

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

**ESTUDIO TÉCNICO - ECONÓMICO PARA LA
REDUCCIÓN DE TIROS CORTADOS Y
TIROS FALLADOS EN MINERÍA
SUPERFICIAL**

TESIS

Presentada por:

Bach. Marcoantonio Martín Queque Arias

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

TACNA – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

**ESTUDIO TÉCNICO - ECONÓMICO PARA LA
REDUCCIÓN DE TIROS CORTADOS Y
TIROS FALLADOS EN MINERÍA
SUPERFICIAL**

Tesis sustentada y aprobada el 15 de septiembre de 2017, estando integrado el jurado calificador por:

PRESIDENTE

.....
Dr. Julio Miguel Fernández Prado

1er. MIEMBRO
(SECRETARIO)

.....
Dr. Dante Ulises Morales Cabrera

2do. MIEMBRO

.....
Dr. Jorge José Segura Dávila

ASESOR:

.....
Dr. Carlos Huisa Ccori

DEDICATORIA

A mi madre por su incondicional apoyo en mi formación profesional y como persona.

A mi abuelo que desde el cielo guía mi camino.

AGRADECIMIENTO

*Mi agradecimiento a los
catedráticos de la Escuela Profesional
de Ingeniería de Minas de la
Universidad Nacional “Jorge Basadre
Grohmann”, a los ingenieros A.
Valdivia, E. Hualla y C. Flores quienes
orientaron mi formación para la
realización de mi tesis.*

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	xxiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1. Descripción de problema	4
1.1.1. Antecedentes del problema	4
1.1.2. Problemática de la investigación	4
1.2. Formulación del problema	5
1.3. Justificación de la investigación	5
1.3.1. Originalidad	6
1.3.2. Relevancia	6
1.3.3. Factibilidad	6
1.3.4. Otras razones	7
1.4. Objetivos	7
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos específicos	7

1.5. Hipótesis	8
1.6. Operación de variables	8
1.6.1. Variable 01	8
1.6.2. Variable 02	9

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio	10
2.2. Bases teóricas	13
2.2.1. Tiros cortados	14
2.2.2. Tiros fallados	15
2.3. Principales problemas que causan tiros cortados y tiros fallados	18
2.3.1. Causa raíz de tiros cortados	19
2.3.2. Causas tiros fallados (tiros quedados)	28
2.3.3. Causas tiros fallados	31
2.4. Definición de términos	36
2.4.1. Detonador electrónico	36
2.4.2. Detonador pirotécnico – no eléctrico	38
2.4.3. Diferencia entre detonador electrónico y pirotécnico	38
2.4.4. Back up	40
2.4.5. Perforación	45
2.4.6. Voladura	46

2.4.7. Mezcla explosiva Quantex 73	47
2.4.8. Nitrato de amonio Quantex	49
2.4.9. Sensibilización de la emulsión	49
2.4.10. Carguío	50
2.4.11. Acarreo	51
2.4.12. Plan de minado	52
2.4.13. Técnica de perforación	54

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Características de la investigación	56
3.1.1. Tipo de investigación	56
3.1.2. Diseño de la investigación	57
3.1.3. Nivel de la explicación	57
3.1.4. Método de investigación	57
3.2. Población y muestra	58
3.3. Operacionalización de variables	60
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	61
3.4.1. Técnicas y estrategia	61
3.4.2. Instrumentos	62
3.5. Procesamiento y análisis de datos	62

CAPÍTULO IV

RESULTADOS TÉCNICOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Resultados del análisis de los productos utilizados	64
4.1.1. Test de explosivo usado	64
4.1.2. Test del balance de oxígeno del explosivo	66
4.1.3. Test de detonador electrónico utilizado	67
4.2. Fragmentación y excavación en voladura con tiro cortado	69
4.2.1. Test de fragmentación con 02 back up, 01 tiro cortado	69
4.2.2. Tasa de excavación con 02 back up, 01 tiro cortado	71
4.3. Fragmentación y excavación en voladura sin tiros cortados o tiros fallados	72
4.3.1. Test de fragmentación óptima sin back up, sin tiros cortados o fallados	72
4.3.2. Resultados de la tasa excavación sin back up, sin tiro cortado o fallado	73
4.4. Resultado técnico 01 tiro cortado, proyecto 3385-216 pala 08	75
4.4.1. Evaluación técnica	75
4.4.2. Evaluación económica	86
4.5. Resultado técnico 02, tiro fallado (T. quedado) en proyecto 3385 219/220	92
4.5.1. Evaluación técnica	92

4.5.2. Evaluación económica	105
4.6. Resultado técnico 03 tiro fallado (T.C. y T.Q.) con pérdidas materiales.	111
4.6.1. Evaluación técnica	111
4.6.2. Evaluación económica	120
4.7. Resultado técnico 04, tiro fallado proyecto 3325 181/182/189.	127
4.7.1. Evaluación técnica	127
4.7.2. Evaluación económica	130

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis y discusión de los resultados de los productos utilizados.	136
5.1.1. Análisis de explosivo usado	136
5.1.2. Análisis y discusión de balance de oxígeno del explosivo	137
5.1.3. Análisis de detonador electrónico utilizado.	137
5.2. Análisis de fragmentación y excavación	138
5.2.1. Tasa de excavación, voladura con 02 back up, 01 tiro cortado.	138
5.2.2. Tasa excavación, voladura sin back up, sin tiro cortado o fallado.	139
5.3. Análisis y discusión de resultados de caso 01 tiro cortado	141
5.3.1. Evaluación técnica que origina el tiro cortado.	141

5.3.2. Evaluación económica del tiro cortado	142
5.3.3. Acciones correctivas	142
5.4. Análisis y discusión de resultados caso 02, tiro fallado (T. quedado)	143
5.4.1. Evaluación técnica que origina el tiro fallado (T. quedado).	143
5.4.2. Evaluación económica del tiro fallado (T. quedado)	144
5.4.3. Acciones correctivas	145
5.5. Análisis y discusión de resultados de caso 03, tiro fallado (T. cortado y T. quedado)	146
5.5.1. Evaluación técnica que origina el tiro fallado (T.Q. y T.C.) proyecto 3070 – 195 pala 06, precorte.	146
5.5.2. Evaluación económica del tiro fallado.	147
5.5.3. Acciones correctivas.	148
5.6. Análisis y discusión de resultados de caso 04 tiro fallado (tiro quedado y tiro soplado)	149
5.6.1. Evaluación técnica que origina el tiro fallado (T.Q. y T.S.)	149
5.6.2. Evaluación económica del tiro fallado (T.Q. y T.S.)	153
5.7. Evaluación económica general 2016.	154
5.7.1. Impacto económico 2016.	154

5.8. Discusión de resultados, para la reducción de la aplicación del back up y reducción de tiros cortados y tiros fallados.	158
5.8.1. Problemas en el sitio de operación	160
5.8.2. Problemas de los usuarios	170
5.8.3. Problemas con el producto	191
5.8.4. Análisis económico del empleo del back up	191
CONCLUSIONES	194
RECOMENDACIONES	195
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	196
ANEXOS	198

ÍNDICE DE ANEXOS

Matriz de consistencia	199
Anexo 01. PETS / carguío de taladros con mezcla explosiva.	200
Anexo 02. PETS / taladros no detonados, desactivación y detonación.	210
Anexo 03. IPER base, perforación y voladura SPCC.	215
Anexo 04. Reporte preliminar de ocurrencia laboral caso 03.	217
Anexo 05. Tipificación de infracciones y sanciones en seguridad minera.	219
Anexo 06. Tipo de roca en unidad minera Toquepala	224
Anexo 07. Detalle de costos caso 04 tiro fallado	229
Anexo 08. Ejemplo anteproyecto 3325 179	231

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Corte debido a diseño incorrecto de secuencia de salida.	20
Figura 2. Corte debido a diseño incorrecto de secuencia de salida 2.	20
Figura 3. Corte debido a caída de detritus.	22
Figura 4. Corte debido a colocación de taco.	22
Figura 5. Corte debido a desacoplamiento, falta de simpatía.	23
Figura 6. Corte debido a cono truncado.	23
Figura 7. Corte debido a situaciones operacionales.	24
Figura 8. Corte debido a situaciones operacionales 2.	24
Figura 9. Corte debido a contacto del tubo de choque con el cordón detonante.	25
Figura 10. Corte debido a cercanía del tubo de choque con el cordón detonante.	26
Figura 11. Conexión correcta detonadores pirotécnicos.	26
Figura 12. Corte debido a desplazamiento de estructuras geológicas.	27
Figura 13. Corte debido a estructuras geológicas.	28
Figura 14. Simpatía detonador tubo de choque.	29
Figura 15. Primado de detonador pirotécnico con booster.	29
Figura 16. Muestra tiempo 0 de desplazamiento del agua usando H.A. 37 (3), H.A. 55 (6), H.A. 64 (12).	32
Figura 17. Muestra tiempo 15 min de desplazamiento del agua usando H.A. 37 (3), H.A. 55 (6), H.A. 64 (12).	32

Figura 18. Selección de explosivo adecuado.	33
Figura 19. Falla del explosivo por falta de sensibilidad.	35
Figura 20. Partes de detonador electrónico Daveytronic.	37
Figura 21. Partes de detonador no eléctrico.	38
Figura 22. Diferencias fundamentales de la construcción de detonadores.	40
Figura 23. Diagrama de back up.	41
Figura 24. Back up en superficie.	42
Figura 25. Diseño de carga de taladros con anfo pesado y mezcla explosiva Quantex 73.	48
Figura 26. Plan de minado Toquepala.	54
Figura 27. Gráfico estadístico de n° de incidencias en U.M. Toquepala	58
Figura 28. Esquema de operacionalización de variables.	60
Figura 29. Diagrama causa – efecto del tiro cortado y tiro fallado.	61
Figura 30. Velocidad de detonación del H.A.- 46.	65
Figura 31. Velocidad de detonación de la MEQ73 con densidad 1,15 g/cc.	66
Figura 32. Ubicación del tiro cortado.	69
Figura 33. Fotografía del frente de minado para el análisis de fragmentación.	70
Figura 34. Análisis de fragmentación.	70
Figura 35. Velocidad de excavación vs P80 de la pala 08	71
Figura 36. Fotografía del frente de minado para el análisis de fragmentación.	72

Figura 37. Análisis de fragmentación.	73
Figura 38. Velocidad de excavación vs P80 de la pala 01 – agosto.	74
Figura 39. Ubicación del disparo en mina.	75
Figura 40. Diseño de voladura.	76
Figura 41. Diseño carguío de voladura.	77
Figura 42. Zona donde se reportó el tiro cortado (líneas rojas).	78
Figura 43. Vista del taladro (tiro cortado) y la estaca del replanteo topográfico del taladro.	79
Figura 44. Vista general de la zona donde se encontró el tiro cortado donde muestra la berma de seguridad.	79
Figura 45. Vista del cable del detonador electrónico (I-kon) encontrados en el fondo del taladro.	81
Figura 46. Vista del booster con detonadores encontrados en el fondo del taladro.	81
Figura 47. Vista del booster con los detonadores.	82
Figura 48. Importación de coordenadas de tiro cortado en diseño de voladura.	83
Figura 49. Reporte de carguío de Exsa.	84
Figura 50. Reconocimiento del detonador electrónico (I-kon) encontrado en el logger.	85
Figura 51. Costos del proyecto \$/tn	88
Figura 52. Diseño de voladura 3385 219-220.	93
Figura 53. Reporte de carguío de Exsa.	94

Figura 54. Reporte de carguío de Exsa (2).	96
Figura 55. Proyecto 3385 219-220.	97
Figura 56. Identificación de la columna de carga del taladro.	98
Figura 57. Retiro del fulminante del fanel.	98
Figura 58. Malla de distribución de taladros nv-3385, fase v- pala 05.	99
Figura 59. Asignación de tiempo 0 ms al back up.	99
Figura 60. Back up.	100
Figura 61. Excavación manual del punto identificado de tiro quedado.	101
Figura 62. Identificación del booster en la excavación tiro quedado.	101
Figura 63. Identificación del booster en la excavación.	102
Figura 64. Identificación del booster, restos de cordón en fabricación.	102
Figura 65. Costos del proyecto 3385 219-220 \$/tn.	107
Figura 66. Identificación de taladros cargados proyecto 3070 - 195.	112
Figura 67. Secuencia de salida de proyectos 3070 – 195 / 174.	113
Figura 68. Diseño de pre corte de proyectos 3070 – 195.	114
Figura 69. Ubicación de taladros fallados.	115
Figura 70. Identificación de taladros fallados.	116
Figura 71. Pérdidas materiales causadas por el tiro fallado (T.C. y T.Q.).	116
Figura 72. Desactivación por el tiro fallado (T.C. y T.Q.).	117
Figura 73. Secuencia de disparo proyecto 3070 195/174.	117
Figura 74. Antes de disparo proyecto 3070 195/174.	118
Figura 75. Post voladura proyecto 3070 195/174.	118
Figura 76. Tiros cortados y tiros quedados proyecto 3070 195/174.	119

Figura 77. Antes del disparo de los tiros cortados y tiros quedados.	121
Figura 78. Durante el disparo de los tiros cortados y tiros quedados.	121
Figura 79. Post disparo de los tiros cortados y tiros quedados.	122
Figura 80. Parabrisa de cabina de pala trisada.	122
Figura 81. Pala con parabrisa trisada.	123
Figura 82. Reporte proyecto 3325 181/ 182/189.	127
Figura 83. Diseño de voladura.	128
Figura 84. Diseño de carguío de voladura.	129
Figura 85. Diseño perforado.	130
Figura 86. Zona de tiros quedados y tiros soplados	131
Figura 87. Tiros soplados y tiro quedado, proyecto 3325 181 182 189.	132
Figura 88. Velocidad de excavación vs P80 de la pala 08.	139
Figura 89. Velocidad de excavación vs P80 de la pala 01 – agosto.	140
Figura 90. Causa raíz del tiro cortado.	141
Figura 91. Causa raíz del tiro fallado (T. quedado).	144
Figura 92. Causa raíz del tiro fallado.	147
Figura 93. Emulsión matriz en agua de mesa 01.	151
Figura 94. Emulsión matriz en agua de mesa 02.	151
Figura 95. Emulsión matriz en agua de mina 01.	152
Figura 96. Emulsión matriz en agua de mina 02.	153
Figura 97. Gráfico estadístico de costos de tiros cortados y tiros fallados periodo 2016 U.M. Toquepala	158

Figura 98. Daño en cable naranja del cable de conexión y sus efectos en el sistema.	161
Figura 99. Daño en cables naranja y amarillo del cable de conexión y sus efectos en el sistema.	162
Figura 100. Daño en cables de conexión en una misma área de diferencia de potencial.	163
Figura 101. Daño en cables de conexión en una misma área de diferencia de potencial.	164
Figura 102. Invertir la polaridad en la conexión de 1 de los detonadores conectado al circuito.	165
Figura 103. Medición de fuga durante el modo de loggeo.	166
Figura 104. Ley de Ohm.	168
Figura 105. Aislar detonador con un solo logger.	169
Figura 106. Problemas de los usuarios.	170
Figura 107. Herramienta de madera para primar.	172
Figura 108. Equipos de tapado de pozos.	174
Figura 109. Tubo de PVC largo ranurado.	176
Figura 110. Cono para tapado.	177
Figura 111. Tubo de tapado.	178
Figura 112. Material de cutting con sobretamaños.	180
Figura 113. Rejilla cónica para poder filtrar el sobre tamaño.	181
Figura 114. Conexión del cable de salida desde el retardo más elevado.	184
Figura 115. Conexión de cable de salida en la mitad del amarre	185

Figura 116. Caja multiconexión.	186
Figura 117. Maleta pelican utilizada como herramienta de protección para equipos.	187
Figura 118. Separación entre loggers y cables de conexión	189
Figura 119. Incidencia de back up, tiros cortados y tiros fallados	191
Figura 120. Costo producción \$/TM.	192

Tabla 19. Costo de explosivo del proyecto 3385 – 216.	89
Tabla 20. Costo accesorios de perforación del proyecto 3385 – 216.	89
Tabla 21. Costo por labor del proyecto 3385 – 216.	89
Tabla 22. Resumen costo eventual tiro cortado.	90
Tabla 23. Costo del taladro cortado (explosivo).	90
Tabla 24. Costo equipo utilizado para descubrimiento del tiro cortado.	91
Tabla 25. Costo labor desactivación tiro cortado.	91
Tabla 26. Impacto económico.	91
Tabla 27. Coordenada de tiro fallado (T.Q.)	97
Tabla 28. Información de proyecto 3385 219-220.	106
Tabla 29. Requerimiento proyecto 3385 219-220.	106
Tabla 30. Resumen de costos de perforación y voladura del proyecto.	107
Tabla 31. Consumo de explosivo del proyecto 3385 219-220.	108
Tabla 32. Costo de perforación del proyecto 3385 219-220.	108
Tabla 33. Costo de explosivo del proyecto 3385 219-220.	108
Tabla 34. Costo de accesorios de perforación del proyecto 3385 219-220.	109
Tabla 35. Costo por labor del proyecto 3385 219-220.	109
Tabla 36. Resumen costo eventual tiro fallado (T. quedado) del proyecto 3385 219-220.	109
Tabla 37. Costo del tiro fallado, (T. quedado, explosivo) del proyecto 3385 219-220	110
Tabla 38. Costo equipo utilizado para el tiro fallado (T.Q.) del proyecto 3385 219-220	110

Tabla 39. Costo labor desactivación del tiro fallado (T.Q.) del proyecto 3385 219-220	110
Tabla 40. Impacto económico del tiro fallado (T.Q.) del proyecto 3385 219 - 220	111
Tabla 41. Información de proyecto 3070 195.	124
Tabla 42. Costo de proyecto 3070 195.	124
Tabla 43. Costo tiro fallado proyecto 3070 195.	125
Tabla 44. Impacto económico proyecto 3070 195.	125
Tabla 45. Costo desactivación de tiro fallado (tiro cortado y quedado)	126
Tabla 46. Costo desactivación de tiro fallado.	126
Tabla 47. Penalidad por contrato.	126
Tabla 48. Costo total por pérdidas materiales a cliente.	126
Tabla 49. Información de proyecto de voladura.	133
Tabla 50. Proyecto de voladura 3325 181/182/189.	133
Tabla 51. Costo de proyecto de voladura 3325 181/182/189.	134
Tabla 52. Costo tiro fallado proyecto de voladura 3325 181/182/189	134
Tabla 53. Impacto económico proyecto de voladura 3325 181/182/189.	135
Tabla 54. Análisis comparativo H.A.- 55 y MEQ73, densidad 1.15 g/cc.	136
Tabla 55. Balance de oxígeno de diferentes mezclas explosivas.	137
Tabla 56. Impacto económico tiro cortado	142
Tabla 57. Impacto económico tiro fallado (T. quedado)	144
Tabla 58. Impacto económico tiro fallado (T. cortado y T. quedado).	147
Tabla 59. Costo total tiro fallado proyecto 3070 195.	148

Tabla 60. Impacto económico tiro fallado (tiro quedado y tiro soplado).	153
Tabla 61. Costo total tiro fallado proyecto 3325 181 182 189.	154
Tabla 62. Detalle costo total tiro fallado proyecto 3325 181 182 189.	154
Tabla 63. Posibles sanciones legales, tipificación aplicables ("Cuadro de tipificación de infracciones y sanciones en seguridad minera" OSINERGMIN, ver anexo 05).	155
Tabla 64. Costo impacto económico tiros cortados y tiros fallados 2016.	156
Tabla 65. Efecto económico (\$/Tn) tiros cortados y tiros fallados 2016.	157
Tabla 66. Análisis económico del empleo del back up.	193

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo determinar un estudio técnico – económico para la reducción de tiros cortados y tiros fallados en una minera superficial. El efecto inmediato, de un tiro cortado o tiro fallado, es la creación de un peligro potencial en tema de seguridad conjuntamente con la generación de costos adicionales relacionados con costos por desactivación, remoción de material mal fragmentado, costos de re-perforación, pérdidas materiales y sanciones legales, cuyos costos varían de acuerdo a la gravedad y magnitud del evento, representando hasta el 9 % del costo total anual en perforación y voladura en mina superficial si no se controla con una buena supervisión.

En la práctica podemos concluir que el proceso de voladura tiene como resultado óptimo o deficiente a causa de la función de una buena supervisión determinando que el tiro cortado o fallado, como residuo post voladura, es controlable. Todo ello de acuerdo a la utilización de detonadores electrónicos e implementación de buenas prácticas en la ejecución de los trabajos de voladura.

Se debe resaltar que la utilización de detonadores electrónicos da garantías de una buena fragmentación pero están sujetas a las variables

no controlables en el aspecto geológico y geotécnico del macizo rocoso, variables controlables como tipo de explosivo a emplearse, diseño de perforación y voladura, y malas prácticas operativas, todo ello repercutiendo en una buena o mala fragmentación, así como su impacto en la reducción de costos, o peor aún en la generación de tiros cortados y tiros fallados. Se debe resaltar que la utilización de detonadores electrónicos minimiza la posibilidad de un tiro cortado pero no garantiza el 100 % de la iniciación, teniendo las causas más comunes como cortes por mala operación, detonadores electrónicos que no fueron programados o conectados, presión dinámica, falla de producto con problemas en el ASIC (chip) o problemas de soldadura (cable descendente que no está adecuadamente soldado al circuito electrónico), incremento de fugas o caída de voltajes en el proceso de iniciación electrónica.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis: Estudio técnico - económico para la reducción de tiros cortados y tiros fallados en minería superficial, propone alternativas para mejorar el proceso de voladura que tienen como resultado tiros cortados y tiros fallados en la explotación de minas a cielo abierto. En anteriores trabajos de investigación, se ha determinado que para optimizar la fragmentación de rocas se ha utilizado diversas técnicas e implementado nuevas tecnologías, tales como el uso de nuevas mezclas explosivas como el heavy anfo, AN/CO (nitrato de amonio y carbón), Quantex, emulsiones gasificadas, etc., también se implementó nuevos sistemas de iniciación de voladura como los detonadores electrónicos, sin la necesidad de tomar estos eventos y llevarlo a materia de estudio, ya que es embargo todas estas innovaciones dejan de ser eficientes y eficaces al obtener uno o más tiros cortados como resultado post voladura. Quedando de esta manera un problema actual en las operaciones mineras, por ello la necesidad de este trabajo de investigación.

Es conocido que la detección de tiros cortados, es un riesgo demasiado alto (en tema de seguridad), que debe de ser solucionado

para el inicio del minado, sin embargo la detección de estas anomalías también es perjudicial para la parte operacional, ya que traería consigo la mala fragmentación de las rocas, mal control de pisos de operación, bolones de roca de gran tamaño y a todo ello la generación de costos adicionales ya que se generará costos asociados a su desactivación, costos por pérdidas de producción (desprogramación de plan de minado), costos por voladura secundaria u otros trabajos adicionales. La utilización de detonadores electrónicos minimiza enormemente la posibilidad de un tiro cortado, gracias a su confiabilidad de funcionamiento y mejores resultados en la fragmentación de rocas a comparación del uso de los detonadores pirotécnicos. Sin embargo a pesar de su confiabilidad (detonadores electrónicos), hay otros factores y parámetros de control que generarían la posibilidad de un tiro cortado, dichas restricciones serán materia de estudio en el presente trabajo de investigación (tesis), así como sus alternativas de solución, para de esta manera concluir que el resultado de un tiro cortado en una voladura es controlable.

Por lo descrito este trabajo se divide en:

Capítulo I. Planteamiento del problema de investigación, presenta la descripción de problema, formulación del problema, justificación

de la investigación, objetivos, general y específicos, hipótesis, operación de variables.

Capítulo II. Marco teórico, Presenta antecedentes del estudio, bases teóricas y definición de términos.

Capítulo III. Marco metodológico, se expone el tipo y diseño de la investigación, la población y muestra de estudio, operacionalización de variables, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de datos.

Capítulo IV. Resultados técnicos de la investigación, expone el estudio de productos utilizados, la causa – efecto de los tiros cortados y tiros fallados más representativos registrados en la unidad minera.

Capítulo V. Análisis y discusión de resultados, se da a conocer la evaluación técnica económica a causa de un tiro cortado o fallado, discusión de resultados para la reducción de la aplicación del back up y para la prevención de tiros cortados y tiros fallados.

Continuamente finaliza con conclusiones, recomendaciones, referencia bibliográfica y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

1.1.1. Antecedentes del problema

Debido a los últimos indicadores del año 2015 – 2016, de eventos indeseados de tiros cortados y tiros fallados en la unidad minera Toquepala de SPCC, que asciende 14 (periodo febrero 2015 – diciembre 2015) y 11 (enero 2016 – noviembre 2016), se asumió como imperativa la necesidad de mejorar el proceso de perforación y voladura para la reducción de la incidencia de los tiros cortados y tiros fallados en la unidad minera.

1.1.2. Problemática de la investigación

La detección de tiros cortados es un riesgo demasiado alto (en tema de seguridad), que debe de ser solucionado para el inicio del minado, sin embargo la detección de estas anomalías también es perjudicial para la parte operacional ya que trae consigo retrasos operaciones, asociados a su

desactivación, ciclo de minado, mala fragmentación de las rocas, mal control de pisos de operación, bolones de roca de gran tamaño y a todo ello la generación de costos adicionales, ya que se empleará el procedimiento para su desactivación o en caso se pueda activar-volar dicho taladro con una próxima voladura u otros trabajos adicionales.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo afecta en forma técnica – económica, en una explotación minera superficial, los tiros cortados y tiros fallados?

