

ESCUELA DE POSGRADO NEWMAN

**MAESTRÍA EN
GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL**



“Implementación de detonadores electrónicos en Mina Shougang Zona Nueva para incrementar la seguridad y eficiencia en el proceso de voladura”

**Trabajo de Investigación
para optar el Grado a Nombre de la Nación de:**

Maestro en
Gestión Minera y Ambiental

Autores:

Bach. Valdivia Liendo, Alexander Javier

Docente Guía:

MSc. Ticona Corrales, Sergio

TACNA – PERÚ

2023

Alexander Javier Valdivia Liendo

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

“El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en este trabajo son de exclusiva responsabilidad del (los) autor (es)”

AGRADECIMIENTO

A mis hijos Pierina y Mathias, quienes son mi motivación para mejorar cada día.

A mis padres Edith y Juan, por su comprensión y acompañamiento a lo largo de mi vida.

A los líderes de Enaex - Davey Bickford, por darme la oportunidad de desempeñarme en esta empresa y proporcionarme el conocimiento exhaustivo acerca de la utilización de los detonadores electrónicos.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	01
RESUMEN	08
INTRODUCCIÓN	09
CAPÍTULO I	
ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	10
1.1. Título del Tema	10
1.2. Planteamiento del Problema	10
1.3. Objetivos de la investigación	11
1.3.1. Objetivo General	11
1.3.2. Objetivos Específicos	12
1.4. Metodología	12
1.4.1. Tipo de Investigación	12
1.4.2. Nivel de Investigación	12
1.4.3. Método de Investigación	12
1.4.4. Diseño de la Investigación	13
1.4.5. Instrumentos de Recolección de Datos	13
1.4.6. Procedimientos para Cumplimiento de Objetivos.....	13
1.5. Justificación	14
1.6. Definiciones	14
1.7. Alcances y Limitaciones	16
1.8. Cronograma	18

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO	19
2.1 Conceptualización de la variable	19
2.2 Importancia de la variable	21
2.2.1 Sistema de Iniciación	22
2.2.1.1 Detonador a Mecha u Ordinario	22
2.2.1.2 Detonador Eléctrico	24
2.2.1.3 Detonador No Eléctrico o Convencional	24
2.2.1.4 Detonador Electrónico	26
2.2.1.4.1 Detonador Electrónico DaveyTronic	27
2.2.1.4.2 Equipos DAVEYTRONIC	30
2.3 Análisis comparativo	32
2.4 Análisis crítico	37

CAPÍTULO III

MARCO REFERENCIAL	40
3.1. Reseña histórica	40
3.2. Filosofía organizacional	41
3.2.1 Visión	41
3.2.2 Misión	41
3.2.3 Valores	41
3.3. Diseño organizacional	43
3.4. Productos	44
3.5. Diagnóstico organizacional	46

CAPÍTULO IV

RESULTADOS	47
4.1. Marco Metodológico	47
4.1.1. Tipo y diseño de estudio	47
4.1.2. Población y muestra	47
4.1.3. Técnicas e Instrumento	48
4.2. Resultados	49
4.2.1. Seguridad; criterio de evaluación de implementación de detonadores electrónicos en Mina Shougang Zona Nueva	54
4.2.1.1. Gestión de Seguridad	54
4.2.1.2. Cero Tiro Quedado (TQ) debido a detonador electrónico	56
4.2.1.3. Tasa de back up en detonadores electrónicos	57
4.2.2. Eficiencia en el proceso de voladura de rocas por empleo de detonadores electrónicos en Mina Shougang Zona Nueva	59
4.2.2.1. Tiempo perdido de producción por iniciación electrónica	59
4.2.2.2. Mejora en Fragmentación, reducción del P80	62
4.2.2.3. Beneficio Ambiental, reducción de vibraciones	70
4.2.2.4. Cambio de secuencia de iniciación (retardos) en terreno	72
4.2.3. Mensajes del sistema electrónico DaveyTronic para informar desviación en el circuito electrónico para mitigar la generación de TQ(s)	74

