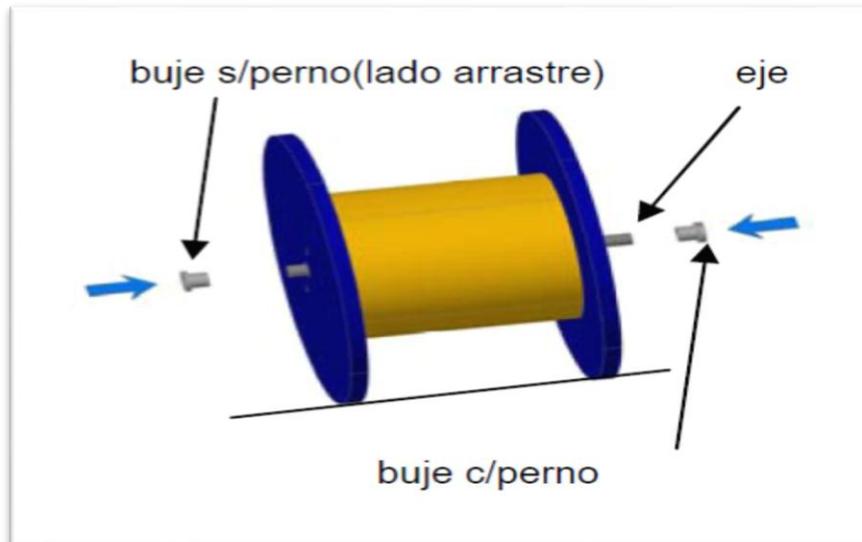
- El atril deberá ser anclado firmemente en el piso para no ser arrastrado por la tensión del cable al enrollarse.
- Para el transporte, el atril está provisto de 4 tacos que permiten la introducción de uñas del montacargas y orejas para ser izado por eslingas.

3.3.3.2. Montaje de carrete vacío en la máquina:

- Con el carrete en el piso, se introduce el eje en la perforación del carrete.
- Colocar los bujes por los extremos salientes del eje (bujes sin perno por el lado del arrastre y buje con perno por el otro lado) y deslizarlos hasta introducirlos en la perforación del carrete.
- Izar el carrete con eslingas.
- Posicionar el carrete horizontalmente y montarlo sobre el eje de arrastre.
- Apoyar el eje sobre el buje con pestaña y sobre el descanso hasta topar fondo.
- Colocar la tapa del descanso y el eje debe girar libremente.