1.3. Justificación de la investigación

La industria minera, ahora más que nunca, ha decidido utilizar los avances tecnológicos en las actividades de los procesos mineros y de la de sus proveedores, más aun en el primer proceso productivo que da inicio al ciclo de minado, como es la perforación y la voladura. Por ello la importancia de evaluar técnica y económicamente cada aspecto negativo que perjudica el proceso productivo, en este caso los eventos de tiros cortados y tiros fallados en una explotación de mina a cielo abierto. Es por ello que esta investigación se justifica por los siguientes aspectos:

1.3.1. Originalidad

Los resultados técnicos de la investigación de tiros cortados y tiros fallados, en la unidad minera Toquepala, son verídicas corroborables, con datos, diseño y muestra recopiladas insitu.

1.3.2. Relevancia

De mucho interés para su investigación y estudio, por ser un problema de riesgo potencial actual en toda actividad donde se realice voladuras.

Dirigido a todo profesional que ejerce en voladuras, cuyo objetivo es la aplicación de técnica y metodología correcta, para la obtención de una buena fragmentación de rocas.

1.3.3. Factibilidad

Las restricciones para la ejecución de esta investigación del tipo explicativa, no experimental, de campo, proyecto factible se viabilizan gracias a la programación de actividades para la ejecución de los proyectos, materiales e instrumentos y recursos humanos que se desarrollará en la

empresa minera SPCC U.M. Toquepala, en coordinación con Orica Mining Service y Exsa S.A. Desarrollo de la investigación asumido por el responsable al 100 %.

1.3.4. Otras razones

Para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar un estudio técnico económico, en una explotación minera superficial, para la reducción de tiros cortados y tiros fallados.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la condición técnica que origina los tiros cortados y tiros fallados. (causa – efecto)
- Evaluar el costo (evaluación económica) y las consecuencias causales de un tiro cortado o fallado.
- Conocer las acciones tomadas actuales y proponer las alternativas de control necesarias, para la reducción de

incidencias de un tiro cortado o tiro fallado como residuo post-voladura.

1.5. Hipótesis

Es posible plantear un estudio técnico económico para la reducción de tiros cortados y tiros fallados en una mina superficial.

1.6. Operación de variables

1.6.1. Variable 01

V1 = Tiros cortados y tiros fallados.

a) Indicadores no controlables

Estas variables se caracterizan por su gran aleatoriedad, se tiene:

- La naturaleza del macizo rocoso. (caracterización del macizo rocoso, ver anexo 06)
- La geología regional, local, (análisis estructural).
- La hidrología y las condiciones climatológicas.
- Los aspectos geotécnicos. (RQD, RMR)

b) Indicadores controlables

- Supervisión. (eficiencia de cumplimiento de procedimiento en %)
- Diseño geométrico de voladura. (burden – espaciamiento en metros)
- Propiedades físico-químicas de los productos explosivos. (VOD en m/s, densidad kg/cc)
- Asignación de tiempos de retardo. (milisegundos)

1.6.2. Variable 02

V2 = Estudio técnico económico para la reducción de tiros cortados y tiros fallados.

a) Indicadores

- Registro de incidencias de tiros cortados y tiros fallados, periodo 2016 en la unidad minera.
- Impacto técnico (efecto en la fragmentación P80, producción de pala en tn/día, consecuencias causales).
- Impacto económico (valorización del costo del evento del tiro cortado y tiro fallado en dólares).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Existen varios trabajos de investigación referidos al tema, de los cuales se mencionan algunos de ellos como:

Lepileo Soriano, Paola. (2012). “Análisis de modos de falla en el proceso de detonación electrónica”. Presenta un estudio basado en FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis), que traducido al español significa “Modo de falla, efectos y análisis de criticidad” es un método analítico-inductivo que puede ser ejecutado a nivel de piezas y componentes, o a nivel funcional. Este método permite establecer la probabilidad de los modos de falla versus la severidad de sus consecuencias, permitiendo encauzar los esfuerzos para evitar dichas fallas.

Dicho estudio fue estructurado donde analiza detalladamente el proceso de detonación, identificando los posibles modos de falla, sus causas, y sus efectos, desde el punto de vista electrónico, recaudando la información desde la experiencia directa de los

manipuladores de explosivos en las unidades mineras de Chile, donde Orica Mining Services ofrece sus servicios. Además se lleva a cabo algunas encuestas a los operadores de los equipos I-Kon, para así obtener información sobre la frecuencia y criticidad de estas fallas. Con estos datos realizan una serie de gráficos que relacionan las fallas provocadas por algún tipo de causa con su criticidad y frecuencia.

Ortiz. (2012). “Optimización de voladura con el uso de detonadores electrónicos en la mina Cerro de Pasco compañía minera Volcan”. Donde se demuestra la optimización en la fragmentación, y reducción de costos de perforación y voladura al aplicar detonadores electrónicos que poseen la capacidad de precisión de disparo en comparación con detonadores pirotécnicos en el proceso de voladura de rocas donde la aplicación de detonadores electrónicos nos permite mantener una mejora de 11,4 % en los resultados de fragmentación, y a la vez reducir el costo de perforación y voladura en 14,28 % en comparación de los costos con detonadores pirotécnicos .

Orica Mining Services. (2012). “Reporte prueba Espiral”. Debido a los últimos eventos indeseados de tiros no detonados en

rajo Rosario por efecto de fallas de detonadores electrónicos I-kon por presiones dinámicas, es que OMS (Orica Mining Service) ha propuesto a CMDIC (Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, Santiago Chile, el cuarto productor de cobre de Chile, cielo abierto) la realización de pruebas especiales diseñadas para cuantificar este efecto para así generar recomendaciones y prácticas que permitan disminuir su probabilidad de ocurrencia.

Se realizaron 3 pruebas durante el mes de junio donde se instalaron sensores de presión resistivos de carbón junto a boosters iniciados con detonadores I-kon.

Los resultados de esta prueba indican que dependiendo de la condición de un macizo rocoso de mala calidad o saturados en agua, existe una alta posibilidad de falla por efecto de presiones dinámicas si no se toman consideraciones adecuadas. (p.3)

Davey Bickford. (2012). "Sistema de detonación electrónica Daveytronic SP aplicaciones en el Perú". Demuestra las ventajas de su producto, detonador electrónico Daveytronic IV, ventajas del detonador electrónico, sistema de iniciación digital Daveytronic SP, aplicaciones en mina Yanacocha, Antamina y Cuajone.

2.2. Bases teóricas

Para esta investigación, es necesario plantear un marco teórico conceptual, dando una noción concreta acerca de ciertas terminologías, las mismas que se mencionan en forma continua y que es necesario diferenciarlas a lo largo del trabajo de investigación. Cabe aclarar que un tiro cortado, en términos generales, vendría a ser un tiro fallado, pero es necesario diferenciarlas por las siguientes razones:

- ✓ Históricamente, en el pasado toda columna de explosivo encontrada en su posición original (sin ser evaluada, ni tomada en cuenta para materia de estudio, ni método de investigación probable), se consideraba tiro cortado, por lo que no había estudios que prueben la causa raíz de estos eventos y así eliminar la incidencia del riesgo potencial.
- ✓ Necesitan diferenciarse, para poder aplicar técnicas de control estadístico, de esta manera atacar a la causa raíz, para así reducir estos eventos y eliminar sus consecuencias causales, los más habituales son los tiros cortados.
- ✓ Todo lo anterior mencionado se justifica ya que los tiros cortados normalmente son a causa operacional

(incumplimiento anexo 01), mientras que los tiros fallados por influencia del deficiente estudio de las variables del diseño de voladura son el tipo de roca, el explosivo y la aplicación de diseño e ingeniería. (anexo 08)

2.2.1. Tiros cortados

Es un taladro con mezcla explosiva y accesorios de voladura (detonadores electrónicos o pirotécnicos) que no ha detonado después de haberse iniciado, ello por la interrupción (corte) en cualquier parte a lo largo de la columna explosiva antes o durante la voladura. Son causados principalmente por:

- Prácticas incorrectas en las operaciones de carguío, primado, amarre y tapado de taladros.
- Detritos de perforación que caen al interior del taladro generando cargas desacopladas.
- Piedras que caen o están en el interior del taladro y que al desplazarse dañan o cortan las líneas descendentes de iniciación.
- Falla en los sistemas de iniciación por efecto de calidad del accesorio. (Det. electrónico, fanel, etc.)

2.2.2. Tiros fallados

Los tiros fallados, en conjunción, indica a la no detonación parcial o total de una o más columnas explosivas cargadas en los taladros, a la detonación arbitraria de la misma o que no cumple su función principal, romper la roca.

a) Tiros Quedados

Existen pocas definiciones de tiros quedados (T.Q.) como:

El libro “Explosives and Rock Blasting”, “Explosivos y voladura de rocas”, (Atlas Powder 2012) define el evento como “la falta de detonar de una carga explosiva en el momento correcto”.

La publicación IME (2010) “SLP #17”, define un tiro quedado como: “una voladura o barreno determinado que no detona según se planificó. Además incluye el concepto de materiales explosivos que no detona cuando esté correctamente iniciada”.

Austin Powder International (2012) en su publicación anual “Causa, Prevención y Acciones

correctivas” define: “Un tiro quedado puede considerarse como cualquier carga explosiva que no detona cuando esté correctamente iniciada”.

Es por ello que concluimos en que todas las referencias anteriores concuerdan en que el término tiro quedado (T.Q.) se define como: “una columna de explosivo cargada en un taladro que no ha detonado cuando este está aparentemente cargada e iniciada de forma correcta, dando como resultado un peligro potencial”.

b) Tiro soplado

Taladro con mezcla explosiva cuya reacción explosiva no logra romper la roca como se pronosticaba de acuerdo al diseño de voladura, a causa de un deficiente diseño de contenedor de energía (mal diseño de taco), mal diseño de burden y espaciamiento o empleo de explosivo inadecuado para roca muy competente.

c) Hangfire

O “Fuego suspendido” es una detonación muy tardía, que puede ocurrir por varias razones, entre ellas:

- Iniciación con mecha de seguridad (mecha lenta) tiene mayor probabilidad de ser un factor común.
- Deflagración lenta de explosivos es otra posibilidad (relacionado a veces con la composición). (Austin Powder International 2012).

d) Detonación anticipada, no planificada

Como sugiere la frase, una carga que detona antes del momento esperado y sin una razón aparente por haberlo hecho o sin que haya habido una señal clara e intencional de iniciación. Tales eventos suscitaron:

- Evento durante verificación – Escondida, 2003 CH.
- Martin Marrietta cantera – USA, 2006

Y se concluyó con la investigación: “Snap, Slap, Shoot”, traducido “Chasqueo, golpe, disparo” estudios acabados han demostrado un mecanismo (reproducible) que provoca la iniciación de tubo de choque.

2.3. Principales problemas que causan tiros cortados y tiros fallados

En la práctica todo proceso de perforación, primado de taladros y voladura tiene como resultado óptimo o deficiente a causa de la función de una buena supervisión. En campo las causas de mayor incidencia para la aparición de un tiro cortado o tiro fallado se aprecian en las siguientes tablas 1, 2 y 3:

Tabla 1
Causas de tiros cortados

Evento	Tipo	Causa
T.C.	Diseño	Diseño incorrecto de secuencia de salida
	Operacional	Carguío incorrecto del taladro
	Operacional	Mal amarre
	Diseño	Mala selección de explosivos
	Operacional	Uso de explosivos en mal estado
	Diseño	Fallas geológicas

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2
Causas de tiros fallados (tiros quedados)

Evento	Tipo	Causa	Causa raíz
T.Q.	Operacional	Mal primado	Error en el procedimiento, factor humano.
		Presión dinámica	Mal diseño de voladura, perforación deficiente.
	No operacional	Defecto de fábrica	Defecto de fábrica

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3
Causa de tiros fallados

Evento	Causa
	Presencia de agua dentro del taladro
	Uso de explosivos en mal estado
T.F.	Falla del explosivo por falta de sensibilidad
	Incorrecto diseño de contenedor de energía (taco)
	Tiro anillado

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se analizarán cada contexto y sus características.

2.3.1. Causa raíz de tiros cortados

a) Diseño incorrecto de secuencia de salida

En este aspecto las causas se deben a la mala selección de retardos para el diseño que se reflejan en la provocación de cortes. Es por ello, que hoy en día, en el mercado existen softwares de simulación de voladura que evitan recaer en errores de diseño, entre ellos el JK Simblast, Shotplus, etc. (fig. 1). En la fig. 2., se observa la mala distribución y falta de retardos en superficie.

Según la publicación de Austin (2012), la finalidad del diseño se basa en la selección de productos, según condiciones ambientales:

- Subestimación de la presencia de agua.
- Cebado insuficiente – sensibilidad del explosivo (Austin Powder International 2012).

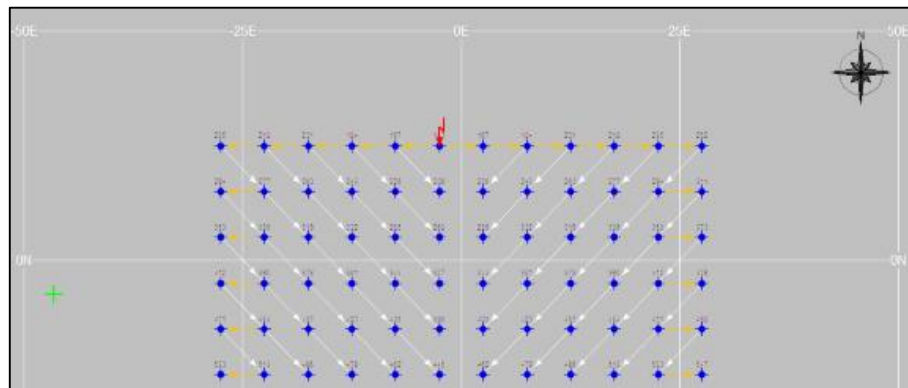


Figura 1. Corte debido a diseño incorrecto de secuencia de salida.

Fuente: Presentación Austin Powder International, Blasttronic (2012).

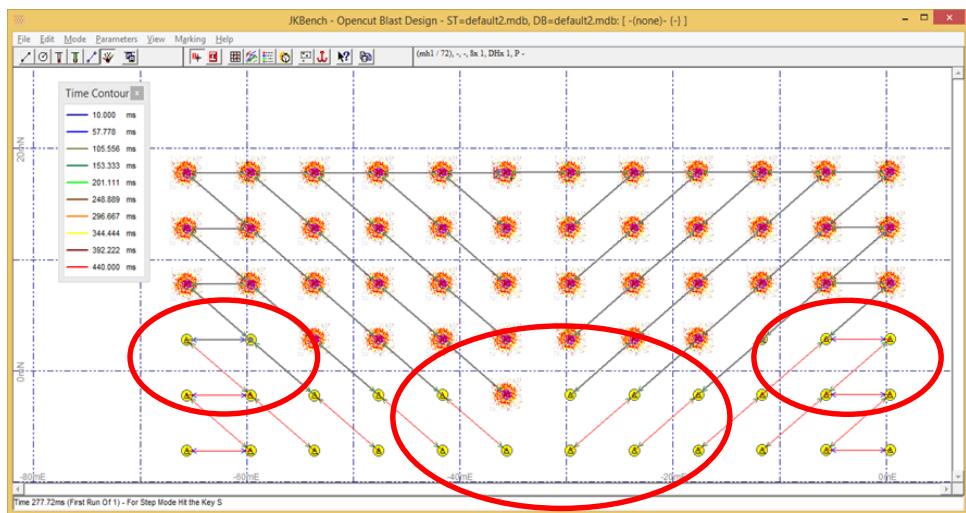


Figura 2. Corte debido a diseño incorrecto de secuencia de salida 2.

Fuente: Elaboración propia de simulación de figura 1., en software Jk Simblast 2d Bench (2017).

b) Carguío incorrecto del taladro

En este campo, se describen las prácticas incorrectas de la operación en ellas incumpliendo los procedimientos de voladura, cuyas causas comunes son:

- Exceso de confianza.
- Violar e ignorar normas y reglamentos.
- Capacitación insuficiente.

Según el “Curso de explosivos y voladura Dyno nobel” presentada por la Cámara Minera del Perú, (CAMIPER, 2016), los resultados son de cortes por:

- Detritus de perforación que cae dentro del taladro; cuyas razones comunes son por el cono truncado, arrastrado de material, carguío con sacos, carguío mecanizado, colocación del taco. Figura 3, 4, 5 y 6.
- Fallas o cortes en el sistema de iniciación; estas fallas se presentan en la línea troncal, nudos, retardo unidireccional, cordones superpuestos, mal encapsulado, conexiones defectuosas, fallas de tubo no eléctrico. Ver figura 7 y 8.

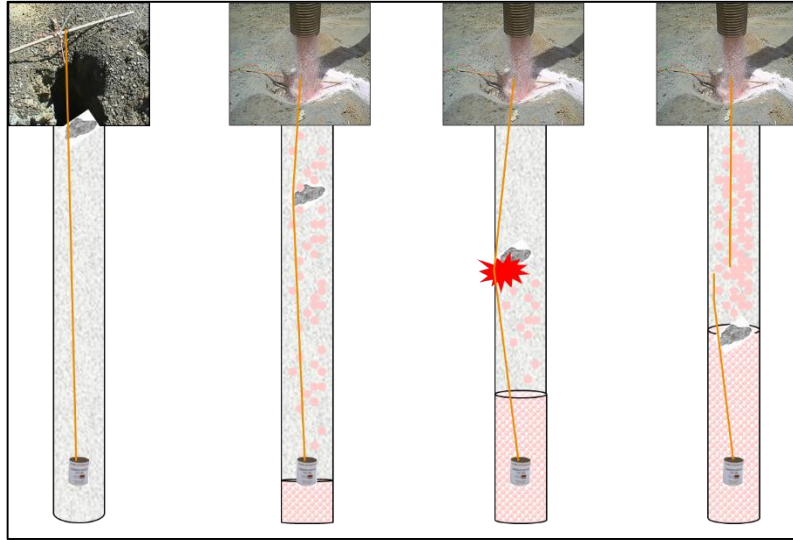


Figura 3. Corte debido a caída de detritus.

Fuente: Curso de explosivos y voladura Dyno nobel - CAMIPER (2016).

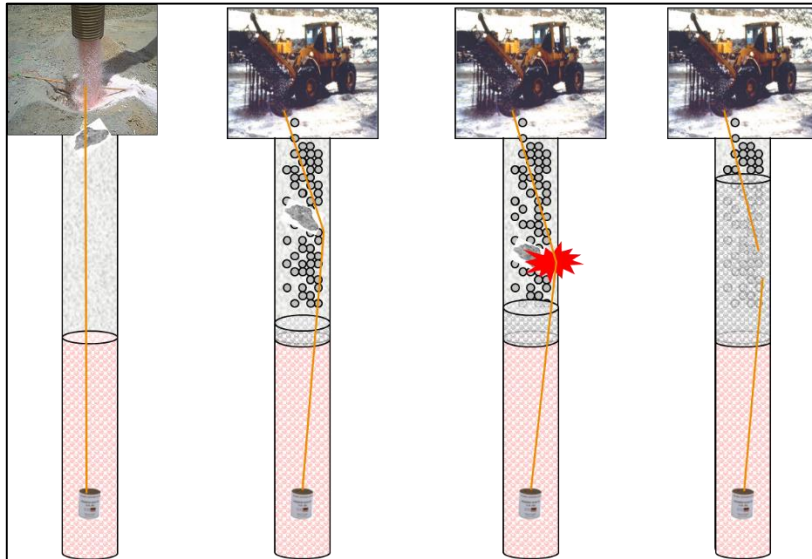


Figura 4. Corte debido a colocación de taco.

Fuente: Curso de explosivos y voladura Dyno nobel - CAMIPER (2016) .

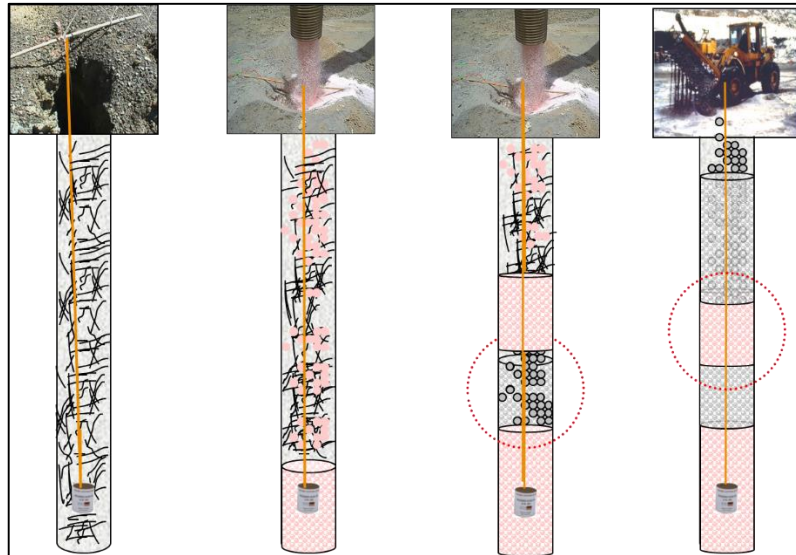


Figura 5. Corte debido a desacoplamiento, falta de simpatía.

Fuente: Curso de explosivos y voladura Dyno nobel - CAMIPER (2016) .

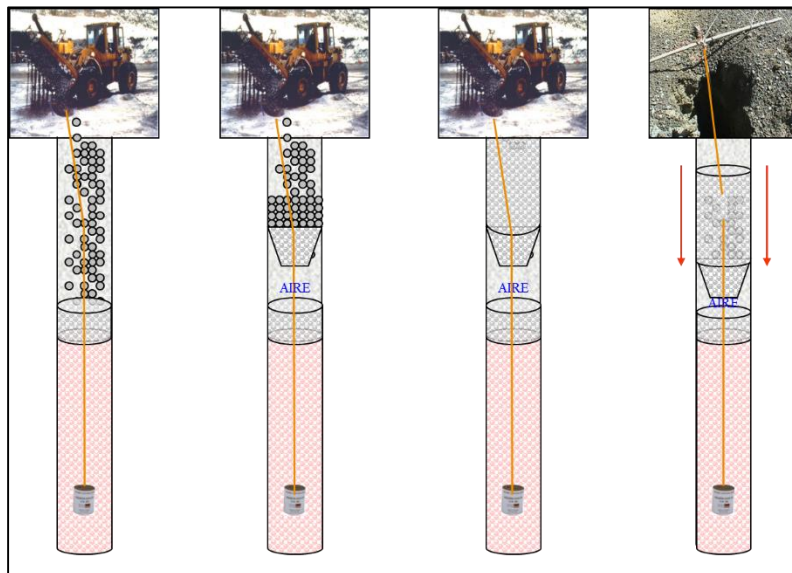


Figura 6. Corte debido a cono truncado.

Fuente: Curso de explosivos y voladura Dyno nobel - CAMIPER (2016).

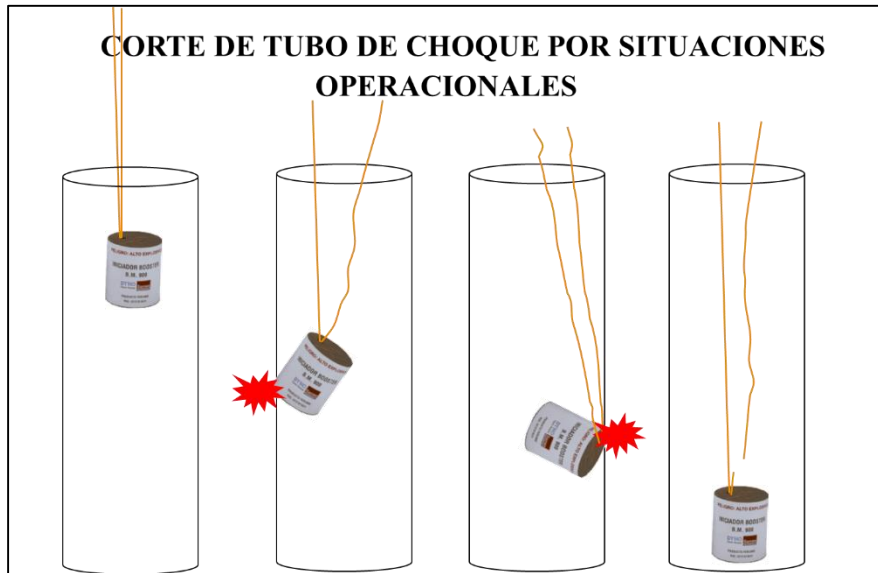


Figura 7. Corte debido a situaciones operacionales.

Fuente: Curso de explosivos y voladura Dyno nobel - CAMIPER (2016) .



Figura 8. Corte debido a situaciones operacionales 2.

Fuente: Curso de explosivos y voladura Dyno nobel - CAMIPER (2016) .

c) Mal amarre

Los cortes por mal amarre, usando accesorios pirotécnicos, se presentan por el uso incorrecto de los conectores (ver figura 9, 10 y 11).

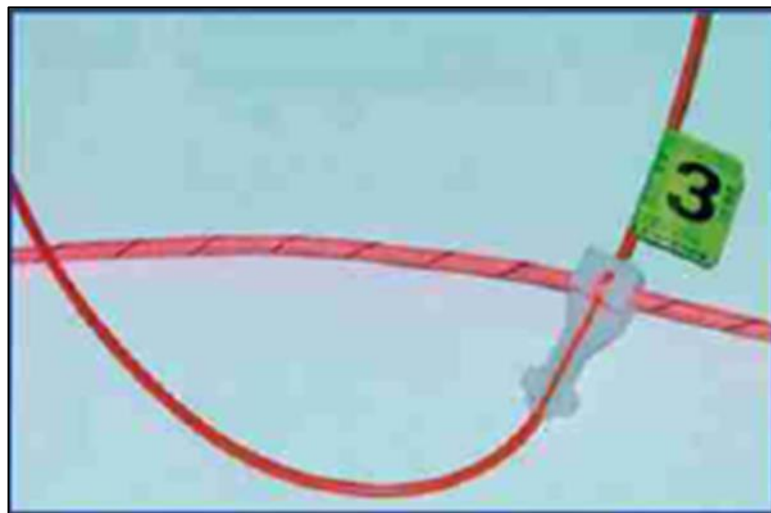


Figura 9. Corte debido a contacto del tubo de choque con el cordón detonante.