CAPÍTULO V

SUGERENCIAS	75
5.1 Conclusiones	75

5.2 Recomendaciones	78
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Principales detonadores electrónicos comercializados en Perú y globalmente	27
Tabla 2 Descripción de funcionabilidad y capacidad equipos DaveyTronic	31
Tabla 3 Características técnicas de los detonadores empleados en Mina Shougang No Eléctricos contra el detonador DaveyTronic	33
Tabla 4 Dispersión de detonador No Eléctrico contra detonador DaveyTronic	34
Tabla 5 Datos generales de Shougang Hierro Perú S.A.A.	40
Tabla 6 Matriz FODA de Mina Shougang Hierro Perú S.A.A.	46
Tabla 7 Cuadro de Voladuras empleando detonadores no-eléctricos en Shougang Hierro Perú S.A.A. – Zona Nueva	49
Tabla 8 Cuadro de Voladuras empleando detonadores electrónicos (DaveyTronic) en Shougang Hierro Perú S.A.A. – Zona Nueva	50
Tabla 9 Consumo detonadores no eléctrico y electrónico y TQ(s) generados en Shougang Hierro Perú S.A.A. – Zona Nueva	52
Tabla 10 Resultado de evaluación de seguridad en implementación detonador electrónico en Shougang Hierro Perú S.A.A. – Zona Nueva	54
Tabla 11 Resultado de evaluación en TQ(s) en implementación detonador electrónico en Shougang Hierro Perú S.A.A. – Zona Nueva	56
Tabla 12 Evaluación de tasa de back up detonadores electrónicos	58
Tabla 13 Evaluación de tiempo perdido por proceso de iniciación Electrónica	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de Mina Shougang Hierro Perú	17
Figura 2 Diagrama de Gantt implementación DT en Mina Shougang Zona Nueva.....	18
Figura 3 Corte de un detonador ordinario	23
Figura 4 Características del detonador eléctrico	24
Figura 5 Características del detonador no eléctrico	25
Figura 6 Características del detonador electrónico	26
Figura 7 Características del detonador electrónico DaveyTronic	28
Figura 8 Evolución del detonador y Sistema de Iniciación DaveyTronic	30
Figura 9 Set de disparo DaveyTronic	31
Figura 10 Modos de iniciación del Sistema DaveyTronic	32
Figura 11 Estudio de dispersión detonador No Eléctrico contra DaveyTronic	34
Figura 12 Dispositivos de seguridad de iniciadores y detonador DaveyTronic	36
Figura 13 Política de Calidad, Ambiente, Protección, Seguridad y Salud en el Trabajo en Mina Shougang Hierro Perú S.A.A.	42
Figura 14 Organigrama sección de Operaciones Mina en Mina Shougang Hierro Perú S.A.A.	43
Figura 15 Proceso de obtención de producto en Mina Shougang	45
Figura 16 Gráfico de barras voladuras con detonadores no eléctricos	51
Figura 17 Gráfico de barras voladuras con detonadores electrónicos	51
Figura 18 Gráfico de consumo acumulado DaveyTronic 2021 – julio	53
Figura 19 Consumo DaveyTronic en Mina Shougang Hierro Perú	55
Figura 20 Gráfico de causas de back up(s) en detonadores electrónicos	59

Figura 21 Gráfico de cumplimiento de voladuras electrónicas	60
Figura 22 Gráfico de separación de material (mineral-desmonte) y back break en voladura realizada con detonadores no eléctricos y electrónicos	62
Figura 23 Distribución de detonadores no eléctricos y electrónicos M14 Nivel 635 Proyecto 115	63
Figura 24 Columna explosiva de taladros con detonadores no eléctricos	64
Figura 25 Columna explosiva de taladros con detonadores electrónicos	65
Figura 26 Fotografía post voladura Mina 14 Nivel 635 Proyecto 115	66
Figura 27 Análisis granulométrico Mina 14 Nivel 635 Proyecto 115	66
Figura 28 Análisis granulométrico zona cargada con detonador no eléctrico	67
Figura 29 Análisis granulométrico zona cargada con detonador no eléctrico	67
Figura 30 Análisis granulométrico zona cargada con detonador electrónico	68
Figura 31 Análisis granulométrico zona cargada con detonador electrónico	68
Figura 32 Análisis granulométrico Mina 14 Nivel 635 Proyecto 115	69
Figura 33 Registro de vibración de voladura con detonadores no eléctricos (primer sector) y electrónicos (segundo sector)	71
Figura 34 Cambio de secuencia de iniciación empleando O-pitblast	72
Figura 35 Mensajes del sistema electrónico DaveyTronic para informar desviación en el circuito electrónico	74

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Implementación de detonadores electrónicos en Mina Shougang Zona Nueva para incrementar la seguridad y eficiencia en el proceso de voladura” tuvo como objetivo principal identificar las ventajas del empleo del detonador electrónico en comparación al empleo de los sistemas de iniciación no eléctricos (convencionales) y establecer en qué medida evita los tiros quedados (TQ) en la operación minera.

El trabajo de investigación se centra en la implementación de los detonadores electrónicos DaveyTronic comercializados por Enaex en la mina a cielo abierto Shougang Hierro Perú S.A.A. La población consta de 20 voladuras y la muestra es de 10 voladuras realizadas con detonadores no eléctricos y 10 voladuras empleando detonadores electrónicos DaveyTronic.

La metodología empleada es general (análisis – comparación) y científico, la recolección de datos se realizó de información técnica, propiedades, ventajas y experiencia profesional con el empleo de detonadores electrónicos para realizar voladuras de rocas en operaciones mineras contra el sistema convencional de iniciación.

Los resultados de la implementación de los detonadores electrónicos fueron altamente beneficiosos en: seguridad, eficiencia, productividad y sostenibilidad ambiental. No se tuvieron Tiros Quedados (TQs), eficiencia en el proceso de liberación de mina por proceso de voladura generando 31 horas de producción adicionales al año sólo en Mina 14, mejora de la fragmentación con reducción del P80 en un 21.2 % y reducción en el registro de velocidad pico de partícula (VPP) producto de las vibraciones generadas por voladura.