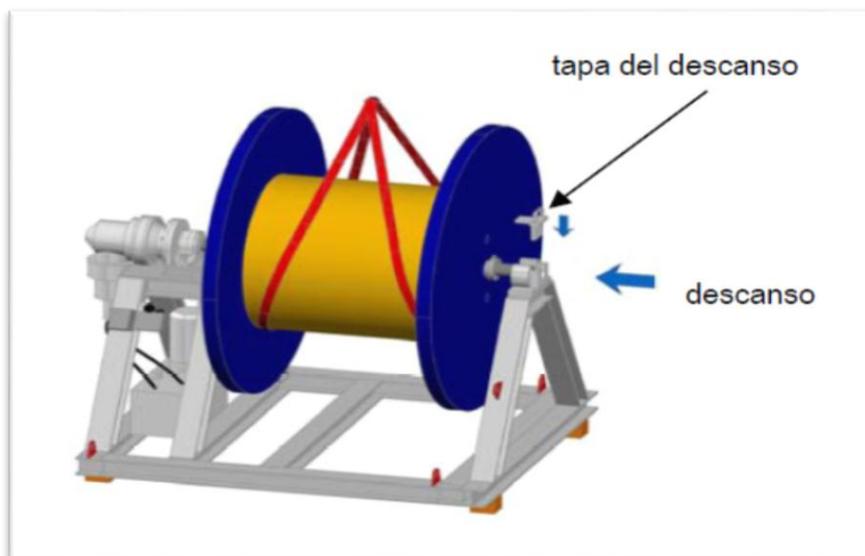
- Ajustar el carrete con bujes

Figura n.º 3.6. Inserción de eje en el carrete vacío



Fuente: Área de Ingeniería & Proyectos, Ficha técnica Prodinsa – Chile 2010

Figura n.º 3.7. Montaje de carrete vacío en máquina atril



Fuente: Área de Ingeniería & Proyectos, Ficha técnica Prodinsa – Chile 2010

3.3.3.3. Enrollado de cable:

- Verificar que el botón rojo del arranque motor, se encuentre en posición apagado, la válvula de presión abierta y la palanca de la válvula direccional en su posición central (neutro).
- Conectar el enchufe del cable de alimentación a la red de 380 V
- Amarrar un extremo del tramo del cable con un cordel (mínimo de 1/2" x 4 mt de largo) y fijarlo a un espárrago del carrete
- Amarre las eslingas de carrete, en sus costados para usarlas posteriormente en el izaje del carrete lleno.
- Asegurarse que el cable a enrollar, se encuentra libre en el piso y amarre otro cordel de 6 mt en el otro extremo.
- Presione el botón verde del arranque motor, para accionar la bomba hidráulica.
- Mueva la palanca de la válvula direccional, en sentido de rotación para un enrollado del cable por debajo del tambor. Comience a cerrar la válvula de presión, para aumentar velocidad de giro, hasta llegar a su velocidad de máxima (4 rpm)
- Comenzar el enrollado en baja velocidad y tratar que el devanado del cable sea lo más ordenado posible, guiando el cable al entrar al carrete.
- Para detener el giro, abra la válvula de presión y lleve la palanca de la válvula direccional a neutro.
- Si se desea soltar o sacar cable del carrete, lleve la palanca de la válvula direccional a posición neutro y posteriormente en sentido contrario de giro cierre la válvula de presión, para inicial su movimiento.
- Antes de llegar al término del enrollado del tramo, disminuya la presión para bajar la velocidad, sujetar el cordel para darle tensión al enrollado y girando lentamente, dar dos o más vueltas de cordel al carrete y detenga el giro y amarre el cordel al carrete.

3.3.3.4. Como desmontar el carrete con cable del atril:

- Girar el carrete lleno, para liberar tensión y sacar los pernos de arrastre y la tapa del descanso
- Si la tapa de descanso está trabada, empuje el eje, atornillando el perno de la tapa con una llave de 30 mm

- Use las eslingas del carrete y levántelo suavemente para sacar el eje del buje con pestaña del anclaje y desmontar el carrete del atril.
- Colocar conjunto en piso y proceder a soltar y sacar los bujes