Fuente: Curso de explosivos y voladura Dyno nobel - CAMIPER (2016) .

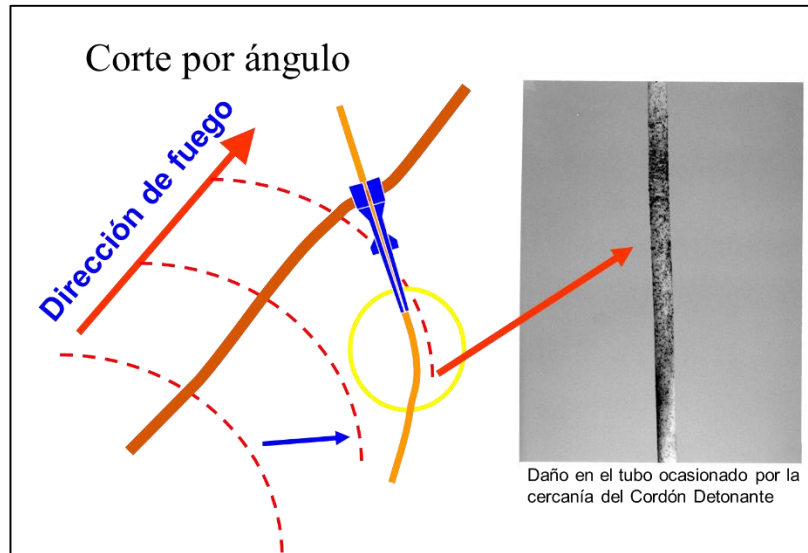


Figura 10. Corte debido a cercanía del tubo de choque con el cordón detonante.

Fuente: Curso de explosivos y voladura Dyno nobel - CAMIPER (2016)).

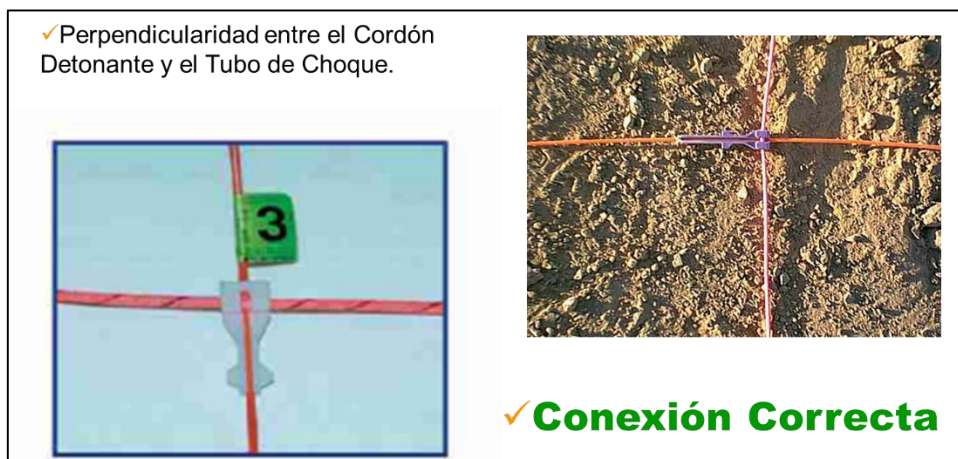


Figura 11. Conexión correcta detonadores pirotécnicos.

Fuente: Curso de explosivos y voladura Dyno nobel - CAMIPER (2016) .

d) Corte por estructura geológica

Corte provocados por desplazamiento de estructuras geológicas, provocada durante la voladura y tiempos de retardo. Ver figura 12.



Figura 12. Corte debido a desplazamiento de estructuras geológicas.

Fuente: Presentación Austin Powder International (2012).

e) Influencia de estructuras

Corte por influencia y cortes dentro de taladro por estructuras geológicas y geomorfológicas. (fig. 13.)



Figura 13. Corte debido a estructuras geológicas.

Fuente: Presentación Austin Powder International (2012).

2.3.2. Causas tiros fallados (tiros quedados)

a) No simpatía detonador – fanel / detonador – booster.

Causada por manipulación deficiente o falla de producto, provocando la falta de simpatía entre el tubo de choque y el fulminante, conector y tubo de choque (ver figura 14.) o en causa operacional, falta de simpatía en el mal primado en detonador con el booster (ver figura 15 y

resultado técnico 04).



Figura 14. Simpatía detonador tubo de choque.

Fuente: Curso de explosivos y voladura Dyno nobel - CAMIPER (2016) .



Figura 15. Primado de detonador pirotécnico con booster.

Fuente: Curso de explosivos y voladura Dyno nobel - CAMIPER (2016) .

b) Falla de producto

Identificable en el uso de detonadores electrónicos, puesto que nos permite identificar si el detonador realizará su cometido por la comunicación bi-direccional.

c) Presión dinámica

Según los resultados de la investigación de Orica Mining en su "Reporte de prueba espiral" (2012) ejecutado en mina Rosario de Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi - Santiago de Chile, se concluye que dependiendo de la condición de un macizo rocoso de mala calidad o saturados en agua, existe una alta posibilidad de ocurrencia de falla por efecto de presiones dinámicas si no se toman consideraciones adecuadas.

Los monitoreos arrojaron que a distancias de 5 metros es posible esperar 2 500 bares de presión por gases o 500 bares de presión por onda de choque (con velocidad de propagación de 1 680 m/s). Dichos registros se encuentran por sobre el umbral de resistencia de presión para los detonadores i-kon con cápsula de Cu (700 bares), detonadores i-kon con capsula Cu-Zn (1 000 bares)

y detonadores i-kon con cápsula Cu-Zn + booster Protect-i (1 200 bares). Las ecuaciones de ajuste determinan un comportamiento exponencial de los fenómenos de presión dinámica.

La presencia de un macizo rocoso de baja calidad geotécnica en el sector, condicionan el acentuamiento de transferencia de presiones dinámicas pozo a pozo.

Para evitar daños a los detonadores por presión dinámica, se recomienda aumentar a 5,5 m la distancia crítica entre pozos cercanos a ser detonados en forma instantánea. (OMS “Reporte de prueba espiral”, 2012, p.3).

2.3.3. Causas tiros fallados

a) Presencia de agua dentro del taladro

Provocando la falta de sensibilidad del explosivo a causa de la presencia de agua, ocasionando mala combustión del explosivo usado (anfo), desbalance de oxígeno, etc. Por ello se debe usar mezcla explosiva que sea resistente y que desplace al agua, conocida como heavy anfo, emulsiones gasificadas, etc. (Fig. 16 y 17.)



Figura 16. Muestra tiempo 0 de desplazamiento del agua usando H.A. 37 (3), H.A. 55 (6), H.A. 64(12).

Fuente: Curso de explosivos y voladura Dyno nobel - CAMIPER (2016)



Figura 17. Muestra tiempo 15 min de desplazamiento del agua usando H.A. 37 (3), H.A. 55 (6), H.A. 64 (12).

Fuente: Curso de explosivos y voladura Dyno nobel - CAMIPER (2016)

b) Mala selección de explosivos

La selección inadecuada de explosivo suelen ser por:

- Iniciador mínimo.
- Falta de resistencia al agua

En la siguiente figura 18, se puede observar claramente el criterio para la selección del explosivo a usarse y en la tabla 4 las características principales de diferentes mezclas de anfo pesado.

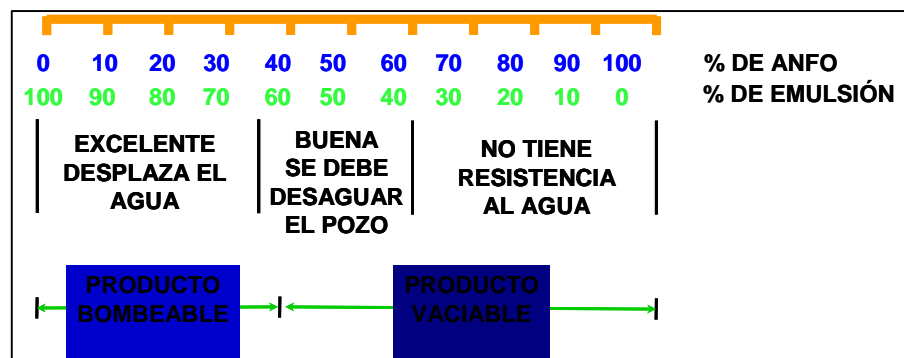


Figura 18. Selección de explosivo adecuado.

Fuente: Curso de explosivos y voladura Dyno nobel - CAMIPER (2016).

Tabla 4.
Características principales de diferentes mezclas de anfo pesado.

Mezclas explosivas	Composición (%)		Densidad (gr/cc)	VOD (m/s)	Resistencia al agua
	Emulsión	Anfo			
HA-37	30	70	1,05 ($\pm 0,01$)	4 800 – 5 000	Nula
HA -46	40	60	1,15 ($\pm 0,01$)	5 000 – 5 200	Baja
HA-55	50	50	1,27 ($\pm 0,01$)	5 200 – 5 400	Buena
HA-64	60	40	1,29 ($\pm 0,01$)	4 500 – 4 800	Excelente

Nota:

- Tipo de emulsión: emulsión matriz para todas las mezclas de la tabla.
- VOD: Los rangos de VOD son para taladros de 12 ¼ pulgadas de diámetro
- HA = *Heavy Anfo*

Fuente: Asistencia técnica Exsa (2016).

c) Uso de explosivos en mal estado

Según incumplimiento de especificaciones de la hoja técnica MSDS (hojas de datos de seguridad del material), ya sea por condiciones de almacenamiento, procedimiento de manipulación.

d) Falla del explosivo por falta de sensibilidad

Causas comunes según el curso de explosivos y voladura Dyno nobel dictada por la Cámara Minera del Perú (CAMIPER, 2016):

- Distancia corta e irregular entre perforaciones.

- Naturaleza de la roca.
- Peso de la carga del explosivo.
- Secuencia incorrecta del retardo.

Todas las menciones anteriores llevan como resultado al daño de la columna explosiva próxima a detonarse (ver figura 19).

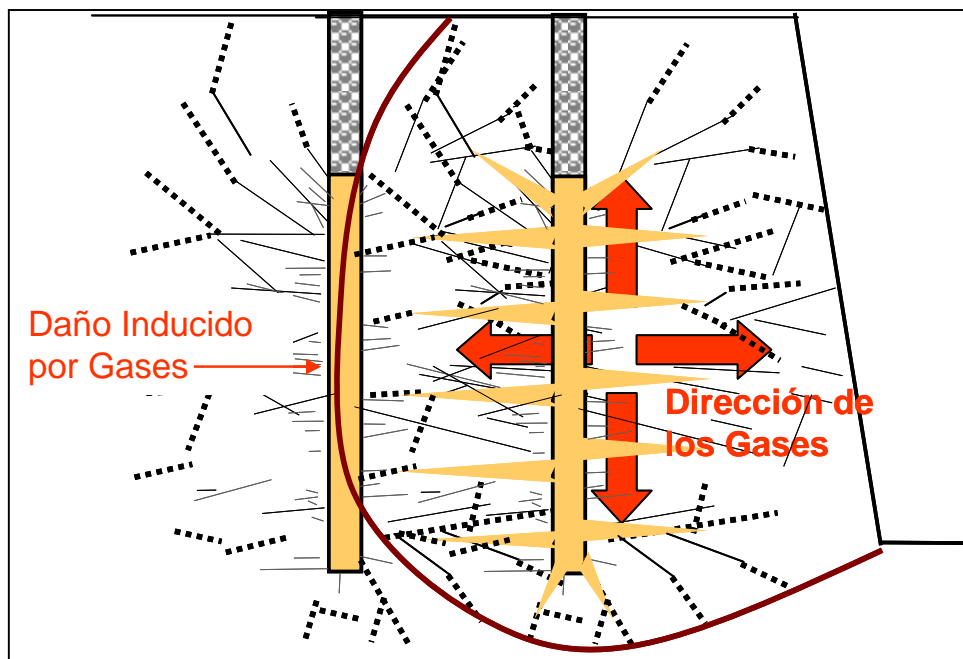


Figura 19. Falla del explosivo por falta de sensibilidad.

Fuente: Curso de explosivos y voladura Dyno nobel - CAMIPER (2016).

e) Tiro anillado

Es la formación de cavidades dentro del macizo rocoso por una voladura fallida en la aplicación correcta de

explosivo correcto en cantidades correctas, para un tipo de roca inadecuada para su selección, provocando así la ruptura de roca en taladros próximos entre sí, mas no una fragmentación completa del macizo rocoso. Su representación también puede ser descrita por la figura 19.

2.4. Definición de términos

2.4.1. Detonador electrónico

El avance tecnológico en los sistemas de iniciación en voladura, nos permite trasladarnos desde el sistema convencional, hasta el moderno y preciso sistema de iniciación electrónica, mediante el cual, podemos controlar la energía liberada en un disparo, optimizando la fragmentación y disminuyendo el daño a las paredes del pit, mediante un control de vibraciones (Detnet 2006).

Los sistemas de detonadores electrónicos, a nivel internacional fabricantes y modelos se explica en la siguiente tabla 5:

Tabla 5

Fabricante	Modelo de detonador electrónico
DetNet:	DigiDet, QuickShot, HotShot y SmartShot.
Orica:	I-kon y Unitronic.
Davey Bickford:	Daveytronic I & II y Daveytronic III.
Austin Powder:	Electrostar.
SDI:	SDI electronic detonator.
BME:	Deltadet II.

Fuente: Elaboración Propia.

Estos detonadores permiten una mejor programación de la voladura, haciendo más eficiente el proceso, fragmentando la roca en pedazos que son más manejables en los procesos siguientes, disminuyendo también así, las vibraciones en el terreno provocadas por una voladura.

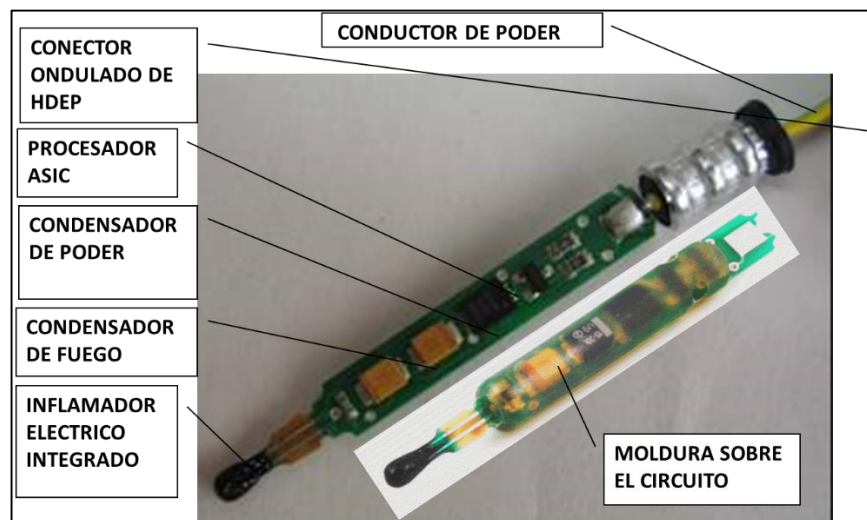


Figura 20. Partes de detonador electrónico Daveytronic.

Fuente: Presentación Daveytronic (Davey bickford 2012).

2.4.2. Detonador pirotécnico – no eléctrico

Es un detonador no eléctrico, compuesto por un fulminante nº 12, y un tubo de choque que transmite la señal y en el otro extremo un clip de plástico para conectarse al cordón detonante, posee tres puntos de identificación uno es el conector plástico, otro la etiqueta y el último es la base fulminante. (CAMIPER, 2016)

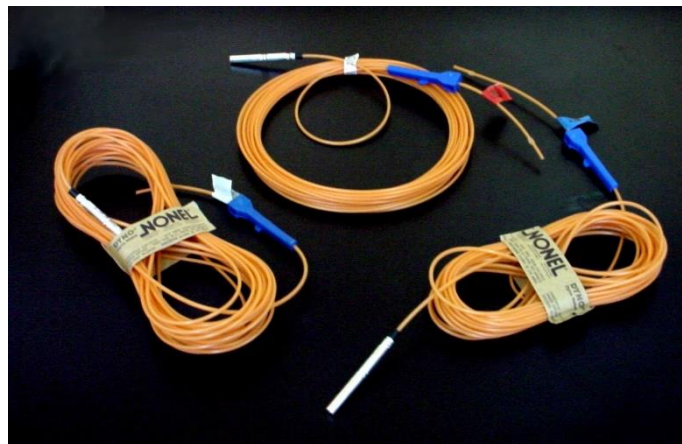


Figura 21. Partes de detonador no eléctrico.

Fuente: Curso de explosivos y voladura Dyno nobel - CAMIPER (2016) .

2.4.3. Diferencia entre detonador electrónico y pirotécnico

Un detonador electrónico se diferencia de un detonador pirotécnico (fanel), a que gracias a un microchip interno permite asignar a cada uno un tiempo de espera que va desde

que se envía la señal de detonación hasta que efectivamente el detonador se inicia, esto permite una detonación mucho más exacta que cualquier otro detonador en el mercado (pirotécnico). Un detonador pirotécnico no cuenta con un protocolo de seguridad, su proceso inicia con una chispa o fuego por el HMX o manguera y da inicio al polvo químico que es el que da el retardo para la secuencia de detonación; sin embargo el detonador electrónico contiene un protocolo de seguridad, el cual permite la iniciación brindándonos la certeza de si un detonador electrónico está apto o no para su detonación; permite programar un retardo diferente para cada detonador; asegura la capacidad de testeo de cada tiro desde el lugar de disparo seguro; controla la energía de cada detonador hasta el momento del disparo; informa de cualquier anomalía al operador, que identifica el tipo de problema y el detonador; evita disparar a menos que use un sistema específico.

Las diferencias más resaltantes entre el detonador electrónico y el detonador pirotécnico se muestran en la siguiente figura:

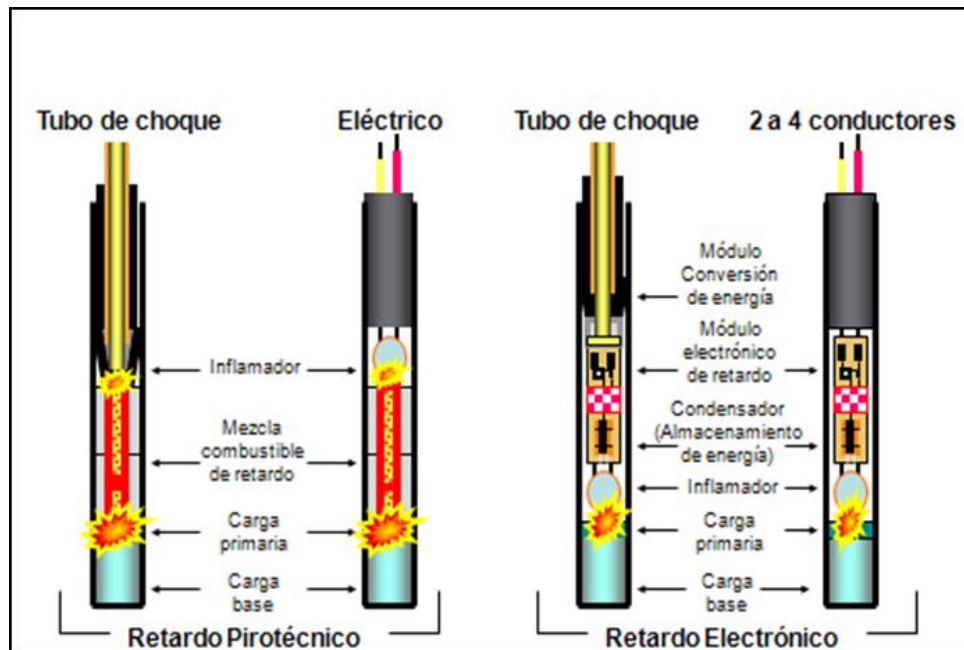


Figura 22. Diferencias fundamentales de la construcción de detonadores.

Fuente: Presentación Orica (2012).

2.4.4. Back up

Es la conexión de un nuevo detonador electrónico para iniciar el tubo del fanel en la zona del taladro dado que el detonador electrónico (I-kon) que está en el taladro no responde, producto de un corte de cable o presencia de problemas (fugas altas, RE) que impide la comunicación con el chip del detonador al momento del amarre, imposibilitando su programación. Esto se debe a la mala operación al momento del tapado de los taladros. (Orica 2012)



Figura 23. Diagrama de back up.

Fuente: Presentación Orica (2012).

I. Procedimiento del back up

Se debe verificar que el detonador electrónico no replica o responda.

- Tire el cable del detonador para ver si cede.
- Si no cede, destape el cable que se encuentra en el pozo, para verificar que el corte o daño no se encuentre en ese tramo.
- Corte un trozo de cable del detonador en conjunto con el conector azul.
- Separe los cables del detonador.

- Pele los cables, 3 cm aproximadamente.
- Conecte los cables del detonador directamente al equipo logger.
- Finalmente, si no replica, tiene fuga alta o RE, se debe proceder a colocar un detonador electrónico en superficie.

Se coloca el cordón detonante en el conector J, del detonador no eléctrico, en forma perpendicular y encinte. Colocar un par de rocas entre el conector J y el detonador verificando que el cordón no forme ángulo agudo.



Figura 24. Back up en superficie.

Fuente: Figura propia.

Se coloca tiempo 0 ms al back up; se reporta a B1, B2 y personal de voladura, la ubicación del mismo para su posterior filmación al momento del disparo; se continúa con el amarre de los detonadores electrónicos para la voladura.

II. Tipos de back up

Los tipos de errores que se presentan después del tapado de los taladros.

- **No replica (corte)**

Este tipo de error se presenta cuando la línea descendente del detonador es cortada completamente, no teniéndose ningún contacto con el chip interno del detonador electrónico.

- **Fuga alta**

Este tipo de error se presenta cuando el detonador electrónico solo presenta fugas altas (>10 mA), esto se debe a que en alguna sección del cable descendente que se encuentra dentro del taladro se encuentra pelado, mas no cortado, con el cable de

cobre expuesto al contacto con agua o el ambiente generando dichas fugas.

- **RE (Error de lectura)**

Read Error, por sus siglas en inglés que significan "Error de lectura". Este tipo de error se presenta cuando el detonador tiene caídas de voltaje (mV) y altas fugas (mA) y no permite el amarre de los detonadores debido a que el sistema I-kon tiene límites en caídas de voltaje (menores a 900 mV el sistema tiene comunicación con el detonador I-kon) y fugas altas (menores a 10 mA el sistema tiene comunicación con el detonador I-kon). Esto se debe a que en alguna sección del cable descendente, que se encuentra dentro del taladro, se encuentra pelado, más no cortado, con el cable de cobre expuesto al contacto con agua o el ambiente generando dichas fugas o caídas de voltaje. (Orica 2012)

2.4.5. Perforación

La perforación es la primera operación minera que se efectúa en la preparación de una voladura, sin una perforación adecuada y ordenada la voladura sería deficiente, lo que conllevaría a una baja eficiencia en el carguío del material impactando directamente en la producción de la mina.

En el caso del tajo abierto de Toquepala se lleva a cabo una perforación del tipo rotativa con triconos, ésta es efectuada por grandes equipos de perforación capaces de ejercer elevados empujes sobre la broca, es decir, la perforación es realizada mediante el método de rotación – trituración, donde la energía es transmitida hasta la broca a través de barras de acero, las que puestas en rotación fuerzan la broca contra la roca, siendo los botones de carburo de tungsteno prensados contra la roca, para finalmente obtener una trituración similar a la de percusión.

De manera general es importante efectuar esta operación con la mayor exactitud del caso, en lo que respecta a profundidad, exactitud en las coordenadas, paralelismo y perpendicularidad, puesto que todo esto repercutirá en la

obtención de una fragmentación requerida y control en las paredes finales del tajo (Olazabal Javier, 2014).

Equipos de perforación:

- Tres perforadoras eléctricas P&H 100XP.
- Dos perforadoras eléctricas P&H 120.
- Tres perforadoras eléctricas Bucyrus 49R-III.
- Tres perforadoras eléctricas Bucyrus 49HR.
- Una perforadora DTH Titon 600 para pre-corte.
- Dos perforadoras DR 580 para pre-corte.
- Una perforadora DR 560 para pre-corte.

2.4.6. Voladura

La voladura es la más importante de las actividades del ciclo de minado, la mina Toquepala es un yacimiento de pórfidos de cobre que tiene una antigüedad de más de 40 años, lo cual hace que en la actualidad estén trabajando en niveles más profundos donde se debe tener cuidado con parámetros de vibración y obtener paredes estables que soporten la carga portante de los niveles superiores para llevar una operación de minado dentro de los estándares de seguridad, calidad y productividad.

En la perforación primaria se llevan a cabo dos tipos de voladura: voladura primaria de producción y voladura para paredes finales, donde en esta última el carguío de explosivo se realiza de forma controlada y en menor proporción que en voladura de producción, a fin de no dañar las paredes del tajo, para los disparos primarios se emplean dos tipos de explosivos: anfo y anfo pesado en proporciones variables.

Entre los principales factores que incluyen en los resultados de una voladura se encuentran: las propiedades de los explosivos a usar (densidad, velocidad de detonación, etc.), la distribución y secuencia de iniciación, geometría del disparo y desde luego las propiedades del macizo rocoso.

2.4.7. Mezcla explosiva Quantex 73

La mezcla explosiva Quantex 73 (MEQ73) está conformada por la emulsión gasificada con anfo Quantex, estos en un porcentaje 70 % y 30 % respectivamente y adicionalmente un agente sensibilizador (nitrito de sodio).

La densidad de esta mezcla explosiva Quantex 73 es modificable, el cual nos permite obtener mejores o similares

resultados que las mezclas de anfo pesado y es resistente al agua.

A continuación, se muestra la gasificación que ocurre en un taladro cargado con MEQ73 a base de emulsión gasificable, frente a otro cargado con Anfo pesado (H.A.) a base de emulsión matriz, cuya carga lineal no varía debido a que su densidad es constante.

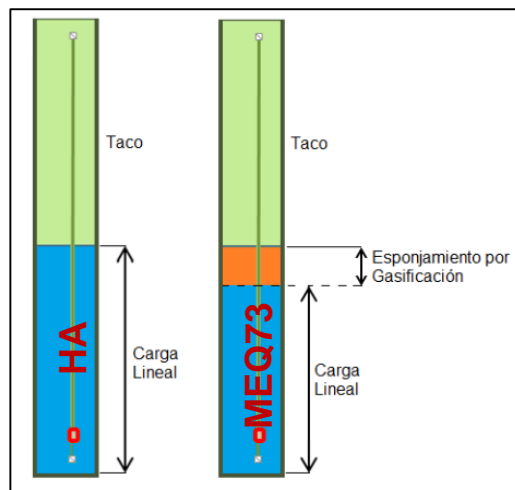


Figura 25. Diseño de carga de taladros con anfo pesado y mezcla explosiva Quantex 73.

Fuente: Asistencia técnica Exsa (2016).

2.4.8. Nitrato de amonio Quantex

El nitrato de amonio Quantex es un nitrato de amonio de alta densidad, que aporta energía durante el proceso de detonación por la característica de sus *prills*, los cuales son más compactos y de mayor volumen que el nitrato poroso convencional.

Características del nitrato de amonio Quantex:

- Prilles esféricos y sólidos.
- Densidad: 1,04 g/cc \pm 3 %.
- Humedad: 0,5 % (máximo).
- Punto de fusión: 169 °C.
- Porcentaje de absorción de petróleo: Este producto funciona con una absorción de solo el 3 % de petróleo.

2.4.9. Sensibilización de la emulsión

Para lograr la sensibilización de la emulsión se debe añadir la solución gasificante, nitrito de sodio o solución L - 8, para lo cual se debe tener en cuenta la velocidad de flujo del producto que se inyecta al taladro.

La siguiente tabla muestra el porcentaje de nitrito de sodio que es agregado a la mezcla explosiva Quantex 73 para lograr la densidad final deseada, partiendo de una densidad inicial de 1,38 g/cc. Cabe indicar que el tiempo que dura el proceso de gasificación de un taladro es de 15 - 25 minutos, por lo que se tiene que esperar este tiempo antes de tapar el taladro.

Tabla 6
Flujo de nitrito de sodio para gasificar MEQ73 según el flujo de descarga de la mezcla explosiva.

. Camión MACK	Flujo de descarga (kg/min)	Nitrito de sodio (%)	Flujo de nitrito (LPM)
Sistema Vaciabale	800	0,13	1 a 1,2
Sistema Bombeable	270	0,12	0,4 a 0,6

Fuente: Asistencia técnica – EXSA (2016).

2.4.10. Carguío

Es la actividad de mayor importancia en el ciclo de minado. El carguío consiste en el recojo del material ya fragmentado para depositarlo seguidamente en los volquetes quienes lo conducen a distintos destinos si se

trata de mineral para planta de chancado mineral para lixiviación o desmonte.

Equipos de carguío:

- Dos palas P&H 4100 de 60 yd³.
- Dos palas P&H 4100 de 56 yd³.
- Una pala Bucyrus 495B1 de 56 yd³.
- Tres palas Bucyrus 495HR de 73 yd³.
- Un cargador frontal CAT 992F de 16 yd³.
- Un cargador Le Tourneau L1850.
- Un cargador Le Tourneau L2350.

2.4.11. Acarreo

Es el sistema de transporte con el uso de volquetes de acarreo de distintas capacidades.

El sistema de acarreo es directo de la pala al camión y estas a los diferentes botaderos, tolvas de mineral o tolvas de mineral lixiviable.

No existe el sistema pala camión directo a concentradora por que esta se encuentra a 5 km de la misma, esta distancia no es aconsejable para el óptimo

aprovechamiento económico de los camiones, solo se puede usar en distancias menores 3,5 km únicamente.

Referente a las rampas de tránsito de los camiones, estas no exceden al 8 % dentro de la mina, y aun menor las rampas de acceso a las carreteras que constituyen el recorrido regular de los camiones cuando se encuentran acarreado (Olazabal Javier, 2014).

Equipos de acarreo:

- 28 Volquetes Komatsu 930E1, E3 y E4 de 290 tn.
- 5 Volquetes Caterpillar 793C de 218 tn.
- 13 Volquetes Caterpillar 793D de 218 tn.
- 8 Volquetes Caterpillar 797F de 363 tn.
- 18 Volquetes Komatsu 830 de 218 tn.

2.4.12. Plan de minado

Según Olazabal Javier (2014), a continuación se expone el plan de minado para los cinco próximos años de la mina. Para alcanzar este plan se debe mover

aproximadamente 590 000 toneladas por día. La mina tiene una vida útil de 54 años con las reservas actuales, asimismo y a nivel de minado tiene proyectado una producción de 590 000 toneladas por día con leyes que fluctúan alrededor de 0,6 % de Cu de mineral para planta y ley de 0,129 % de Cu para la planta lixiviable.

Tabla 7
Plan de minado 2014 - 2017

	U.M.	2014	2015	2016	2017
Mineral	tn	20 055 000	19 681 000	41 274 000	41 312 000
Ley de Cu en mineral	%	0,601	0,604	0,608	0,659
Lixiviable	tn	42 617 379	70 604 138	72 347 856	61 756 835
Ley de Cu en lixiviable	%	0,129	0,176	0,189	0,166
Desmonte	tn	152 043 826	154 714 762	131 378 087	141 931 105
Total material minado	tn	214 716 205	244 999 900	244 999 943	244 999 940

Fuente: Ingeniería, SPCC Toquepala, 2015.

Fases de minado

Este es el actual modelo de mina que se viene trabajando. Ahí se puede observar las diferentes fases de minado que se tiene. Actualmente se está trabajando las fases 3; 4 y 5.

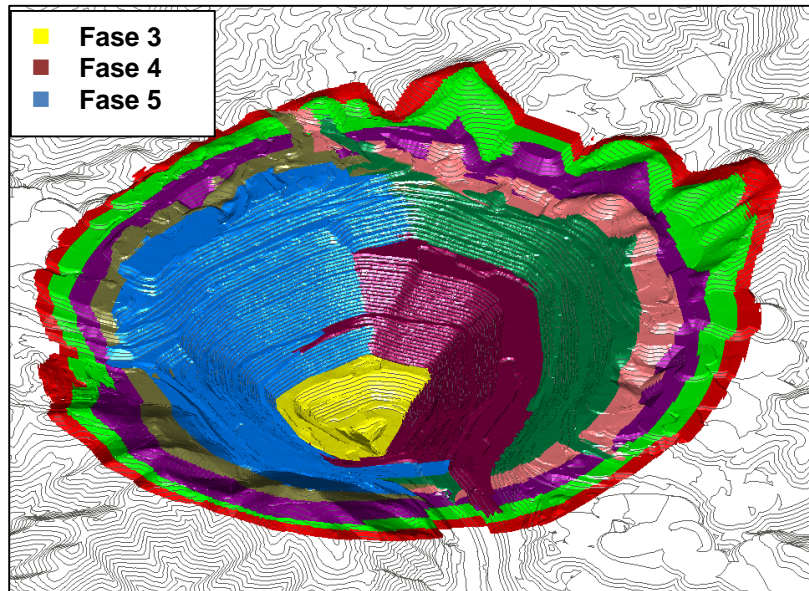


Figura 26. Plan de minado Toquepala.

Fuente: Ingeniería, SPCC Toquepala, 2015.

2.4.13. Técnica de perforación

a) **Perforación para producción - amortiguación.**- Los parámetros de perforación, están diseñados en función a las características geomecánicas y estructurales de los macizos rocosos:

- Diámetro de perforación: 11 y 12 ¼ pulgadas
- Malla de perforación: Patrón triangular equilátero de 6,5 m a 12 m.
- Longitud de perforación: 15 m.
- Sobre perforación: de 1,5 a 2 m.

b) Perforación para pre corte.- Los parámetros de perforación, están diseñados en función a las características geomecánicas y estructurales de los macizos rocosos:

- Diámetro de perforación: 5 pulgadas
- Espaciamiento de taladros: de 1,5 m a 2 m.
- Longitud de perforación: 16 m.
- Inclinación: de 65° a 80°.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

La metodología empleada para la ejecución de este trabajo se planificó considerando como tema principal la realización de un estudio técnico económico para la reducción de tiros cortados y tiros fallados partiendo desde el funcionamiento y causa raíz del problema, impactos económicos en voladura y cuáles son las propuestas a implementarse para su reducción.

3.1. Características de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El presente trabajo considera una investigación aplicada, del tipo explicativo, el tipo de ensayo que se ha realizado según una estrategia no experimental es de causa-efecto; la causa básica será la formulación de las condiciones contextuales por las que resultan los tiros cortados y tiros fallados como residuo post voladura.

3.1.2. Diseño de la investigación

Para efectos de contrastación de la hipótesis, se utilizó el diseño no-experimental, correlacional, causal. De causa – efecto.

3.1.3. Nivel de la explicación

El grado de profundidad con el que se ha realizado el presente trabajo de investigación ha considerado los niveles siguientes:

- Descriptiva,
- Correlacional, y
- Explicativa.

3.1.4. Método de investigación

Considerando el diseño, procedimiento y evaluación de la perforación y voladura, el método no experimental, explicativo correlacional – causal, determina la causa y efecto del tiro cortado y tiro fallado.

3.2. Población y muestra

La investigación se llevó a cabo en SPCC U.M. Toquepala. Con un registro de eventos desde el 01 de enero de 2016 hasta el 30 de noviembre de 2016. Sin embargo se tomó también, para efectos de estudio, otros eventos más representativos de mayo 2013.

Los eventos registrados se muestran en la figura 27, y se detallan en la tabla 8, de los cuales se tomó las más representativas para nuestro trabajo de investigación, cuya mejor apreciación se observa en el gráfico estadístico.

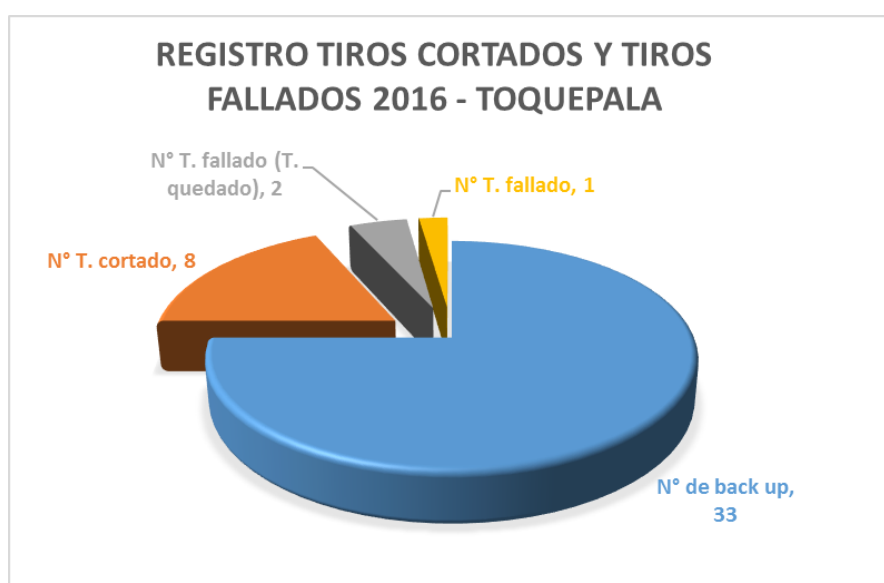


Figura 27. Gráfico estadístico de n° de incidencias en U.M. Toquepala

Fuente: Perforación y voladura, SPCC Toquepala, 2016.

Tabla 8

Registro de tiros cortados y tiros fallados enero 2016 – noviembre 2016 Toquepala.

Descripción	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	YTD 2016	% de incidencia
Costo total	\$	2 110 221	1 956 524	2 030 665	2 294 744	2 755 948	2 645 633	2 802 934	2 354 370	2 645 027	3 148 602	2 980 327		27 724 995	
Voladuras	N°	30	32	30	33	39	40	44	32	32	33	28		373	
Ton. disparadas	TM	11 979 866	9 203 215	11 336 520	12 970 329	14 053 304	15 680 493	14 100 202	10 914 546	11 653 113	14 120 838	12 587 028		138 599 444	
N° de back up	N°	3	4	4		2	3	4	2	3	4	4		33	75 %
N° T. cortado	N°		1	1		1		1		2	1	1		8	18 %
N° T. fallado (T. quedado)	N°							1				1		2	5 %
N° T. fallado	N°							1						1	2 %
Eventos:														44	

Fuente: Archivo departamento Perforación y Disparos SPOC.

3.3. Operacionalización de variables

Las variables con las que se determinarán el estudio técnico económico de los tiros cortados y tiros fallados serán establecidas, analizadas y evaluadas de acuerdo a diversas técnicas de investigación a lo largo de este trabajo y se registrarán por el siguiente esquema:

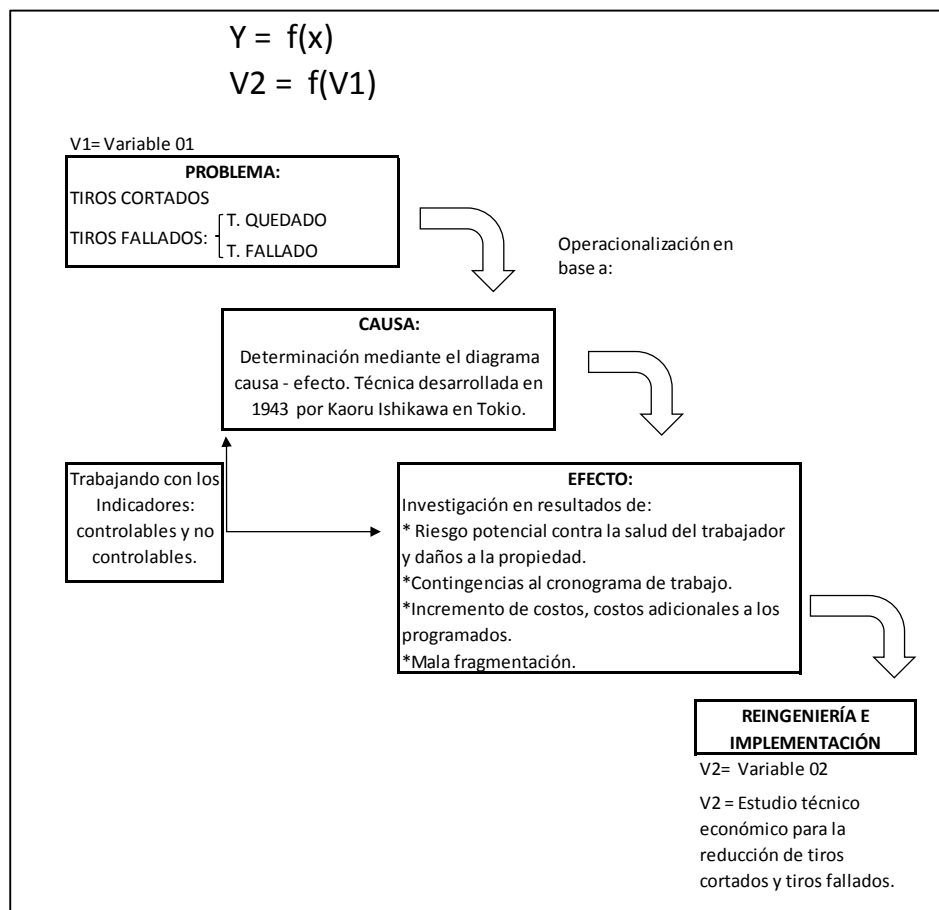


Figura 28. Esquema de operacionalización de variables.

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.

3.4.1. Técnicas y estrategia

El procedimiento de investigación bajo el cual se planteó el presente estudio, utilizó la técnica Ishikawa, denominada “diagrama de causa y efecto”, ésta técnica fue desarrollada por el Doctor Kaoru Ishikawa en 1953 definido la estructura de la investigación. Un diagrama de causa y efecto facilita recoger las numerosas variables por la que se origina los tiros cortados y tiros fallados. (Ver figura 29).

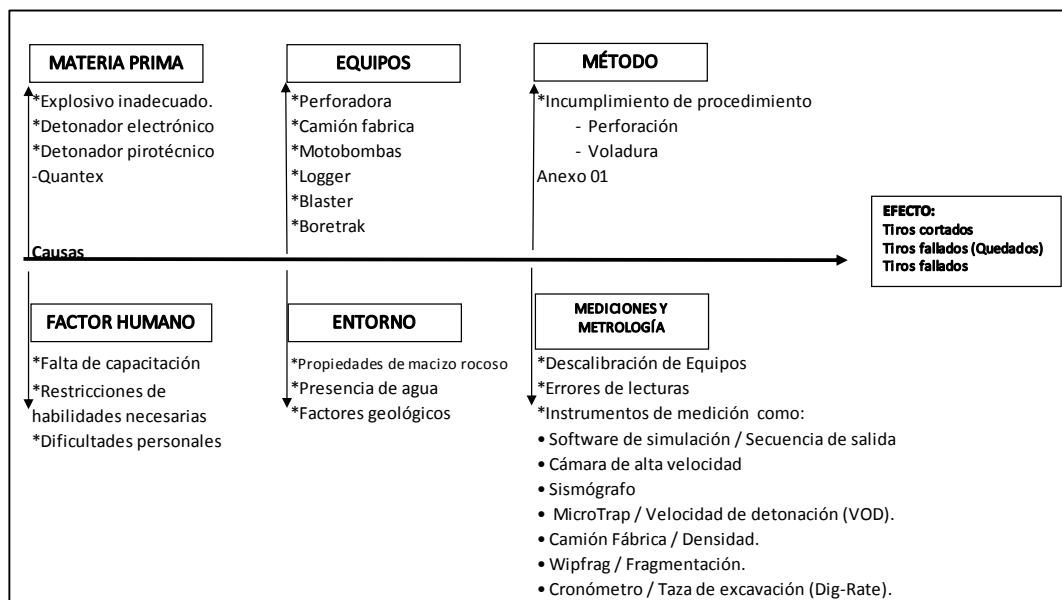


Figura 29. Diagrama causa – efecto del tiro cortado y tiro fallado.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Instrumentos

Los instrumentos utilizados son:

- Software de simulación / secuencia de salida
- Cámara de alta velocidad
- Sismógrafo
- Procedimiento escrito de trabajo seguro (PETS)
- MicroTrap / velocidad de detonación (VOD).
- Camión fábrica / densidad kg/cc.
- Wipfrag / fragmentación.
- Cronómetro / tasa de excavación (Dig-Rate).

3.5. Procesamiento y análisis de datos.

Primero se definió el problema identificando las causas del tiro cortado y tiro fallado desde 6 causas debidamente establecidas en la figura 29, que determina que las causas están definidas por materia prima, equipos, método, factor humano, entorno y mediciones / metrología. Por ello los resultados técnicos económicos de la investigación llevarán la siguiente estructura (resultados técnico económico de investigación de tiros cortados y tiros fallados), como:

I) Evaluación técnica.

a) Descripción del evento

- Proyecto.
- Diseño de voladura.
- Diseño de carguío de proyecto.
- Reporte del evento.
- Ubicación del tiro cortado o fallado.

b) Antecedentes del evento.

c) Causas del evento.

II) Evaluación económica del evento.

a) Consecuencias causales.

b) Efecto económico.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS TÉCNICOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Resultados del análisis de los productos utilizados

4.1.1. Test de explosivo usado

Se realizó el estudio del explosivo para determinar la velocidad de detonación utilizando el Microtrap, para los proyectos cuyos resultados promedios se muestran en la tabla 9, cuya elección óptima es la del H.A. - 46 para los proyectos y se especifica en la figura 30:

Tabla 9
Test de velocidad de detonación del heavy anfo

Anfo pesado	Densidad (g/cc)	VOD (m/s)
HA-37	1,05	4 800
HA-46	1,16	4 900
HA-45/55	1,21	5 100
HA-55	1,28	5 200
HA-64	1,30	4 700

Fuente: Informe asistencia técnica – EXSA (2016).

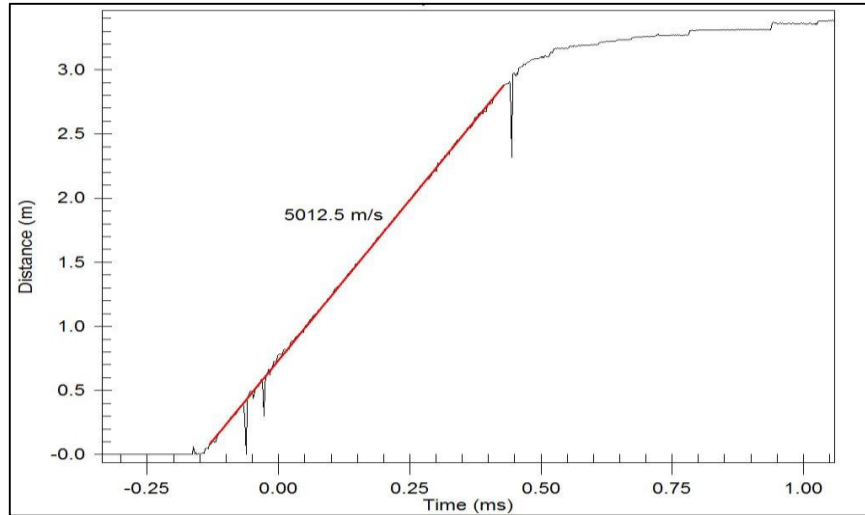


Figura 30. Velocidad de detonación del H.A.- 46.

Fuente: Informe asistencia técnica – EXSA (2016).

Sin embargo las pruebas a analizarse están en pruebas con el explosivo MEQ73 (Quantex73), por tener una mayor velocidad de detonación con su proporcionalidad en densidad final, tal como se muestra en la tabla 10. (fig. 31.)

Tabla 10
Velocidad de detonación de la MEQ73 según la densidad final

Densidad de MEQ73 (g/cc)	Densidad final (g/cc)	VOD (m/s)
1,38	1,21	5 793
	1,17	5 600
	1,15	5 453
	1,12	5 350
	1,09	5 172
	1,00	4 954

Fuente: Informe asistencia técnica – EXSA (2016).

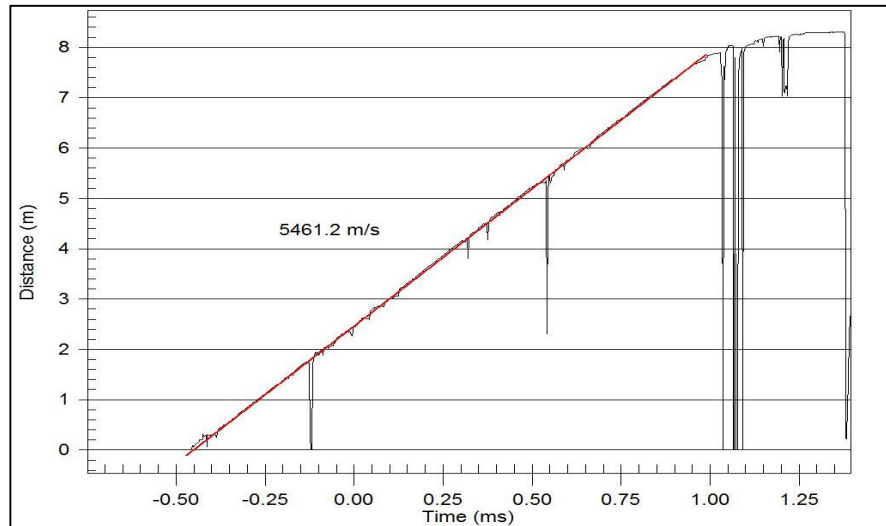


Figura 31. Velocidad de detonación de la MEQ73 con densidad 1,15 g/cc.

Fuente: Informe asistencia técnica – EXSA (2016).

4.1.2. Test del balance de oxígeno del explosivo

Se realizó el balance de oxígeno de la MEQ73 el cual se muestra en la tabla 11. En el cual se observa que es un balance de oxígeno negativo.

Tabla 11
Balance de oxígeno de la MEQ73

Agente	B.O. de cada agente (%)	B.O. de la MEQ73 (%)
Nitrato de amonio	+20	
Diésel 2	-336,85	-2,15
Emulsión G	-7,056	

Fuente: Informe asistencia técnica – EXSA (2016).

4.1.3. Test de detonador electrónico utilizado

Según el informe técnico desarrollado por Orica Mining Service (2012) presentación de producto I-kon, en unidad minera Toquepala de SPCC, bajo los siguientes datos técnicos:

- Número máximo de detonadores i-kon™ por logger: 200 Un.
- Tiempo máximo de retardo: 15 000 ms (15 s).
- Precisión del retardo: 0 – 1 300 ms: $\pm 0,13$ ms 1 301 – 15 000 ms: $\pm 0,01\%$.
- Longitud máxima del cable de conexión en cada logger 2 000 m (bajo condiciones ideales, sin fuga).
- Longitud máxima del cable de disparo entre logger y blaster: 1 000 m. Características del cable: resistencia 130 Ω /Km (bajo condiciones ideales, sin fuga).
- El detonador i-kon™ es resistente al agua y al impacto (presión dinámica) de 100 Mpa.
- Tiempo de operación del logger sin luz de pantalla: aproximadamente 10 horas (10 °C).
- El blaster 400 posee una capacidad de programar

hasta 400 detonadores i-kon™ (controla hasta 2 loggers con 200 detonadores por logger).

- Tiempo de operación del blaster 400: aproximadamente 2 horas.

Se llegó a los siguientes resultados:

a) Test de exactitud de tiempos.