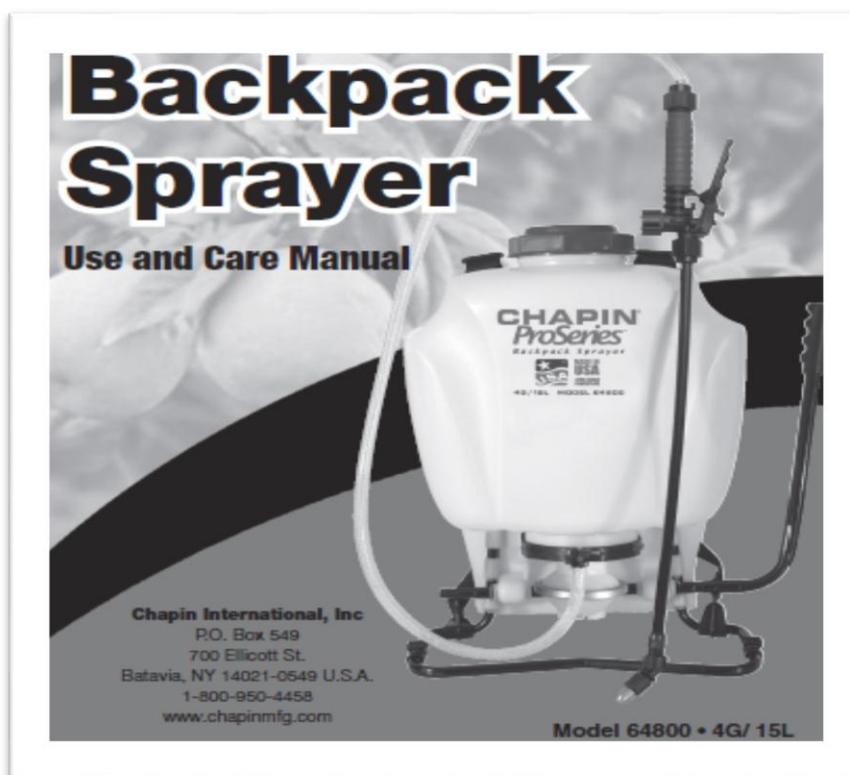
3.3.4. Sistema de lubricación

La lubricación se realiza para proteger los alambres de la corrosión y brindar protección contra el desgaste, los cables nuevos son lubricados en el proceso de su fabricación, pero deben de ser lubricados periódicamente cuando entran en servicio.

El proceso de lubricación actualmente se realiza de manera manual, es decir, que la aplicación del lubricante se realiza con la ayuda de una brocha que es sumergida en un recipiente con el lubricante y posteriormente se pasa sobre el cable de acero, este proceso no proporciona una aplicación uniforme, además de generar derrame del lubricante.

Para mejorar la lubricación de los cables de acero, se propone que el lubricante se aplique por medio de una mochila pulverizadora especial para líquidos viscosos, además de proponer el uso de un lubricante amigable con el medio ambiente.

Figura n.º 3.8. Mochila pulverizadora



Fuente: Chapin International.

3.3.4.1. Ventajas del sistema de lubricación

Las ventajas en el uso de un sistema de lubricación, para la aplicación de lubricantes en los cables de acero son muy beneficiosas, a continuación señalamos las siguientes:

- 3.3.4.1.1. Reduce el tiempo de aplicación del lubricante.
- 3.3.4.1.2. Fácil de transportar por los piques de socavón.
- 3.3.4.1.3. Permite una mejor inspección visual del cable.
- 3.3.4.1.4. Reduce la contaminación del área de trabajo porque evita el derrame del lubricante.
- 3.3.4.1.5. Se evita el contacto del operador con el lubricante.
- 3.3.4.1.6. Reduce el uso excesivo del lubricante.

Figura n.º 3.9. Lubricación del cable



Fuente: Propia del autor.

3.3.5. Prueba de tensión

Actualmente la prueba de tensión en los cables de acero que se encuentran instalados se realiza de manera empírica, es decir, que no se hace uso de algún equipo tecnológico que proporcione una medida real de la tensión de los cables.

La tensión de los cables deben de estar distribuidos de manera uniforme para realizar un trabajo eficiente, de no ser así, los cables están propensos a realizar un trabajo exigido para uno de los cables. El equipo de lectura denominado tensiómetro fue diseñado para medir los esfuerzos de los cables de acero que se encuentran en posición listos para entrar en servicio, proponemos este equipo para realizar la medición de la tensión de los cables de acero.

Figura n.º 3.10. Tensiómetro tractel dinarope HF-36



Fuente: Ficha técnica Prodinsa – Chile 2013

La conclusión del objetivo 03, con la mejora del proceso implementando la máquina atril motorizada portátil, nos permitirá reducir el tiempo de trabajo en un 39.05% en el cambio de cables de acero.

3.4. Desarrollo del objetivo 04

3.4.1. Costo de implementación de máquina atril motorizado

La máquina tiene un costo total de US\$ 73,000.00 que podrá ser recuperado en solo una parada de mina por cambio de cables de acero en el sistema de izaje, el monto por la implementación de la máquina equivale a un 28.55% al monto total que se deja de percibir por el exceso de horas en el proceso de cambio de los cables.

Tabla n.º 3.5. Costo por implementación de máquina atril

COSTO DE ADQUISICIÓN	Costo US\$
Costo de máquina	60,000.00
Costo de puesta en marcha	10,000.00
Costo servicio post venta	3,000.00
COSTO TOTAL	73,000.00

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Mejora con la implementación de maquina atril

Con la implementación de la máquina atril motorizado, nos permitirá reducir el tiempo del proceso de cambio de cables de acero; además, de reducir en un 39.5% las pérdidas por horas no producidas.