Con relación a la exactitud de tiempos entre un detonador pirotécnico y un detonador electrónico se demuestra que la variación de exactitud en milisegundos en el detonador pirotécnico alcanza hasta un 7 %, tal resulta como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12
Test exactitud de tiempos, detonador I-kon

Posición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Detonador pirotécnico/ms	405	411	417	383	428	405	413	412	419	421
I-kon/ms	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Variación %	1,25 %	2,75 %	4,25 %	-4,25 %	7,00 %	1,25 %	3,25 %	3,00 %	4,75 %	5,25 %

Fuente: Presentación de producto I-kon, Orica Mining Service (2012).

b) Test de funcionamiento.

Según la Presentación de producto I-kon, Orica Mining Service (2012), el funcionamiento del detonador mediante el

pre logueo (en superficie), es del 100 %, demostrando de esta manera que las incidencias de fallo del producto son en su mayoría por factores operacionales, mientras que las restantes por factores de ambientales.

4.2. Fragmentación y excavación en voladura con tiro cortado

4.2.1. Test de fragmentación con 02 back up, 01 tiro cortado

Durante el estudio, se realizó un análisis de fragmentación al proyecto de voladura 3385-216 (pala 08) a la incidencia del tiro cortado (resultado técnico 01), usando el software WipFrag el cual el P80 está por debajo de 20 cm (fig. 34), representa una variación mínima en la fragmentación, pero significativa en la velocidad de excavación, (fig. 32).



Figura 32. Ubicación del tiro cortado.

Fuente: Informe asistencia técnica – EXSA (2016).



Figura 33. Fotografía del frente de minado para el análisis de fragmentación.

Fuente: Informe asistencia técnica – EXSA (2016).

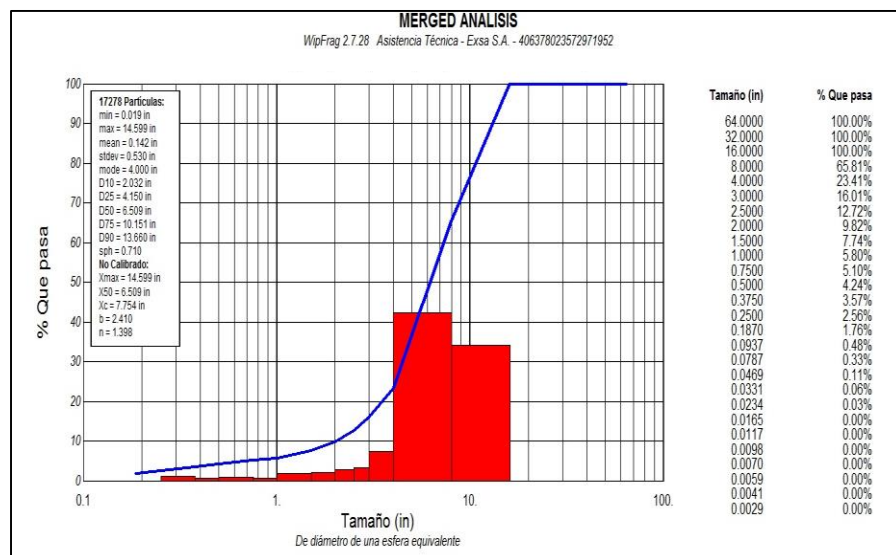


Figura 34. Análisis de fragmentación.

Fuente: Informe asistencia técnica – EXSA (2016).

4.2.2. Tasa de excavación con 02 back up, 01 tiro cortado

Los resultados de la tasa excavación de los equipos de minado se realizó con el software Split Shovel Online, los cuales fueron detonados con Quantex 73 (MEQ73), y explica en la figura 35, en el cual la tasa excavación está por debajo los 7 000 t/h en promedio, demostrando que la incidencia de los tiros fallados (en este caso tiro cortado) tiene repercusión negativa menor en la fragmentación de rocas.

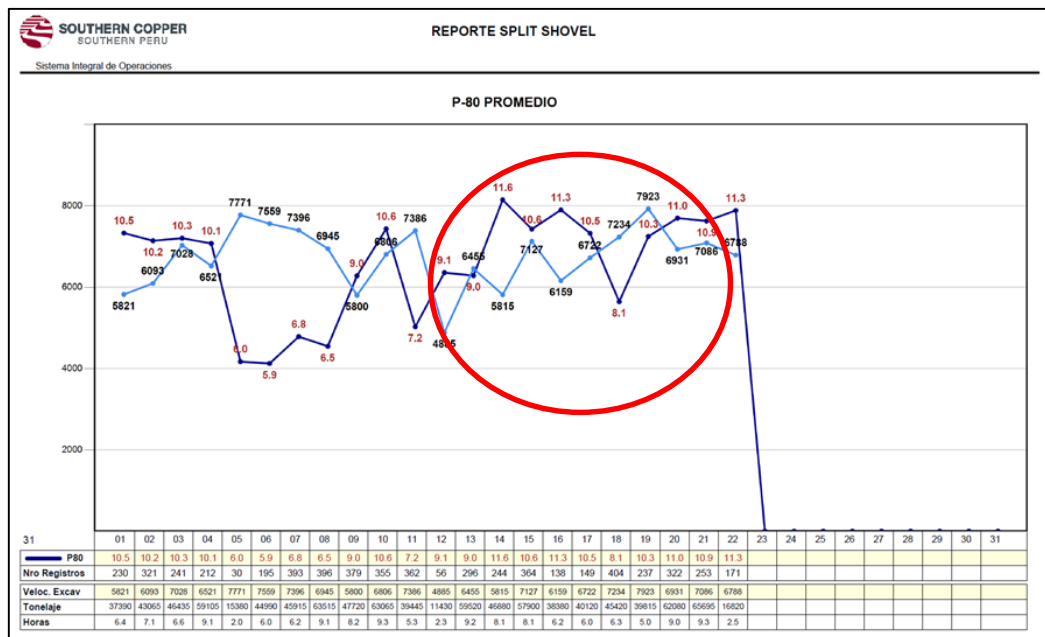


Figura 35. Velocidad de excavación vs P80 de la pala 08

Fuente: SPCC Toquepala, reporte Split shovel, julio 2016.

4.3. Fragmentación y excavación en voladura sin tiros cortados o tiros fallados.

4.3.1. Test de fragmentación óptima sin back up, sin tiros cortados o fallados.

Proyecto de voladura ejecutado 01 agosto 2016, después de la voladura, se realizó el análisis de fragmentación, usando el software WipFrag el cual realiza un foto-análisis en base a un punto referencial. Se observa una granulometría óptima.



Figura 36. Fotografía del frente de minado para el análisis de fragmentación.

Fuente: Informe asistencia técnica – EXSA (2016).

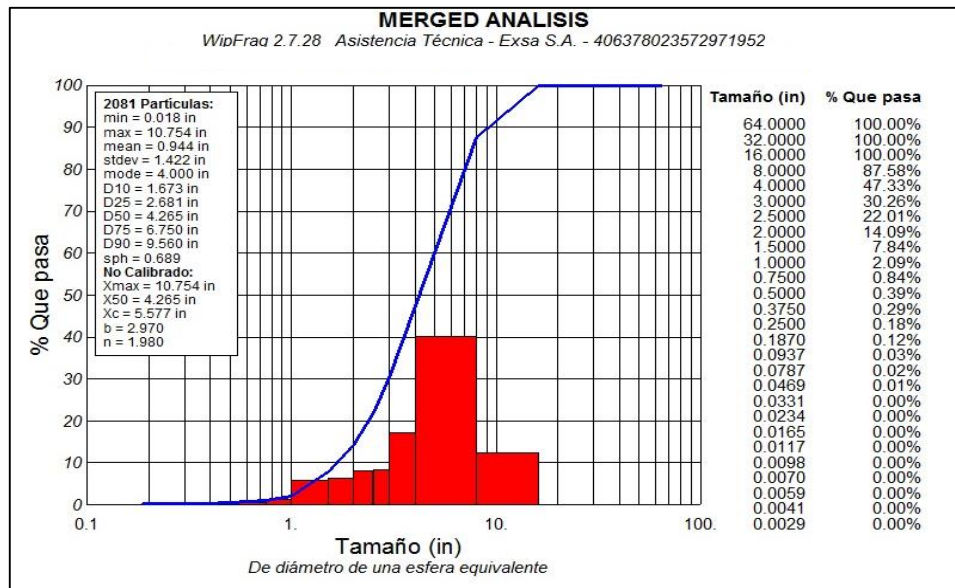


Figura 37. Análisis de fragmentación.

Fuente: Informe Asistencia Técnica – EXSA (2016).

Para obtener una base de datos confiable y real del análisis de fragmentación se utilizó el software Split Shovel Online, el cual está instalado en las palas y calcula la producción diaria y realiza constantemente el análisis de fragmentación (P80) el cual se explica en la figura 37.

4.3.2. Resultados de la tasa excavación sin back up, sin tiro cortado o fallado.

El análisis de la tasa excavación se realizó con el software Split Shovel Online, el cual se explica en la figura 38., la tasa excavación está sobre los 7 000 t/h en promedio.

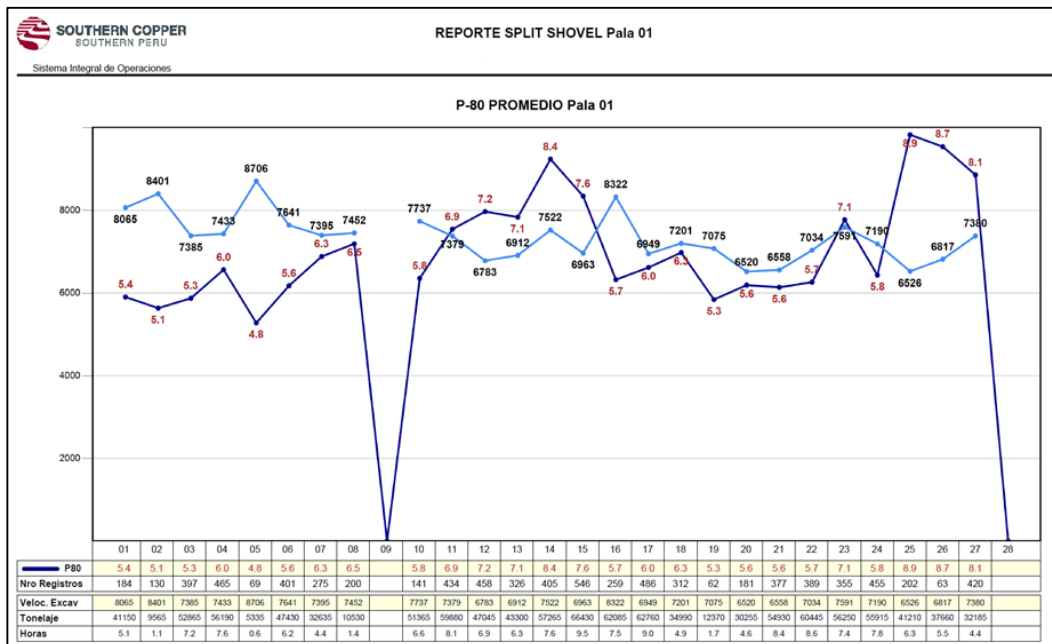


Figura 38. Velocidad de excavación vs P80 de la pala 01 – agosto.

Fuente: SPCC Toquepala, agosto 2016.

La tasa excavación de las palas no siempre se cumple por factores externos como clima, condiciones de suelo, apoyo auxiliar a la pala, calidad de voladura, etc. Se observa que en algunos casos la productividad de los equipos es mucho mayor a la tasa excavación ideal, lo que indica la importancia de proyectos de voladura sin tiros cortados o tiros fallados.

4.4. Resultado técnico 01 tiro cortado, proyecto 3385-216 pala 08

La recopilación de información para este proyecto de investigación, fue desarrollada el 17 julio del 2016, cuyo análisis e investigación se detallan a continuación:

4.4.1. Evaluación técnica

a) Descripción del evento

- **Proyecto 3385-216**

El día 13 de julio del 2016 se tuvo un disparo en la pala 8, en el proyecto 3385-216.

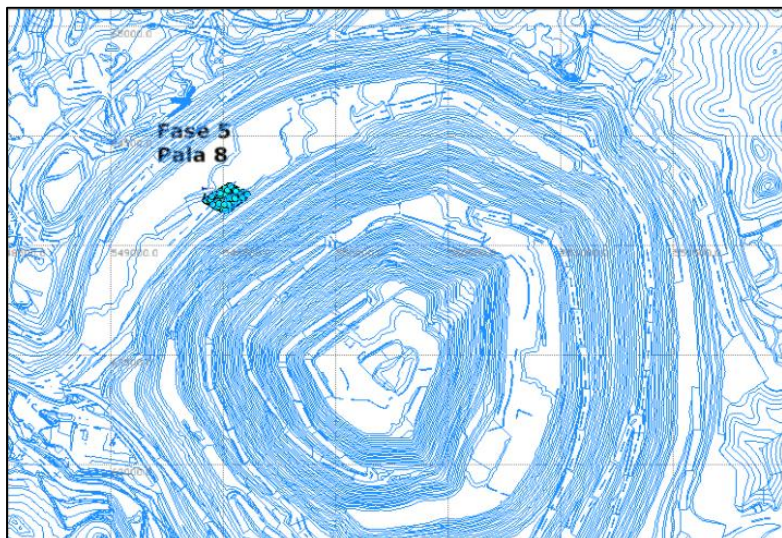


Figura 39. Ubicación del disparo en mina.

Fuente: Figura propia.

- **Diseño de voladura del proyecto 3385-216**

Se realizó el diseño de voladura con tiempos entre filas 100 ms y tiempo entre taladros: 7 ms. Secuencia de salida en “V”.

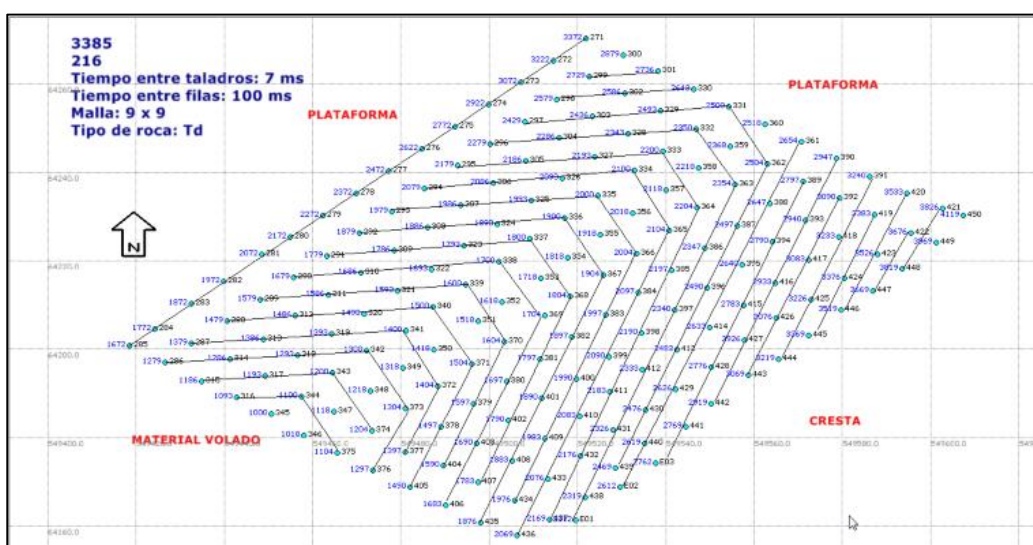


Figura 40. Diseño de voladura.

Fuente: Archivo oficina técnica OMS (2016).

- **Diseño de carguío del proyecto 3385-216**

El diseño de voladura del disparo es como se muestra en la figura 41., a continuación:

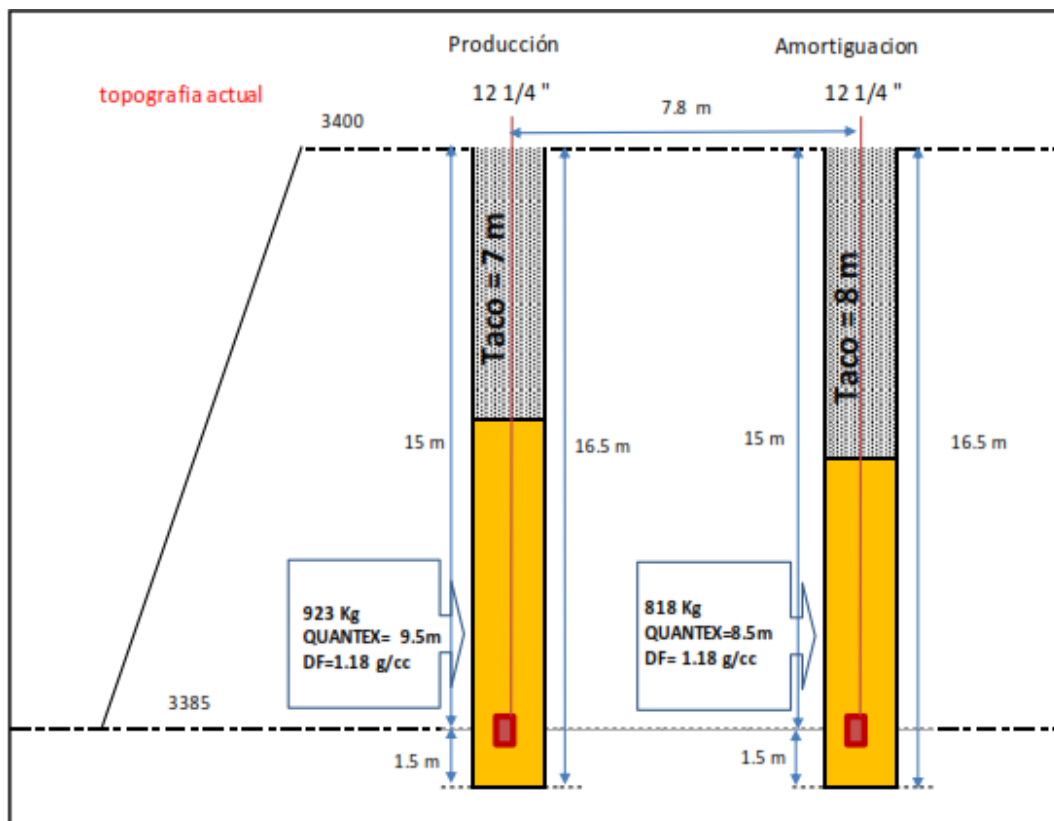


Figura 41. Diseño carguío de voladura.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

- **Reporte del tiro cortado en el disparo de pala 8**

A las 8:30 pm del día 16 de julio del 2016 el O 1 reportó que en el piso de la pala 8 se observaba carga explosiva (Quantex). Se realizó el "Procedimiento de desactivación de tiros cortados" (anexo 02), quedando para continuar con la tarea de desactivación para el día siguiente 17 de julio del 2016. Colocándose una berma

y cinta de seguridad alrededor de la zona involucrada.
(Ver figura 42, figura 43 y figura 44).



Figura 42. Zona donde se reportó el tiro cortado (líneas rojas).

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 43. Vista del taladro (tiro cortado) y la estaca del replanteo topográfico del taladro.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 44. Vista general de la zona donde se encontró el tiro cortado donde muestra la berma de seguridad

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

- **Ubicación del tiro cortado en el disparo de pala 8**

Se replanteó la ubicación del tiro cortado, siendo las coordenadas del mismo como se muestra en tabla 13:

Tabla 13
Coordenadas de tiro cortado caso 01

Replanteo topográfico del tiro cortado (Día 17-07-16)	ID del taladro	Coordenadas		
		X	Y	Z
	435	549 497,957	64 160,695	3 383,365

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

Al realizar la desactivación del tiro cortado, se encontró el booster y los detonadores electrónico (i-kon) y pirotécnico (fanel) en el fondo del taladro como se muestra en la figura 45 y figura 46. Después se procedió retirar la prima del taladro, obteniéndose los mismos (Ver figura 47).



Figura 45. Vista del cable del detonador electrónico (I-kon) encontrados en el fondo del taladro.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 46. Vista del booster con detonadores encontrados en el fondo del taladro.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 47. Vista del booster con los detonadores.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

b) Antecedentes del tiro cortado

Basándose en el punto de coordenadas proporcionado por el área de ingeniería SPCC Toquepala, se logró ubicar el taladro con el tiro cortado ID: 435, en el nivel 3385, proyecto 216 donde el personal de Orica había colocado 01 back up por no replica (corte) en el ID: 435, del proyecto 3385-216 como se aprecia en la figura 48.

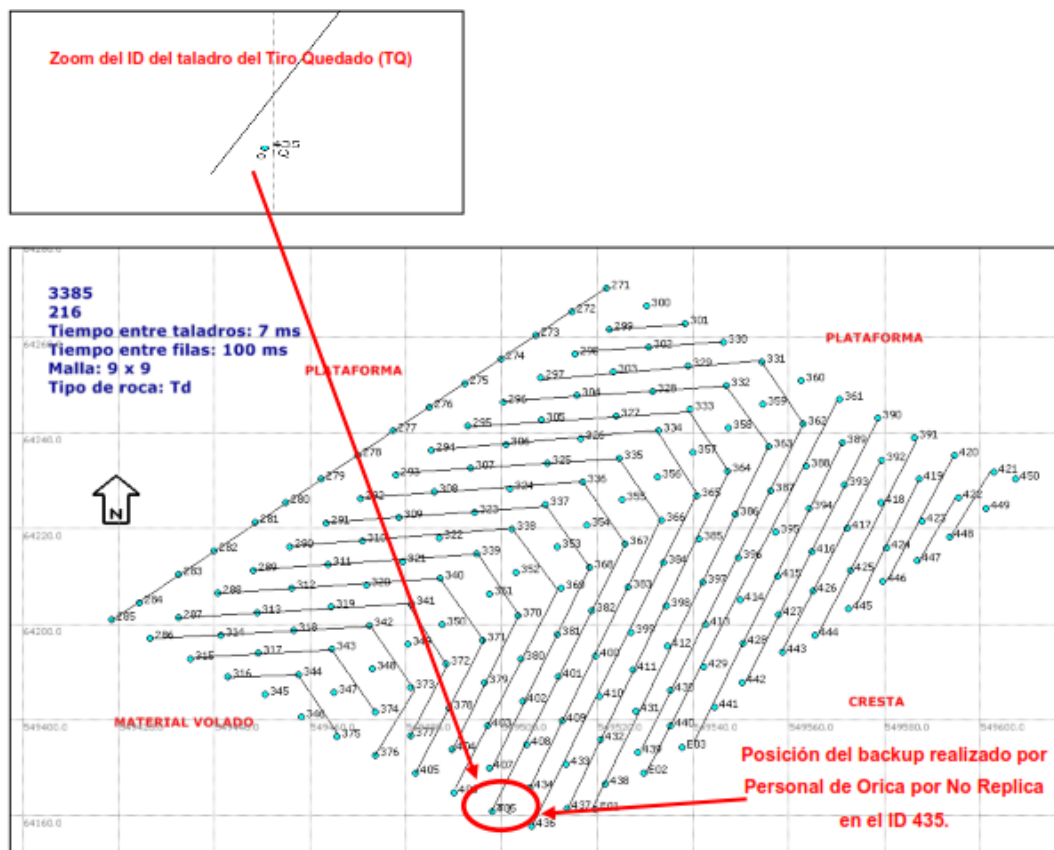


Figura 48. Importación de coordenadas de tiro cortado en diseño de voladura

Fuente: Archivo oficina técnica OMS (2016).

El equipo de Orica reportó el back up por no replica (corte) el mismo día del disparo. Señalando la ubicación del mismo el reporte de resumen de voladura enviado diariamente al B1. Coincidiendo con el del tiro cortado, siendo el ID 435 del disparo 3385-216. (Ver figura 48.)

Se recopiló los datos del taladro cargado por Exsa de su Reporte de carguío. Donde se aprecia que el taladro ID: 435, tuvo una altura de perforación de 17,5 m. (ver figura 49)

Tabla 14
Reporte de carguío de EXSA

Tal. N°	Agua (m)	Prof. Per. (m)	Prof. Act. (m)	Dif. Prof. (m)	Booster 2 lb	Booster 1 lb	Prima-det (ea)	Anfo (kg)	Hanfo (m)	Tipo de mezcla	Taco (m)	Deck (m)
435	---	17	17,5	---	1	1	1	---	998	73	7	---

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

EXPLOSIVOS TALADROS													
TOQUEPALA						FECHA: 13-07-16			TONS NITRATO: _____				
DISPARO INGENIERIA: 3385216						N° DISPARO: _____			TONS EMULSION: _____				
HOJA: 01 de _____						VIAJE: 01			GALS PETROLEO: _____				
TOLVA: 010-868						NOMBRE: NCTI							
N°	TAL. N°	AGUA (m)	PROF. PED. (m)	PROF. ACT. (m)	DIF. PROF. (m)	BOOS-TER 2 LB	BOOS-TER 1 LB	PRIMA-DET (ea)	ANFO (kg)	HANFO (kg)	TIPO DE MEZCLA	TACO (m)	DECK (m)
1			17	17		1	1	1		840	73	7	
2			17	17		1	1	1		845	73	7	
3			17	14		1	1	1		630	73	7	
4			17	17,5		1	1	1		578	73	7	
5			17	15		1	1	1		735	73	7	
6	356		17	16,8		1	1	1		924	73	7	
7			17	17		1	1	1		945	73	7	
8			17	16		1	1	1		840	73	7	
9			17	16		1	1	1		840	73	7	
10			17	18		1	1	1		1050	73	7	
11	425		17	17		1	1	1		945	73	7	
12	426		17	16		1	1	1		840	73	7	
13			17	14,5		1	1	1		683	73	7	
14	322		17	16		1	1	1		840	73	7	
15	435		17	17,5		1	1	1		998	73	7	
16	357		17	17		1	1	1		945	73	7	
17			17	17,5		1	1	1		998	73	7	
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													

Figura 49. Reporte de carguío de Exsa.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

Se procedió a conectar el detonador electrónico (I-kon) al logger para ver si estaba activo o no. Resultando en el reconocimiento del mismo como se muestra en la figura 50.



Figura 50. Reconocimiento del detonador electrónico (I-kon) encontrado en el Logger.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

Las primas recuperadas después de la desactivación se detonaron por completo.

c) Causa del evento del tiro cortado

La causa es netamente operacional debido al incumplimiento del procedimiento de tapado de los taladros que causan cortes en la línea descendente de los detonadores tanto electrónicos (I-kon) como pirotécnicos (fanel).

4.4.2. Evaluación económica

a) Consecuencias causales

Netamente operacionales, por su ubicación topográfica (cerca a cresta), sus consecuencias solo se reducen a:

- Aplicación de procedimiento de desactivación de tiros cortados. (ver anexo 2)
- Remoción de material fragmentado deficiente (uso de tractor oruga D8).

b) Efecto económico

El costo del proyecto 3385-216, presenta las siguientes características como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15
Proyecto 3385-216

Tonelaje total	
Área de influencia:	81 m ²
Volumen por taladro:	1 337 m ³
Número de taladros:	183
Volumen total:	244 579,5 m ³
Densidad de la roca:	2,76 g/cc
Tonelaje:	675 039,42 tn
Factor de carga (kg/tn):	0,25
Costo por tonelaje (\$/tn):	0,21

Fuente: Elaboración propia.

El costo de voladura del proyecto 3385-216 asciende a \$ 141 977,3 dólares como se muestra en la tabla 16, y el costo del evento asciende a 727,33 \$, que representa el incremento del 0,5 % del coste del proyecto (observar en la tabla 26), a continuación se mostrarán las demás tablas de detalles .

Tabla 16
Resumen de costos de perforación y voladura del proyecto

Costos	\$	\$/tn
Costos por perforación	33 214,5	0,05
Costo por explosivo	94 649,8	0,14
Costo por accesorios	11 825,5	0,02
Costo por labor	2 287,5	0,003
Costo total:	141 977,3	0,21

Fuente: Elaboración propia.

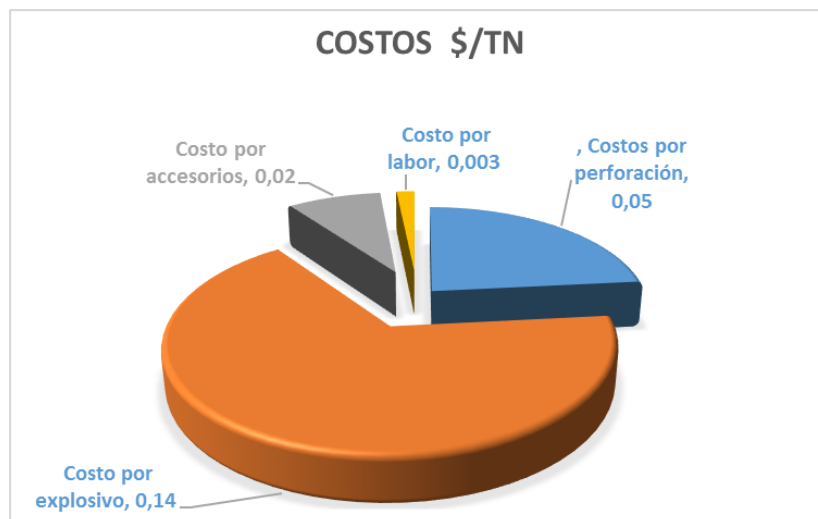


Figura 51. Costos del proyecto \$/tn

Fuente: Elaboración Propia.

La descripción de los costos de la tabla 16., se pueden apreciar en las tablas 17, 18, 19, 20, y 21.

Tabla 17
Consumo de explosivo proyecto 3385 - 216

Cantidad de explosivos			
Cantidad de taladros	N° Tal.	Explosivo por taladro	Consumo Total
Tal. Amortiguación	33	818	26 994,0
Tal. Producción	150	923	138 450,0
		Total:	165 444,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18
Costo de perforación del proyecto 3385 - 216

Cantidad de taladros	N° Tal.	Costo por Tal. perforado	Costo total (\$)
Tal. Amortiguación	33	181,5	5 989,5
Tal. Producción	150	181,5	27 225,0
Total:			33 214,5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19
Costo de explosivo del proyecto 3385 - 216

Cantidad de taladros	N° Tal.	Costo explosivo por taladro	Costo total (\$)
Tal. Amortiguación	33	\$ 471,23	15 550,5
Tal. Producción	150	\$ 527,33	79 099,3
Total:			94 649,8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20
Costo accesorios de perforación del proyecto 3385 - 216

Cantidad de taladros	N° Tal.	Costo accesorio por taladro	Costo total (\$)
Tal. Amortiguación	33	64,62	2 132,5
Tal. Producción	150	64,62	9 693,0
Total:			11 825,5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21
Costo por labor del proyecto 3385 - 216

Cantidad de taladros	N° Tal.	Costo por taladro	Costo total (\$)
Tal. Amortiguación	33	12,5	412,5
Tal. Producción	150	12,5	1 875,0
Total:			2 287,5

Fuente: Elaboración propia.

El costo del tiro cortado (columna cargada) es:

Tabla 22
Resumen costo eventual tiro cortado

Resumen costo tiro cortado	
Explosivo:	471,23 \$
Equipo pesado:	180 \$
Costo desactivación:	76,1 \$
Penalidades por contrato:	0 \$
Pérdidas materiales:	0 \$
Sanciones legales:	0 \$
Total:	727,33 \$

Fuente: Elaboración propia.

Dichos resultados se pueden corroborar con las tablas 23, 24, 25.

Tabla 23
Costo del taladro cortado (explosivo)

Taladro de amortiguación		3385-216 (detonador ID 435)		
Costo por taladro	Unidad	P.U. \$	Cantidad	Costo (\$)
Quantex 73	Kg	0,5343	818	437,06
Fanel primadet	EA	2,39	1	2,39
Detonador electrónico	EA	24	1	24,00
Cable de conexión	m	0,22	8	1,76
Booster 2Lb	EA	6,02	1	6,02
Costo Total:				\$ 471,23

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24
Costo equipo utilizado para descubrimiento del tiro cortado.

Equipo	Modelo	Hrs	\$/hr	Capacidad (yd ³)	Capacidad (TM)	Costo Total (\$)
Cargador frontal	CAT 992	1,5	120	16	22	180

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25
Costo labor desactivación tiro cortado

Costo desactivación de tiro cortado		Desactivación (hrs): 2,5	
Mano de obra	Costo	Uni.	Costo Total
Supervisor	12,32	\$/h-h	30,8 \$
Operario de voladura	9,61	\$/h-h	24,0 \$
Ayudante	8,51	\$/h-h	21,3 \$
Total:			76,1 \$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26
Impacto económico

Impacto económico	
Costo proyecto:	141 977,30 \$
Costo evento tiro cortado:	727,33 \$
Porcentaje:	0,5 %

Fuente: Elaboración propia.

Se concluye en la tabla 26, el costo del tiro cortado representa el 0,5 % del costo total del proyecto.

4.5. Resultado técnico 02, tiro fallado (T. quedado) en proyecto 3385 219/220

El presente resultado técnico fue desarrollado para este trabajo de investigación, el 26 julio del 2016, cuyo análisis e investigación se detallan a continuación:

4.5.1. Evaluación técnica

a) Descripción del evento

- **Proyecto 3385 219-220**

El día 25 de julio del 2016 se tuvo un disparo en la fase 5, en el nivel 3385, proyecto 219-220.

- **Diseño de voladura del proyecto 3385 219-220**

Se realizó el diseño de voladura con:

- ✓ Tiempo taladro: 7 ms
- ✓ Tiempo fila: 100 ms
- ✓ N° de back up: 01
- ✓ N° de Logger: L1 = 132, L2 = 110 detonadores.
- ✓ 01 back-up en el taladro de ID 367 (no reply)

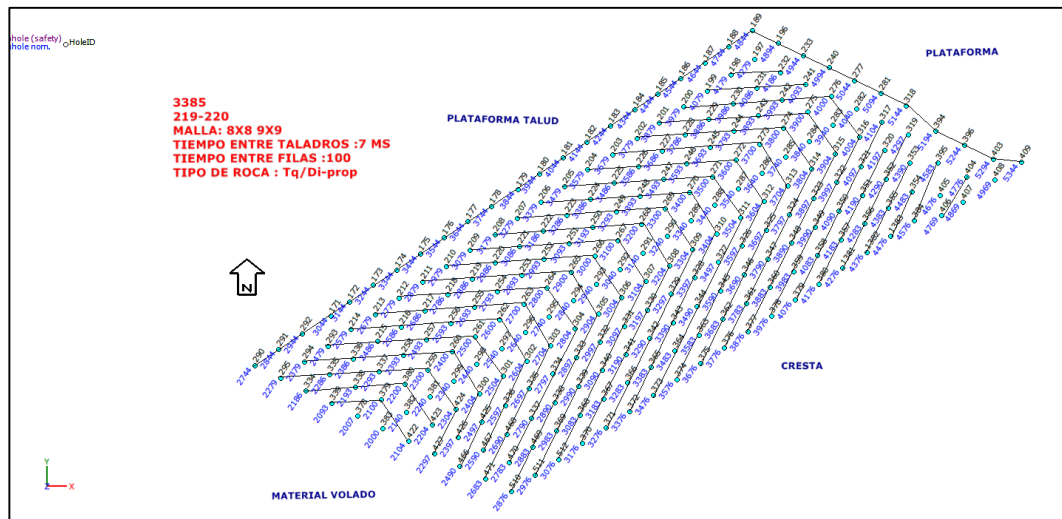


Figura 52. Diseño de voladura 3385 219-220.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

- **Diseño de carguío del proyecto 3385 219-220**

El diseño de voladura del disparo es como se muestra en la figura 53. A continuación:

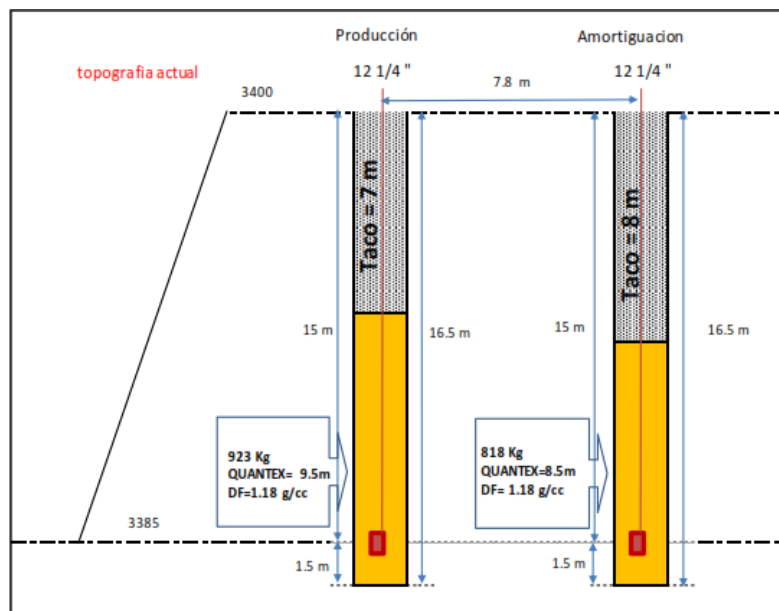


Figura 53. Reporte de carguío de Exsa.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

- **Reporte del tiro fallado (T. quedado)**

- i. **Pre-evento**

El día 23 de julio Exsa programa realizar el avance del tapado de taladros del proyecto de voladura nv 3385, proyecto 219-220, para pala 05, malla total de 242 taladros. De los cuales en la fecha del 23 de julio se realiza el avance del carguío y tapado de 150 taladros. El personal encargado del avance de tapado de taladros pertenece a la

guardia A y se asignó a tres colaboradores.

ii. Evento

Se programó disparo en el nv 3 385, proyecto 219-220, para pala 05, un total de 242 taladros; Al realizar amarre Orica detecta que en el taladro 367 del proyecto 219 el detonador electrónico se muestra como no replica (no detecta el detonador), por lo tanto, se realiza un back up que se asigna tiempo 0 ms, después del disparo Exsa ingresa a verificar el disparo, y da conformidad del disparo a SPCC. En horas de la tarde siendo 4:45 pm aproximadamente, asistencia técnica Exsa y Orica revisan el video de voladura, donde se puede notar que el taladro con back up no había detonado y se procede a comunicar a Exsa y SPCC, encargado de turno. Se verifica en campo y se señala el área con cinta y letrero.

iii. Post evento

Siendo el día 31 de julio del 2016, la pala 05 realiza el minado en el frente nivel 3385, llega al

límite del área señalizada del tiro cortado (inicialmente, posteriormente se determina como tiro quedado), se identifica a 4 m del nivel del piso la ubicación del fulminante del fanel el cual se encontró detonado en la columna explosiva. Seguidamente se procede a descubrir e inyectar agua a presión con cisterna. (ver figura 56, figura 57 y figura 58).

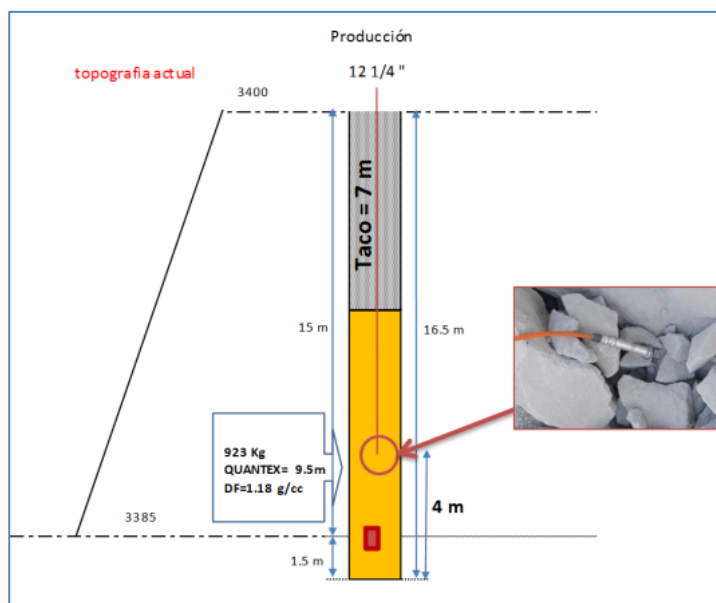


Figura 54. Reporte de carguío de Exsa (2).

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

El día 01 de agosto, identificado el tiro cortado topográficamente se realiza la excavación

manual, a una profundidad aproximada de 0,5 m. encontrando el booster triturado en su estructura. Se continuó con la identificación y búsqueda del fulminante electrónico, la misma que no se encontró en el terreno.

- **Ubicación del tiro fallado (T.Q.) disparo en pala 8**

Se replanteó la ubicación del tiro fallado (T. quedado), siendo las coordenadas del mismo como se muestra en la tabla 27:

Tabla 27
Coordenada de tiro fallado (T.Q.)

Replanteo topográfico del tiro Fallado (T. quedado)	ID del taladro	Coordenadas		
		X	Y	Z
	367	54 9480,957	64 135,695	3 385,365

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016)



Figura 55. Proyecto 3385 219-220.

Fuente: Figura propia.

Se presenta las imágenes durante el evento, cuando se encontró el fanel fuera del booster, quemado.



Figura 56. Identificación de la columna de carga del taladro.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 57. Retiro del fulminante del fanel.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

b) Antecedentes del tiro fallado (T.Q.)

Basándose en el punto de coordenadas proporcionado por el área de ingeniería, se logró ubicar el taladro con el T.Q., ID: 367.

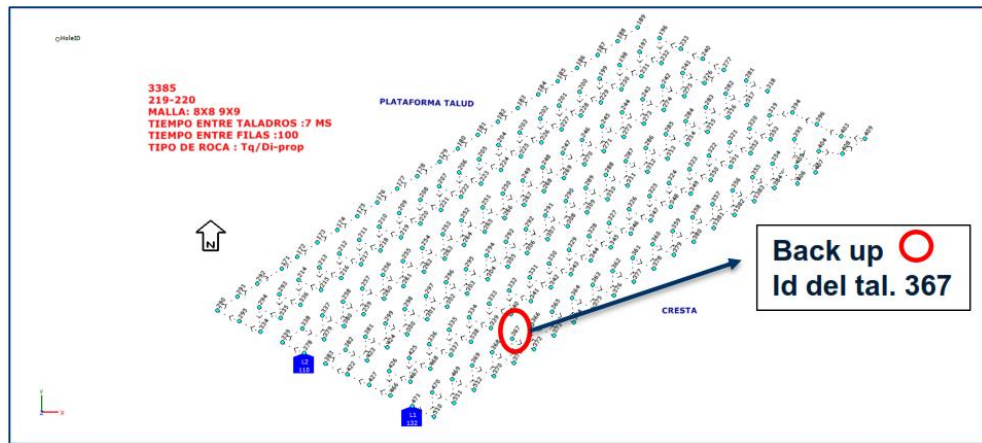


Figura 58. Malla de distribución de taladros Nv-3385, fase V- pala 05.

Fuente: Archivo oficina técnica OMS (2016).

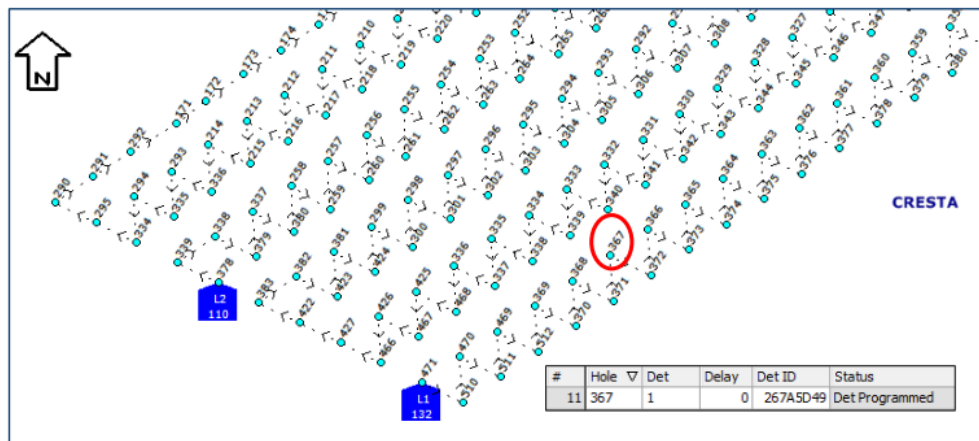


Figura 59. Asignación de tiempo 0 ms al back up.

Fuente: Archivo oficina técnica OMS (2016).

El equipo EBS de Orica reportó el back up por no replica (corte) el mismo día del disparo. Señalando la ubicación del mismo el reporte de resumen de voladura enviado diariamente al S.P.C.C.



Figura 60. Back up.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

Posterior a la voladura se pudo recuperar el tiro fallado (T. quedado) como se aprecia en las siguientes imágenes figura 61, 62.



Figura 61. Excavación manual del punto identificado de tiro quedado.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 62. Identificación del booster en la excavación. Tiro quedado.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 63. Identificación del booster en la excavación.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 64. Identificación del booster, restos de cordón en fabricación.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

c) Causa del evento del tiro fallado (T.Q.)

La investigación del tiro fallado (tiro quedado), por

ser este un riesgo alto con potencial de pérdida alta, como un “Accidente”:

- Tipo de contacto : explosivos / tiro cortado
- Días perdidos estimados : ninguno
- Origen : acto y condición sub-estándar
- Previsión : previsible.
- Potencial de pérdida: alto
- Probabilidad de ocurrencia: bajo
- Nivel de riesgo: alto

I. Causas inmediatas

i. Acto sub estándar:

- **Omisión de advertir:** No se colocó correctamente el fanel en el inserto del booster: esto permitió que se salga del inserto y quede expuesto en la columna explosiva a una altura de 4 m del piso, ocasionando que el back up no se inicie, debido que el fulminante no tiene la energía suficiente para activar la columna explosiva, en un taladro de diámetro 12 ¼” y

altura de carga explosiva final de 9,5 m.

- **Tapado deficiente de taladro:** Personal involucrado en el tapado de taladros, no cumple con el correcto tapado, lo cual ocasiona el corte del cable del detonador electrónico I-kon.

II. Causas básicas

i. Acto sub estándar:

- **Rutina / monotonía en el trabajo-tarea:** Actividades repetitivas con frecuencia, lo cual conlleva a descuido en la manipulación y preparación de primas, insertando la prima al taladro con posible contacto con las paredes del taladro, y como consecuencia sea expulsado el fanel del inserto del booster.
- **Evaluación incorrecta de exposición a pérdida:** El personal que realiza el tapado de taladros, no evalúa el riesgo que puede ocasionar un mal tapado de taladros.

ii. Factores de trabajo:

- **Instrucción, orientación o entrenamiento**

Personal que realiza el trabajo de primado y tapado de taladros no cumple con su procedimiento de trabajo.

4.5.2. Evaluación económica

a) Consecuencias causales

Operacional, por estar en cerca de cresta de talud, sus consecuencias se reducen a:

- Aplicación de procedimiento de desactivación de tiros cortados. (ver anexo 2).
- Remoción de material fragmentado deficiente (uso de tractor oruga D8).
- Excavación de zona de influencia tiro fallado (tiro quedado.) (Uso de tractor oruga excavadora 992 / 16 yd^3).

b) Efecto económico

El proyecto 3385 219-220, presenta las siguientes

características como se muestra (tabla 28. y 29.)

Tabla 28
Información de proyecto 3385 219-220

Información del proyecto de voladura	
Banco:	3385
Proyecto:	219 - 220
Tipo de roca:	Tq / Di-prop
N° de taladros:	242
Tiempo de taladro:	7 ms
Tiempo de fila:	100 ms
Malla: 8x8, 9x9	9x9
Diametro del taladro:	12 1/4" \approx 311,15 mm
Tipo de explosivo:	Quantex MEQ73
Factor de carga:	0,25
P80 (cm):	19,8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29
Requerimiento proyecto 3385 219-220

Tonelaje total	
Área de influencia:	81 m ²
Volumen por taladro:	1 337 m ³
Número de taladros:	242
Volumen total:	323 433,0 m ³
Densidad de la roca:	2,76 g/cc
Tonelaje:	892 675,08 Tn
Factor de carga (kg/tn):	0,25
Costo por tonelaje (\$/tn):	0,21

Fuente: Elaboración propia.

El costo de voladura del proyecto 3385 219-220, asciende a 188 965,4 \$, como se muestra en la tabla 30, y

el costo del evento asciende a 1 365,47 \$, que representa el 0,7 % del costo original del proyecto. Como se puede ver en la tabla 36.

Tabla 30
Resumen de costos de perforación y voladura del proyecto

Costos	\$	\$/tn
Costos por perforación	43 923,0	0,05
Costo por explosivo	126 379,4	0,14
Costo por accesorios	15 638,0	0,02
Costo por labor	3 025,0	0,003
Costo total:	188 965,4	0,21

Fuente: Elaboración propia.

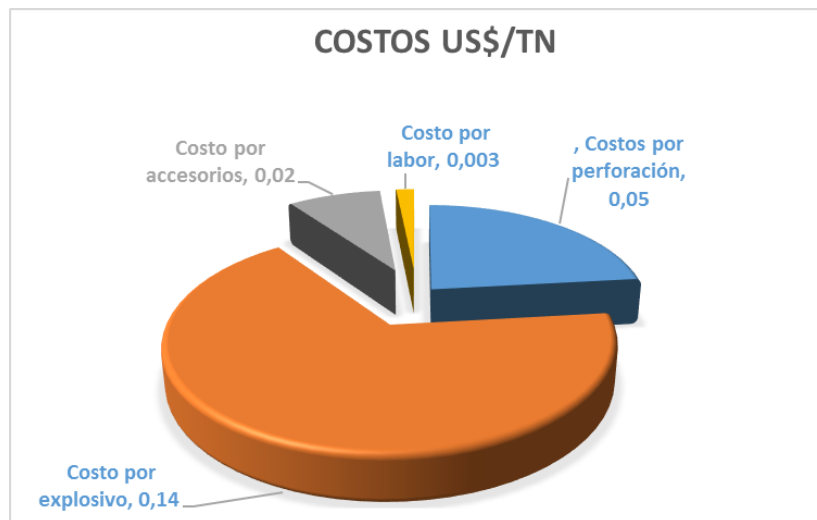


Figura 65. Costos del proyecto 3385 219-220 US\$/tn.

Fuente: Elaboración propia.

Dichos resultados pueden corroborarse con las tablas 31, 32, 33, 34, 35.

Tabla 31
Consumo de explosivo del proyecto 3385 219-220

Cantidad de explosivos			
Cantidad de taladros	N° Tal.	Explosivo por taladro	Consumo Total
Tal. Amortiguación	22	818	17 996,0
Tal. Producción	220	923	203 060,0
		Total:	221 056,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32
Costo de perforación del proyecto 3385 219-220

Costo por perforación			
Cantidad de taladros	N° Tal.	Costo por Tal. perforado	Costo total (\$)
Tal. Amortiguación	22	181,5	3 993,0
Tal. Producción	220	181,5	39 930,0
		Total:	43 923,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33
Costo de Explosivo del proyecto 3385 219-220

Costo por explosivo			
Cantidad de taladros	N° Tal.	Costo explosivo por taladro	Costo total (\$)
Tal. Amortiguación	22	\$ 471,23	10 367,0
Tal. Producción	220	\$ 527,33	116 012,4
		Total:	126 379,4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34
Costo de accesorios de perforación del proyecto 3385 219-220

Cantidad de taladros	N° Tal.	Costo accesorio por taladro	Costo total (\$)
Tal. Amortiguación	22	64,62	1 421,6
Tal. Producción	220	64,62	14 216,4
Total:			15 638,0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 35
Costo por labor del proyecto 3385 219-220

Cantidad de taladros	N° Tal.	Costo por taladro	Costo total (\$)
Tal. Amortiguación	22	12,5	275,0
Tal. Producción	220	12,5	2 750,0
Total:			3 025,0

Fuente: Elaboración propia.