Tabla n.º 3.6. Reducción de pérdidas en la producción.

PÉRDIDA POR PARADA DE PIQUE POR MANTENIMIENTO			
ITEM	TOTAL DE MINERAL NO EXTRAIDO (Tn)	COSTO DE EXTRACCIÓN (US\$/Tn)	COSTO TOTAL DE EXTRACCIÓN (US\$)
1	4 200	\$60.86	\$255,612.00

Fuente: Elaboración propia.

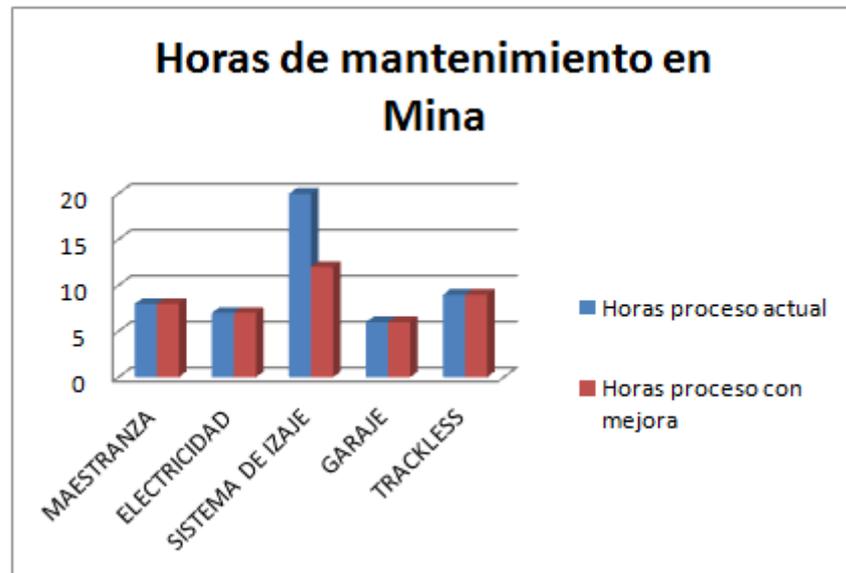
En la conclusión del objetivo 04, podemos observar que con la mejora del proceso, implementando la máquina atril se tendrá una reducción de un 39.5% de pérdidas por horas no producidas; además, la inversión para la adquisición, montaje y puesta en operación de la máquina es inferior al importe que se deja de percibir.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

4.1. RESULTADOS

El desarrollo de la presente tesis, ha permitido establecer las características unitarias de las fases del proceso tradicional, la cual presenta peculiaridades y serias falencias, las que han venido afectando los diversos ámbitos de accionar de la empresa. Hoy presentando nuestra propuesta, para la implementación de la máquina atril motorizada en el cambio de cables de acero, todo ello permitirá gestionar la implementación y desarrollo de la tecnología, en la Cía. Minera Casapalca, permitiendo a su vez la posibilidad de capacitar al personal en el manejo de nuevos equipos, que repercutirá en el mejor desarrollo de la capacidad productiva de su personal.

Tabla n.º 4.1. Comparación de horas de trabajo



Fuente: Elaboración propia

Con la mejora del proceso, implementando la máquina atril motorizada, se reducirá el tiempo de trabajo que actualmente requiere el cambio de cables de acero en un 39.5%; por tanto, habrá un incremento en la producción de la extracción de minerales.

4.2. CONCLUSIONES

Del resultado obtenido a partir del estudio realizado en la compañía minera Casapalca podemos observar que la reducción de horas en el proceso de cambio de cables de acero en el sistema de izaje de piques de socavón es viable.

4.2.1. El estudio permite opinar, que la gestión de procesos en base a prácticas y estructuras tradicionales, influyen de manera negativa en el mantenimiento de la unidad minera, porque demanda el uso de recursos humanos en mayor cantidad que las demás áreas, además de superar el tiempo promedio de mantenimiento de otras áreas.