El costo del tiro fallado se observa en la tabla 36:

Tabla 36
Resumen costo eventual tiro fallado (T. quedado) del proyecto 3385 219-220

Resumen costo tiro quedado	
Explosivo:	527,33 \$
Equipo pesado:	731,6 \$
Costo desactivación:	106,54 \$
Penalidades por contrato:	0 \$
Pérdidas materiales:	0 \$
Sanciones legales:	0 \$
Total:	1 365,47 \$

Fuente: Elaboración propia.

Cuyos Valores se detallan en las tablas 37, 38, 39.

Tabla 37
Costo del tiro fallado, (T. quedado, explosivo) del proyecto 3385 219-220

Taladro de amortiguación		3385 219-220 (detonador ID 367)		
Costo por taladro	Unidad	P.U. \$	Cantidad	Costo (\$)
Quantex 73	Kg	0,5343	923	493,16
Fanel primadet	EA	2,39	1	2,39
Detonador electrónico	EA	24	1	24,00
Cable de conexión	m	0,22	8	1,76
Booster 2Lb	EA	6,02	1	6,02
Costo total:				\$ 527,33

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38
Costo equipo utilizado para el tiro fallado (T.Q.) del proyecto 3385 219-220

Equipo	Modelo	Hrs	\$/hr	Capacidad	Capacidad	Costo total (\$)
Cargador frontal	CAT 992	2,5	120	16 yd ³	22 TM	300 \$
Cisterna con agua	332	3,5	60	----	----	210 \$
Tractor D10N	T101		181,8	17,2 m ³	----	0 \$
Tractor D9N	F966	1	221,6	11,9 m ³	----	221,6 \$
Motoniveladora	M161		53,6	----	----	0 \$
Total:						731,6 \$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39
Costo labor desactivación del tiro fallado (T.Q.) del proyecto 3385 219-220

Costo desactivación de tiro fallado		Desactivación (hrs): 3,5	
Mano de obra	Costo	Uni.	Costo Total
Supervisor	12,32	\$/h-h	43,1 \$
Operario de voladura	9,61	\$/h-h	33,6 \$
Ayudante	8,51	\$/h-h	29,8 \$
Total:			106,54 \$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40
Impacto económico del tiro fallado (T.Q.) proyecto 3385 219-220

<u>Impacto económico</u>	
Costo proyecto:	188 965,4 \$
Costo evento tiro quedado:	1 365,47 \$
Porcentaje:	0,7 %

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla 40, el costo del tiro fallado (tiro quedado) representa el 0,7 % del costo total del proyecto.

4.6. Resultado técnico 03 tiro fallado (T.C. y T.Q.) con pérdidas materiales.

La recopilación de información del evento del tiro fallado (tiro cortado y tiro quedado), fue desarrollada el 13 de julio del 2016.

4.6.1. Evaluación técnica

a) Descripción del evento

- **Proyecto 3070 – 195 pala 06 / pre corte**

El día 22 de junio de 2016, se cargó los taladros con Famecorte, en el nivel 3070, proyecto 195, pala 06.

- **Diseño de voladura del proyecto 3070 – 195**

El diseño de iniciación de voladura de pre corte cuenta con 89 taladros perforados y 57 cargados como se aprecia en la figura 66. Se inició en el taladro N°1 045 en tiempo 0 ms y en el taladro n° 1 102 en tiempo 25 ms, posteriormente secundario y primario. Como se aprecia en la figura 67.

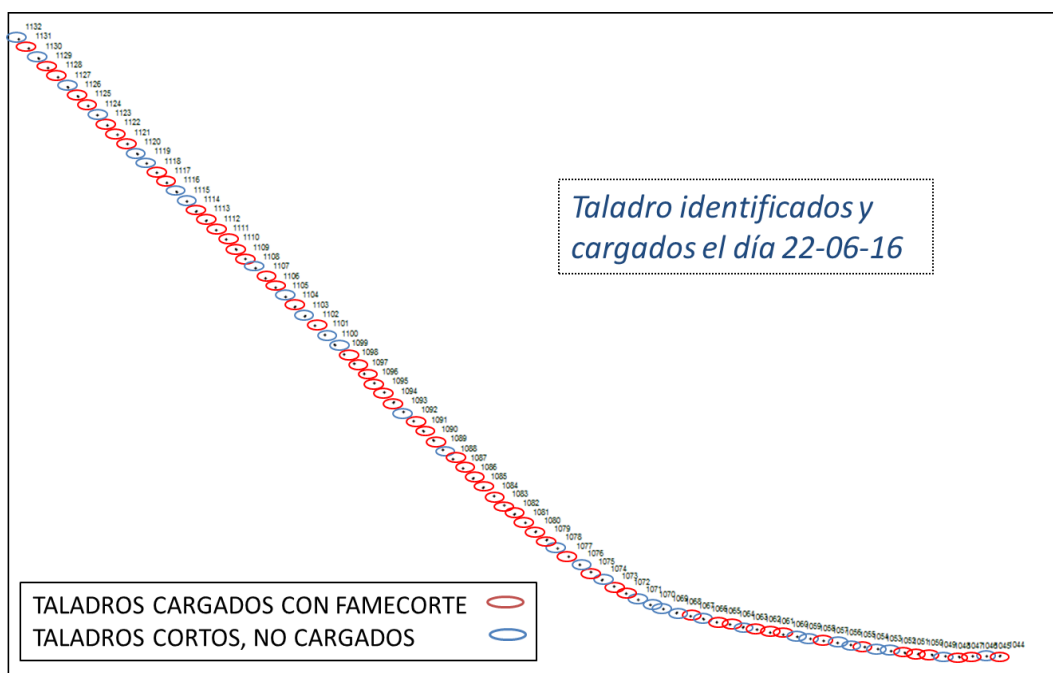


Figura 66. Identificación de taladros cargados proyecto 3070 - 195.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

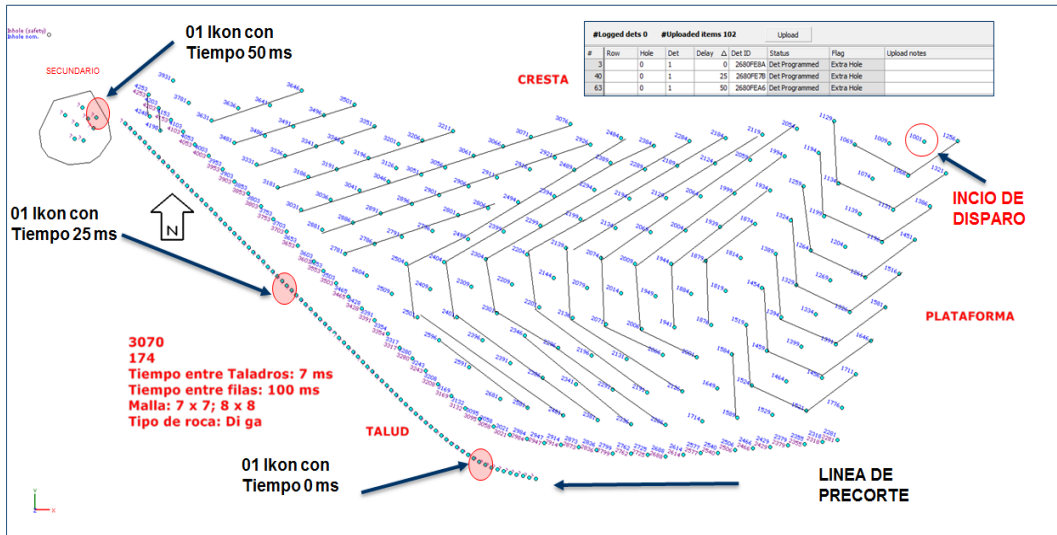


Figura 67. Secuencia de salida de proyectos 3070 – 195 / 174.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016)

- **Diseño de carguío del proyecto 3070 – 195**

El espaciamiento del diseño e de 1,5 m, 15,50 kg de famecorte. Como se muestra en la figura 68.

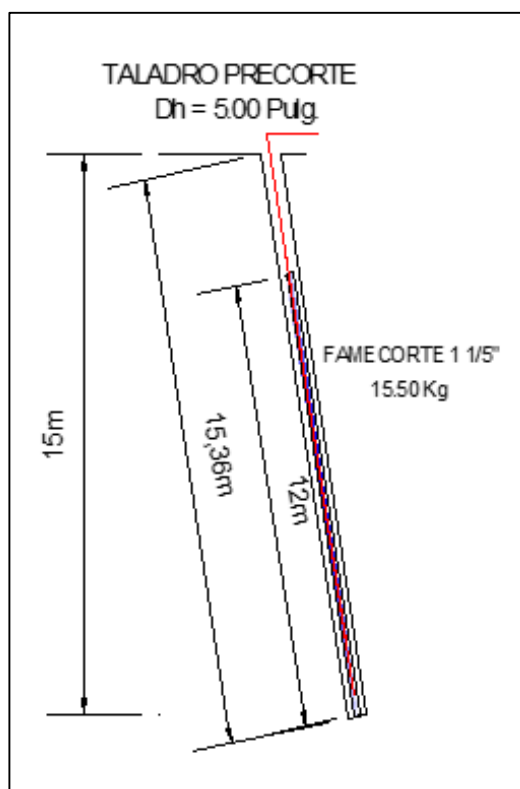


Figura 68. Diseño de pre corte de proyectos 3070 – 195.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

- **Reporte del tiro fallado**

El día domingo 10-07-16, a las 7:55 horas aproximadamente, el operador de la pala 06 reporta por radio, vidrio frontal trizado de la pala 06; asimismo el espejo roto del volquete n°17.

En el lugar del acontecimiento se identificó que

hubo la explosión de una salchicha (0,67 kg de explosivo), la misma que era parte de una columna explosiva de famecorte que contenía 23 unidades de salchichas.

Encontrando 03 taladros más, colgados en la pared taladro ID 1083, ID 1084 e ID 1085 (0,67 kg de famecorte detonado), como se muestra en la figura 69.

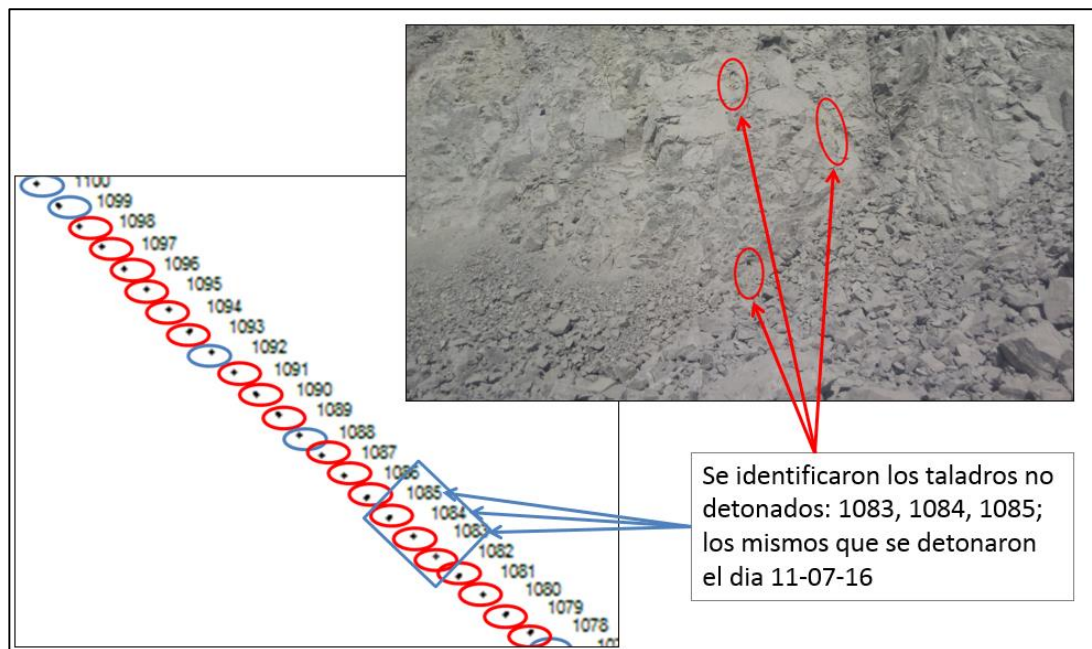


Figura 69. Ubicación de los tiros fallados.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

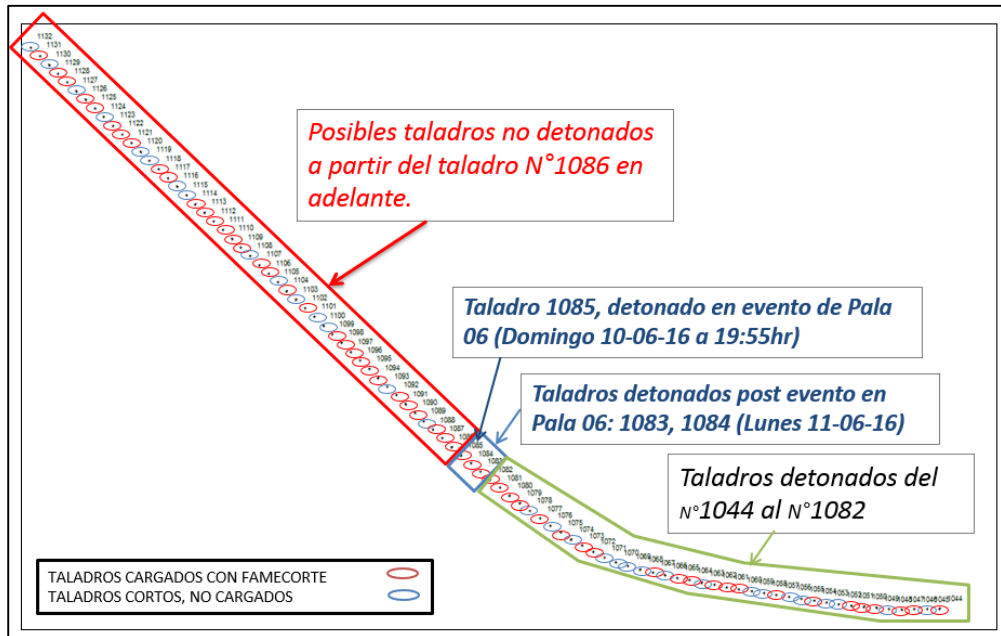


Figura 70. Identificación de taladros fallados.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 71. Pérdidas materiales causadas por el tiro fallado (T.C. y T.Q.).

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 72. Desactivación por el tiro fallado (T.C. y T.Q.).

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

b) Antecedentes del tiro fallado (T.C. y T.Q.)

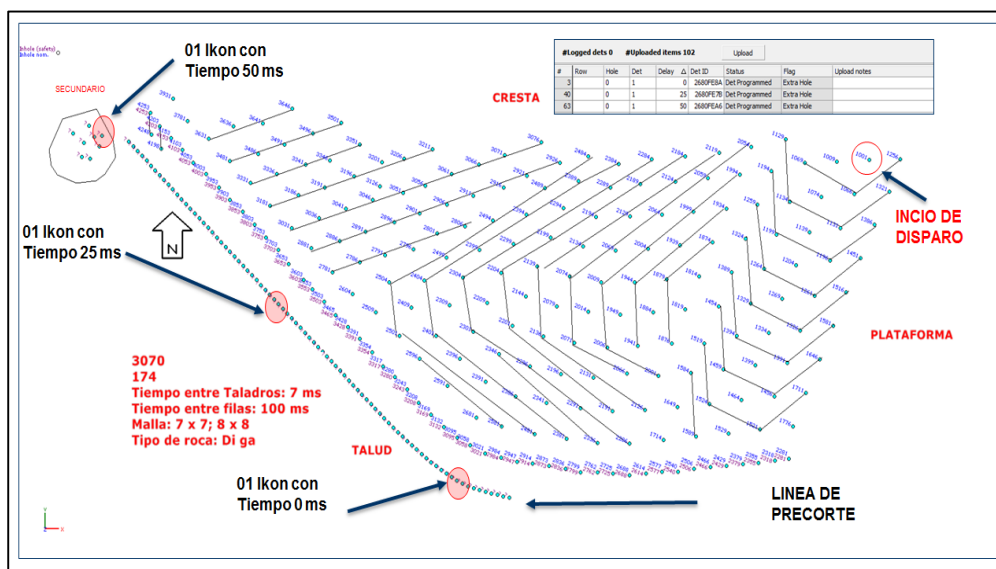


Figura 73. Secuencia de disparo proyecto 3070 195/174.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 74. Antes de disparo proyecto 3070 195/174.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 75. Post voladura proyecto 3070 195/174.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 76. Tiros cortados y tiros quedados proyecto 3070 195/174.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

c) Causa del evento del tiro fallado (T.C. y T.Q.)

- Posible cambio en el diseño de iniciación de disparo de pre-corte (con distintos tiempos de salida, del inicio de voladura de pre-corte, a la mitad de la voladura del pre-corte, asimismo el del disparo secundario).
- Falla del cordón detonante (explosivo), con el que se amarro el pre-corte, ya que cuenta con un tiempo de stock mayor a 4 años.
- Caída de fragmentos de rocas al cordón detonante,

producto del disparo secundario.

- Caída de fragmentos de rocas, por iniciación de los primeros taladros del pre-corte, provocando que el cordón detonante se corte y no detone.
- Probable caída y deslizamiento de rocas de niveles superiores.

4.6.2. Evaluación económica

a) Consecuencias causales

Tiro fallado conformado por 01 tiro cortado y 02 tiros quedados, con pérdidas de materiales, parabrisas de pala trisada. Cuyo Riesgo se extiende a posibles tiros cortados y quedados en los siguientes taladros. Como se observa en la figura 70., luego posteriormente a la detonación de los tiros cortados y tiros quedados n° 1083, 1084, 1085.



Figura 77. Antes del disparo de los tiros cortados y tiros quedados.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 78. Durante el disparo de los tiros cortados y tiros quedados.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 79. Post disparo de los tiros cortados y tiros quedados.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 80. Parabrisa de cabina de pala trisada.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 81. Pala con parabrisa trisada.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

b) Efecto económico

El proyecto 3070 195, (pre corte) cumple con los parámetros de la tabla 4.33 y su costo por el proyecto de voladura asciende a \$ 13 559,05 como se aprecia en la tabla 41, mientras que el costo por el evento es de 19 483 \$:

Tabla 41
Información de proyecto pre corte 3070 195

Información del proyecto de voladura

Banco:	3070
Proyecto:	195
Tipo de roca:	Bx
N° de taladros:	57
Tiempo de taladro:	0 ms, 25ms, 50 ms
Tiempo de Fila:	0
Espaciamiento	1,5 m
Diametro del Taladro:	5"
Tipo de explosivo:	Famecorte

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42
Costo de proyecto 3070 195

Información del proyecto de voladura

Taladros perforados:	89
Taladros cargados con famecorte:	57
Famecortes utilizados:	57

Item	Material	Unid.	P.U. (\$)	Cantidad	Total (\$)
1	Booster 2 lb	Unid.	6,02	0,00	0,00
2	Cordón detonante	m	0,20	790,00	160,86
3	Famecorte 15.5 kg x 18m	kg	3,86	2 272,36	8 766,77
4	Fulminante	Unid.	0,20	0,00	0,00
5	Mecha de seguridad	pies	0,06	0,00	0,00
6	Fanel PRIMADET#1	Unid.	2,39	183,00	437,61
7	Detonador electrónico	Unid.	25,50	3,00	76,50
8	Cable de conexión	m	0,22	10,00	2,21
Total				\$	9 443,95
Servicio de voladura (día):				\$	4 115,10
Costo del proyecto de voladura:				\$	13 559,05

Fuente: Elaboración propia

El costo del tiro fallado (tiro cortado y tiro quedado), asciende a 19 483 \$, como se aprecia en la tabla 43.

Tabla 43
Costo tiro fallado proyecto 3070 195

Resumen costo tiro fallado (T. quedado y T. cortado)	
Explosivo:	9 443,95 \$
Equipo pesado:	809,6 \$
Costo desactivación:	669,68 \$
Penalidades por contrato:	1 234,53 \$
Pérdidas materiales:	7325,26 \$
Sanciones legales:	0 \$
Total:	19 483 \$

Fuente: Elaboración propia

Dichos detalles de costos se pueden apreciar en las tablas 45, 46, 47,48.

Tabla 44
Impacto económico proyecto 3070 195

Impacto económico	
Costo proyecto:	13 559,1 \$
Costo evento tiro fallado:	19 483 \$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45
Costo desactivación de tiro fallado (Tiro cortado y quedado)

Equipo	Modelo	Hrs	\$/hr	Capacidad	Capacidad	Costo total (\$)
Cargador frontal	CAT 992	0	120	16 yd ³	22 TM	0 \$
Cisterna con agua	332	1	60	----	----	60 \$
Tractor D10N	T101	0	181,8	17,2 m ³	----	0 \$
Tractor D9N	F966	1	221,6	11,9 m ³	----	221,6 \$
Grua	236	22	24	----	----	528 \$
Motoniveladora	M161	0	53,6	----	----	0 \$
Total:						809,6 \$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46
Costo desactivación del tiro fallado

Costo desactivación de tiro fallado		Desactivación (hrs): 22	
Mano de obra	Costo	Uni.	Costo total
Supervisor	12,32	\$/h-h	271,0 \$
Operario de voladura	9,61	\$/h-h	211,4 \$
Ayudante	8,51	\$/h-h	187,2 \$
Total:			669,68 \$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47
Penalidad por contrato.

Servicio de voladura facturado:	\$ 123 453,00
Penalidades por contrato (1% del servicio):	\$ 1 234,53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48
Costo total por pérdidas materiales a cliente.

Costo por mantenimiento (8 hrs):	\$ 1 224
Costo por demoras operativas (\$/hr):	277,33 \$ 6 101,26
Pérdidas total por materiales:	\$ 7 325

Fuente: Elaboración propia

El impacto económico como se aprecia en la tabla 44, el costo valorizado por el evento es de \$ 19 483, cuyos detalles se pueden apreciar en la tabla 43.

4.7. Resultado técnico 04, tiro fallado proyecto 3325 181/182/189

4.7.1. Evaluación técnica

a) Descripción del evento

- **Proyecto 3325 181/182/189**

Disparo 09/05/13, banco 3385, proyectos 181, 182, 189 pala 05. Cuyos parámetros y resultados esperados se observan en la figura 82.

Proyecto 3325 181 182 189	
Roca	Da
Alteración	Propílica
VPP (mm/s)	138
Nº Tal (Unid)	238
FC (Kg/Tn)	0.36
Total Exp. (kg)	215502
NA (kg)	101286
Emulsion (kg)	107751
D2 (gal)	2325
Ton. (Tn)	598618
Malla (mxm)	8 x 8
Densidad Roca (gr/cc)	2.62

Figura 82. Reporte proyecto 3325 181/ 182/189.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2013).

- **Diseño de voladura del proyecto 3325 181/182/189 pala 05**

Se realizó el diseño de voladura con tiempo inicial 5 ms, y tiempo final 120 ms,

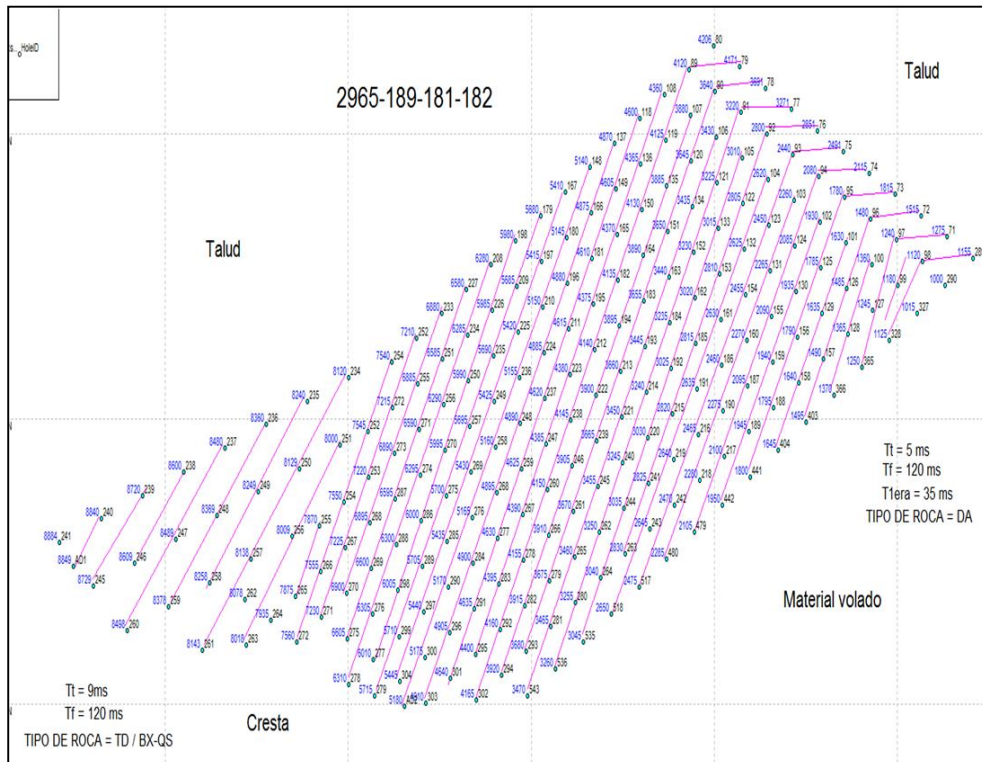


Figura 83. Diseño de voladura.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2013).

- **Diseño de carguío del proyecto 3325 181/182/189**

El diseño de carguío es como se muestra en la figura 84.