4.2.2. Se puede concluir que la detención de las actividades de producción en la mina por mantenimiento, reduce la producción y/o extracción de minerales, ya que con el exceso de horas que requiere el cambio de cables del sistema de izaje, se deja de extraer 4 200 Ton.

4.2.3. Se concluye que con la mejora del proceso implementando la máquina atril motorizada portátil, nos permitirá reducir el tiempo de trabajo en un 39.5% en el cambio de cables de acero.

4.2.4. Concluimos que con la mejora del proceso, implementando la máquina atril se tendrá una reducción de un 39.5% de pérdidas por horas no producidas; además, la inversión para la adquisición, montaje y puesta en operación de la máquina es inferior al importe que se deja de percibir.

4.3. RECOMENDACIONES

4.3.1. Se considera conveniente recomendar a la compañía minera Casapalca, que establezca procedimientos para la recolección de datos, que permita analizar a profundidad e identificar los procesos que requieran su mejoramiento.

4.3.2. Es necesario que los jefes encargados de cada área de mantenimiento (trackless, garaje, izaje, electricidad y maestranza), utilicen herramientas (toma de tiempos, diagramas de operaciones) adecuadas para el mejor control de cada una de sus actividades.

4.3.3. Se deberá realizar otros estudios que permita optimizar el proceso de mantenimiento en el cambio de cables de acero en los piques verticales e inclinados en el área de izaje, para reducir el tiempo de trabajo.

4.3.4. Se sugiere realizar estudios de diseños de máquinas motorizadas, utilizando nuevas tecnologías para el desarrollo de máquinas con mayor capacidad de potencia (de estructura compacta para su traslado), que permitan realizar el cambio de cables de acero en menor tiempo que la propuesta realizada.

4.3.5. El uso de lubricante deberá ser biodegradable, para reducir el impacto al medio ambiente, además, el personal de mantenimiento deberá de reducir el tiempo de contacto con los solventes que actualmente se utiliza, ello para minimizar las posibles lesiones por la exposición con los lubricantes.

REFERENCIAS

- Brivensa. (2012). Catálogo Brivensa Digital . Venezuela.
- Compumet, C. P. (11 de 8 de 2006). *Sistemas de izaje en minería subterránea piques y winches*. Obtenido de Compañía peruana de uso minero ecológico y técnico.
- IIMP, Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. (2015). Minería. *Minería* , 40.
- MINEN. (28 de Julio de 2016). http://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-zi0z7z24pc3-Decreto_Supremo_N_024-2016-EM.pdf.
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de Máquinas*. México: Pearson educación de México.
- Procables. (2016). www.procables.com.
- Prodinsa. (Octubre de 2013). *Ingeniería & Proyectos*. Maipú, Santiago, Chile: Versión Octubre 2013.
- Prodinsa. (2012). www.prodinsa.cl.
- Wirerope. (2009). www.wirerope.com.

ANEXOS

Anexo n.º 1. Ficha técnica de winche del sistema de izaje Cía Minera Casapalca	55
Anexo n.º 2. Cotización de máquina atril	56

Anexo n.º 1. Ficha técnica de winche del sistema de izaje Cía Minera Casapalca

EQUIPO	UNIDAD	PIQUE 650
CARACTERISTICAS GENERALES DEL SISTEMA DE IZAJE		
CARACTERISTICAS DEL WINCHE		
Ubicación del winche	Casapalca 650	Interior mina
Marca		NORDBERG
Estado		Bueno
Repotenciado		Si
Rope pull	Libras	45,000
Marca del motor		Reliance Electric
Potencia de placa	HP	2 X 600
Voltaje AC	Voltios	440
RPM del motor		593
Amperaje	Amperios	659
Velocidad de izaje	Metros/segundo	8
Diámetro Tambora	Pulgadas	120
Ancho de tambora	Pulgadas	72
Número de tamboras		2
Tipo de Tambora		Partido
Ranurado de la Tambora		Lebus
Capacidad actual del skip	M3	4.5
Tipo de cable		6X19
Diámetro del cable	Pulgadas	1.1/2"
Peso por metro de cable	Kilogramos/metro	5.93
Resistencia del cable	Kilogramos/fuerza	105
Trenzado		Lang Derecho
Relación de los diámetros de la tambora del winche y del cable de izaje		80/1
Diámetro de la polea	Pulgadas	120
Tipo de polea		Partido
Canal de la polea		Con protección - Lyners
Embrague		Engranaje
Frenos		Zapatas de contracción
Motor en stand by		No
Marca		Reliance Electric
Potencia	HP	600
RPM		593
CARACTERISTICAS DEL PIQUE		
Distancia de izaje	Metros	650
Compartimentos		5
Capacidad actual de izaje	toneladas/mes	151200

Fuente: Empresa Cía. Minera Casapalca

Anexo n.º 2. Cotización de máquina a tril

BRIDON · BEKAERT
I N T E R P O S GROUP

PRODINSA

RUC: 20259659907
COTIZACIÓN
Nº 111-201611150

El Milagro 455, Maipú, Santiago, Chile Tel: +56 2 25658110 Fax: +56 2 25658136
Av. Oquendo Nro. 5580, Prov. Const. Callao – Lima, Perú - 51 1 5771187 Anexo 144
www.procables.com / www.bridon-bekaert.com

Cotizado a:
CIA MINERA CASAPALCA S.A
CAL. LOS CAROLINOS N° 199 MIRAFLORES - LIMA PERÚ
RUC: 20100108292

Atención:
Ing. Paulino Mendoza
pmendoza@casapalca.com.pe

Tel. (511) 6101200 Anexo 2219
Fax. (511) 6101202

Fecha: 21/11/2016
Forma de pago: FACTURA 30 DIAS
Tiempo de Entrega: Según glosa descrita y rec OC
Validez de la Of: 10 días calendario
Referencia: Visita Técnica, levantamiento de datos en campo, Unidad Minera casapalca Pique 650, año 2016 - Agosto

Item #	Cantidad	Unidad	Descripción	P. Unitario US\$	P. Total US\$
1	1	UNID	ATRIL PORTÁTIL MOTORIZADO PARA ENROLLAR CABLES DE ACERO	60,000.00	60,000.00
2	1	GB	PUESTA EN MARCHA	10,000.00	10,000.00
3	1	GB	SERVICIO POST VENTA	3,000.00	3,000.00

Descripción del Equipo:
ATRIL PORTÁTIL DE GIRO ELECTRO-HIDRAULICO, PARA ENROLLAR CABLE DE ACERO
(CAPACIDAD MÁXIMA 1250 METROS DE CABLE DE 1.1/2")

CARACTERÍSTICAS DE TIRO:

*Tiro de tambor con 1,250 metros de cable de 1.1/2" enrollados en el tambor : 2.5 ton
*Presión de Trabajo : 210 Bar
*Caudal : 15 lt/min
*Capacidad del cable 1.1/2" : 1,250m
*Velocidad de giro : 12 m/min promedio

EL EQUIPO INCLUYE:

*Motor Hidraulico M+S orbital de 800 ml/rev
*Corona/rodamineto de giro Z=96
*Tambor de acero al carbono con esquema de pintura hepóxica
*Chasis en acero al carbono con esquema de pintura hepóxica
*Valvulas de control
*Se considera central hidráulica de 10 Hp
Peso bruto con motorización : 990kg
**Los precios incluyen ingeniería básica, puesta en marcha y servicio post venta por 1 año de garantía de equipo por defectos de fabricación



Observación: Tiempo de entrega: 12 semanas por Ingeniería básica y fabricación 1 semana puesta en marcha	Precio de Venta US\$ 73,000.00
	Cotizado por: ING. JUAN JOSE MARTINEZ Lift - Sales & Field Services UG Mining - Crane & Lifting Tel 56 - 565 81 19

Página 1 de 1

Fuente: Bridon Bekaert - Prodinsa 2016