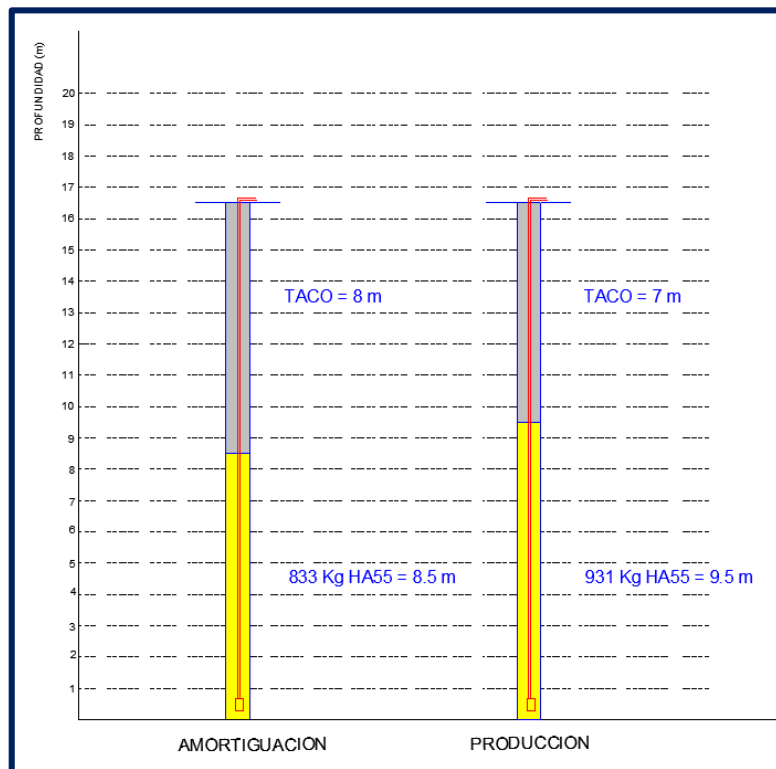


Figura 84. Diseño de carguío de voladura.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2013).



Figura 85. Diseño perforado.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2013).

4.7.2. Evaluación económica

a) Consecuencias causales

- 60 tiros fallados, (38 tiros quedado, 22 sopladados con exposición). Ver figura 86.

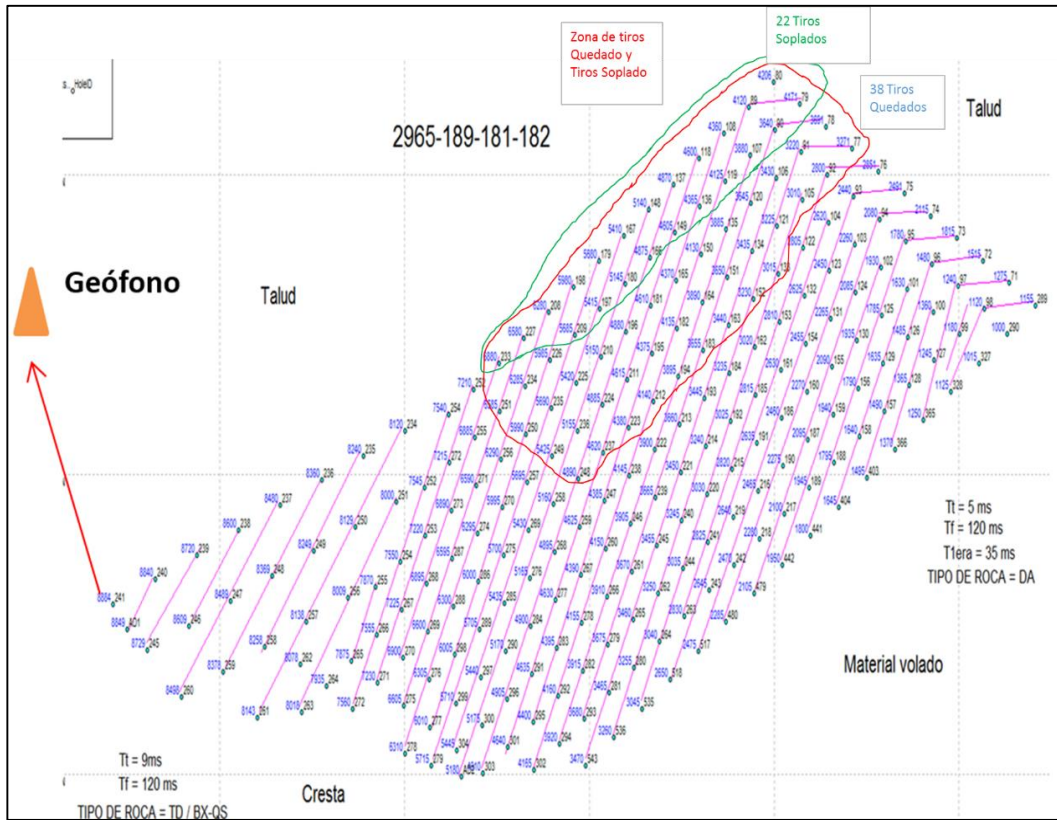


Figura 86. Zona de tiros quedados y tiros soplados

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2013).



Figura 87. Tiros soplados y tiro quedado, proyecto 3325 181 182 189.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2013).

- **Posible causa del evento:**

- ✓ Presencia de agua.
- ✓ Diseño incorrecto de taladro y mala selección de explosivos.
- ✓ Descalibración de camión fábrica.
- ✓ Incumplimiento de procedimiento. (bombeo, drenaje de agua en taladro)
- ✓ Mala supervisión.

b) Efecto económico

Los datos del proyecto 3325/181/182/189, presenta la siguiente información como se muestra en la tabla 49, y 50.

Tabla 49
Información de proyecto de voladura

Información del proyecto de voladura	
Banco:	3325
Proyecto:	181 / 182 / 189
Tipo de roca:	Da/ Propílica
N° de taladros:	238
Tiempo de taladro:	7 ms
Tiempo de Fila:	100 ms
Malla: 8x8, 9x9	8x8
Diametro del taladro:	12 1/4" \approx 311,15 mm
Tipo de explosivo:	HA55
Factor de carga:	0,36
P80 (cm):	20,1

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2013).

Tabla 50
Proyecto de voladura 3325 181/182/189

Tonelaje total	
Área de influencia:	64 m ²
Volumen por taladro:	960 m ³
Número de taladros:	238
Volumen total:	228 480,0 m ³
Densidad de la roca:	2,62 g/cc
Tonelaje:	598 617,60 Tn
Factor de carga (kg/tn):	0,36
Costo por tonelaje (\$/tn):	0,33

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2013).

El costo de voladura del proyecto 3325 181/182/189, asciende a \$ 196 289,7 como se muestra en la tabla 51. Y el costo, tiro fallado, asciende a \$ 85 713, como se muestra en la tabla 52.

Tabla 51
Costo de proyecto de voladura 3325 181/182/189

Costos	\$	\$/tn
Costos por perforación	42 834,0	0,07
Costo por explosivo	135 255,4	0,23
Costo por accesorios	15 250,3	0,03
Costo por labor	2 950,0	0,005
Costo total:	196 289,7	0,33

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2013).

Tabla 52
Costo tiro fallado proyecto de voladura 3325 181/182/189

Resumen costo tiro fallado	
Explosivo:	33 991,12 \$
Perforación:	15 517,2 \$
Costo supervisión evento:	669,68 \$
Penalizaciones por contrato:	1 234,53 \$
Costo por reperfóraci3n:	34 300,1 \$
Sanciones legales:	0 \$
Total:	85 713 \$

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2013).

Los detalles de costos de la tabla 51 y 52., se pueden apreciar en el anexo 07.

Tabla 53
Impacto económico proyecto de voladura 3325 181/182/189

Costo proyecto:	196 289,7 \$
Costo evento tiro fallado:	85 713 \$
Impacto económico	43,7 %

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2013).

Como se puede apreciar en la tabla 53, el costo de re-perforación, es de \$ 34 300,1, y ello se realizó en los puntos intermedios de los taladros fallados. Este evento fue el más caro registrado en el periodo 2013, por su importancia en su peligrosidad y fue el punto de partida en política de reducción de back up en unidad minera Toquepala.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis y discusión de los resultados de los productos utilizados.

5.1.1. Análisis de explosivo usado

El explosivo Quantex (MEQ73), brinda mejores resultados, analizando la tabla 54. se tiene que el factor de potencia con H.A. - 55 es de 0,408 kg/t y para la MEQ73 es de 0,401 kg/t, se tiene una diferencia del 1,62 % menos que el H.A. - 55, considerando los precios unitarios del explosivo y la velocidad de detonación.

Tabla 54
Análisis comparativo H.A. - 55 y MEQ73, densidad 1,15 g/cc.

Explosivo	Densidad mezcla (g/cc)	Densidad final (g/cc)	VOD (m/s)	Carga (kg)	FP (kg/t)	FC (kg/m ³)	Costo unitario (\$/kg)	Costo / taladro (\$/tal)	Costo / tonelada (\$/tn)
HA - 55	1,28	1,28	5 200	779,1	0,408	1,06	0,5841	455,0	0,2381
MEQ 73	1,38	1,15	5 450	766,4	0,401	1,0428	0,5343	409,5	0,2143
Análisis	Diferencia			12,6	0,007	0,0172	0,0498	45,5	0,0238
	Diferencia Porcentual			-1,62	-1,62	-1,62	-8,52	-10,01	-10,01

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

5.1.2. Análisis y discusión de balance de oxígeno del explosivo.

Los explosivos como el anfo pesado que se venían utilizando no tenían el balance de oxígeno adecuado, por tal motivo, se generaban los humos naranjas, por otro lado, la mezcla explosiva Quantex 73 está formada a base de emulsión gasificada, el cual al sensibilizarse con el nitrito de sodio genera burbujas de gas de nitrógeno, por lo tanto, tiene el balance de oxígeno adecuado (menor que el anfo pesado), el cual se observa en la tabla 55, y de tal manera se mitigó la generación de humos naranjas, y una mejor confiabilidad en el explosivo.

Tabla 55
Balance de oxígeno de diferentes mezclas explosivas.

Balance de Oxígeno (%)					
HA-28	HA-37	HA-46	HA-55	HA-64	MEQ73
-1,236	-1,149	-1,061	-0,974	-0,887	-2,15

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

5.1.3. Análisis de detonador electrónico utilizado.

Una de las principales innovaciones para la mitigación de tiros fallados y tiros cortados es la utilización

de detonadores electrónicos por su confiabilidad, comunicación bidireccional entre el microchip y la carga contenida en el detonador. El detonador electrónico I-kon, proporciona a diferencia de cualquier detonador pirotécnico, un protocolo de seguridad que minimizan enormemente la posibilidad de tener un tiro cortado o tiro fallado, siendo estas posibilidades de fallo por factores operacionales y factores ambientales.

5.2. Análisis de fragmentación y excavación

5.2.1. Tasa de excavación, voladura con 02 back up, 01 tiro cortado

Los resultados de la tasa excavación de los equipos de minado se realizó con el software Split Shovel Online, los cuales fueron detonados con Quantex 73 (MEQ73), y explica en la figura 88, en el cual la tasa excavación está por debajo de los 7 000 t/h en promedio, demostrando que la incidencia de los tiros fallados (en este caso tiro cortado) tiene repercusión negativa menor en la fragmentación de rocas a pesar del cumplimiento del P80 que está por debajo de los 20 cm.

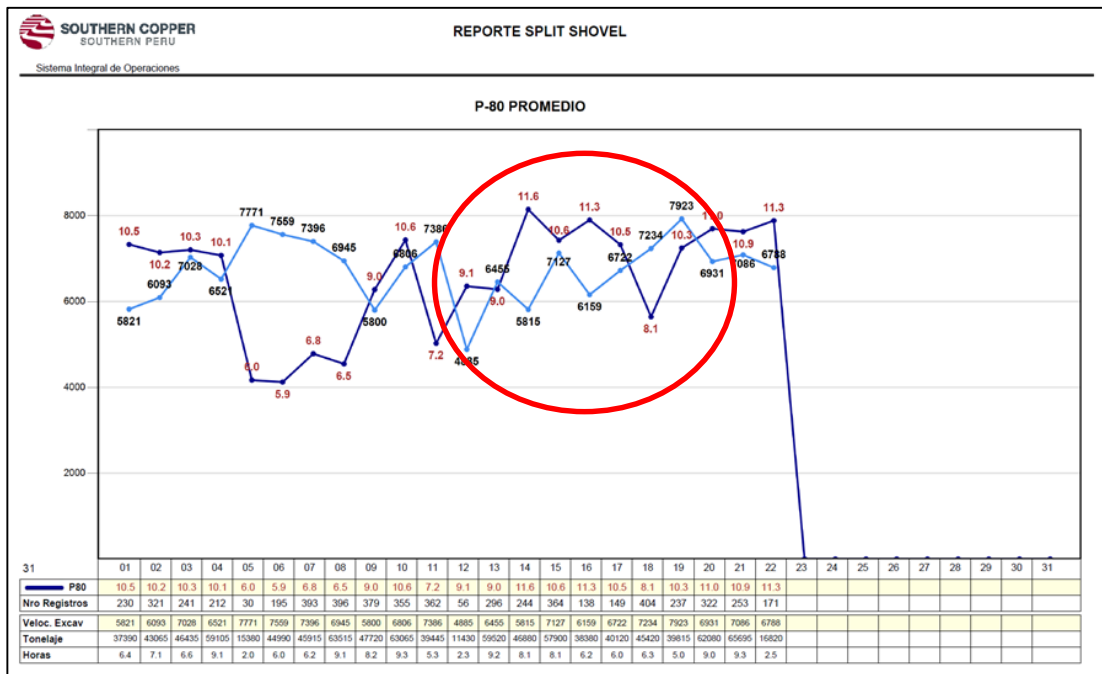


Figura 88. Velocidad de excavación vs P80 de la pala 08

Fuente: SPCC Toquepala, reporte Split shovel, julio 2016.

5.2.2. Tasa excavación, voladura sin back up, sin tiro cortado o fallado.

El análisis de la tasa excavación se realizó con el software Split Shovel Online, el cual se explica en la figura 89., en el cual la tasa excavación está sobre los 7 000 t/h en promedio.

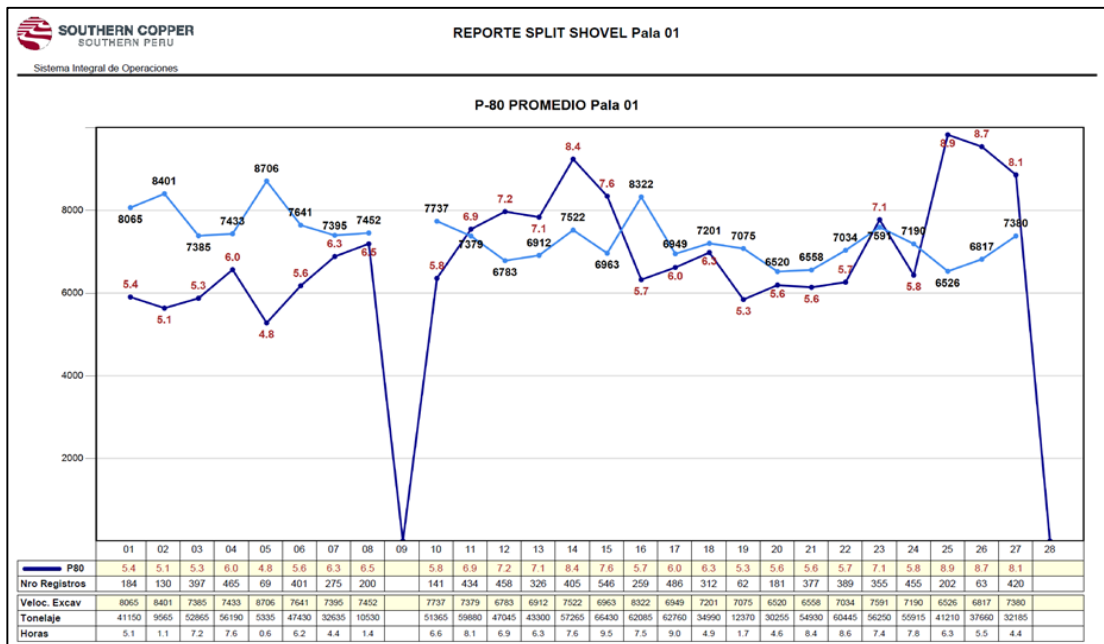


Figura 89. Velocidad de excavación vs P80 de la pala 01 – agosto.

Fuente: SPCC Toquepala, agosto 2016.

La tasa excavación ideal de las palas no siempre se cumple por factores externos como clima, condiciones de suelo, apoyo auxiliar a la pala, calidad de voladura, etc. Pese a esto, se observa que en algunos casos la productividad de los equipos es mucho mayor a la tasa excavación ideal, lo que indica la importancia de proyectos de voladura sin presencia de tiros cortados ni tiros fallados.

5.3. Análisis y discusión de resultados de caso 01 tiro cortado

5.3.1. Evaluación técnica que origina el tiro cortado.

Causa netamente “operacional”, (ver tabla 1) debido al incumplimiento del procedimiento de tapado de los taladros que causan cortes en la línea descendente de los detonadores tanto electrónicos (I-kon) como pirotécnicos (fanel).

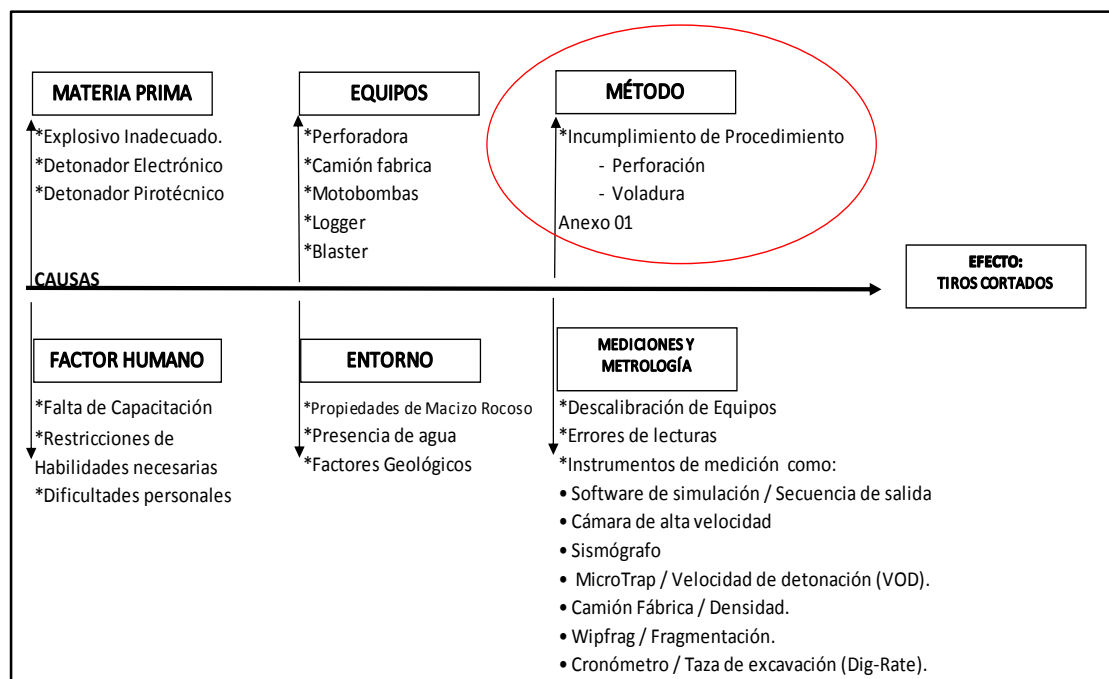


Figura 90. Causa raíz del tiro cortado.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. Evaluación económica del tiro cortado

Tabla 56
Impacto económico tiro cortado.

Impacto económico	
Costo proyecto:	141 977,30 \$
Costo evento tiro cortado:	727,33 \$
Porcentaje:	0,5 %

Fuente: Elaboración propia.

El efecto económico es de 727,33 \$, dicho monto representa un incremento del 0,5 % al coste original, ello sin contar las penalidades por contrato, pérdidas de materiales, y sanciones legales. (Desde punto de vista de contratista)

5.3.3. Acciones correctivas

- Instrucción al personal de Exsa sobre el correcto tapado de los taladros y concientización sobre las consecuencias fatales de un back up en un proyecto de voladura que va a ser minado.
- Para una apreciación visual de la iniciación de los taladros con back up, en las voladuras se colocará a dicho back up por no replica (corte), el tiempo de programación es cero milisegundos.

- Se deberá realizar la grabación de los disparos que presenten back up por no replica (corte) como parte de la apreciación visual de los mismos.

5.4. Análisis y discusión de resultados caso 02, tiro fallado (T. quedado)

5.4.1. Evaluación técnica que origina el tiro fallado (T. quedado).

Causa netamente “operacional”, (ver tabla 1 y 2) debido al incumplimiento del procedimiento de Primado.

- **Principio de tiro cortado.-** El taladro 367 del proyecto 219 el detonador electrónico se muestra como no replica (no detecta el detonador), por lo tanto se realiza un back up que se asigna tiempo 0.
- **Principio de tiro quedado.-** No se colocó correctamente el fanel en el inserto del booster, esto permitió que se salga del inserto y quede expuesto en la columna explosiva a una altura de 4 m del piso, ocasionando que el back up no se inicie, debido que el fulminante solo no tiene la energía suficiente para

activar la columna explosiva, en un taladro de diámetro 12 ¼” y altura de carga explosiva final de 9,5 m. Ver figura 91.

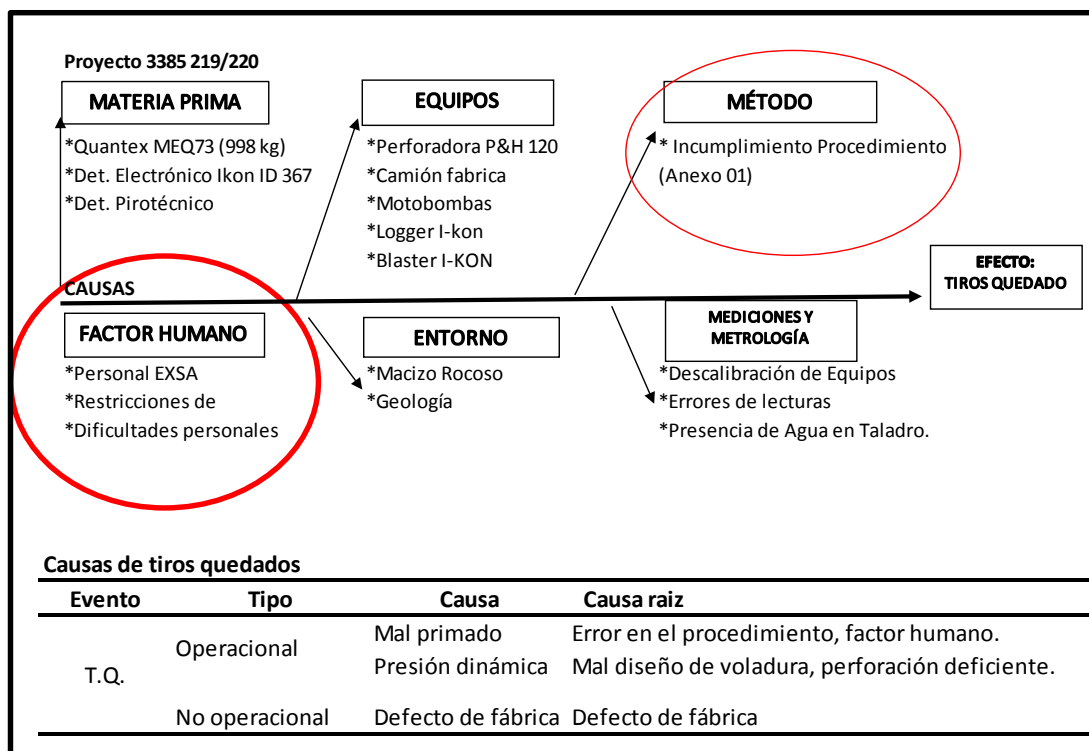


Figura 91. Causa raíz del tiro fallado (T. quedado).

Fuente: Elaboración propia.

5.4.2. Evaluación económica del tiro fallado (T. quedado)

Tabla 57
 Impacto económico tiro fallado (T. quedado).

Impacto económico	
Costo proyecto:	188 965,4 \$
Costo evento tiro quedado:	1 365,47 \$
Porcentaje:	0,7 %

Fuente: Elaboración propia.

El efecto económico es de 1 365,47 \$, dicho monto representa un incremento del 0,7 % al coste original del proyecto, ello sin contar las penalidades por contrato, pérdidas de materiales, y sanciones legales. (desde punto de vista de contratista).

5.4.3. Acciones correctivas

- Instrucción al personal de Exsa sobre el correcto tapado de los taladros y concientización sobre las consecuencias fatales de un back up en un proyecto de voladura que va a ser minado.
- Para una apreciación visual de la iniciación de los taladros con back up en las voladuras se colocará a dicho back up por no replica (corte), el tiempo de programación cero milisegundos.

5.5. Análisis y discusión de resultados de caso 03, tiro fallado (T. cortado y T. quedado)

5.5.1. Evaluación técnica que origina el tiro fallado (T.Q. y T.C.) proyecto 3070 – 195 pala 06, precorte.

Operacional:

- ✓ Posible cambio en el diseño de iniciación de disparo de pre-corte (con distintos tiempos de salida, del inicio de voladura de pre-corte, a la mitad de la voladura del pre-corte asimismo el del disparo secundario).
- ✓ Caída de fragmentos de rocas al cordón detonante, producto del disparo secundario.

Falla de producto:

- ✓ Falla del cordón detonante (explosivo), con el que se amarró el pre-corte, ya que cuenta con un tiempo de stock mayor a 4 años.

Corte por influencia de estructuras (figura 12 y 13):

- ✓ Caída de fragmentos de rocas, por iniciación de los primeros taladros del pre-corte, provocando que el cordón detonante se corte y no detone.
- ✓ Probable caída y deslizamiento de rocas de niveles superiores.

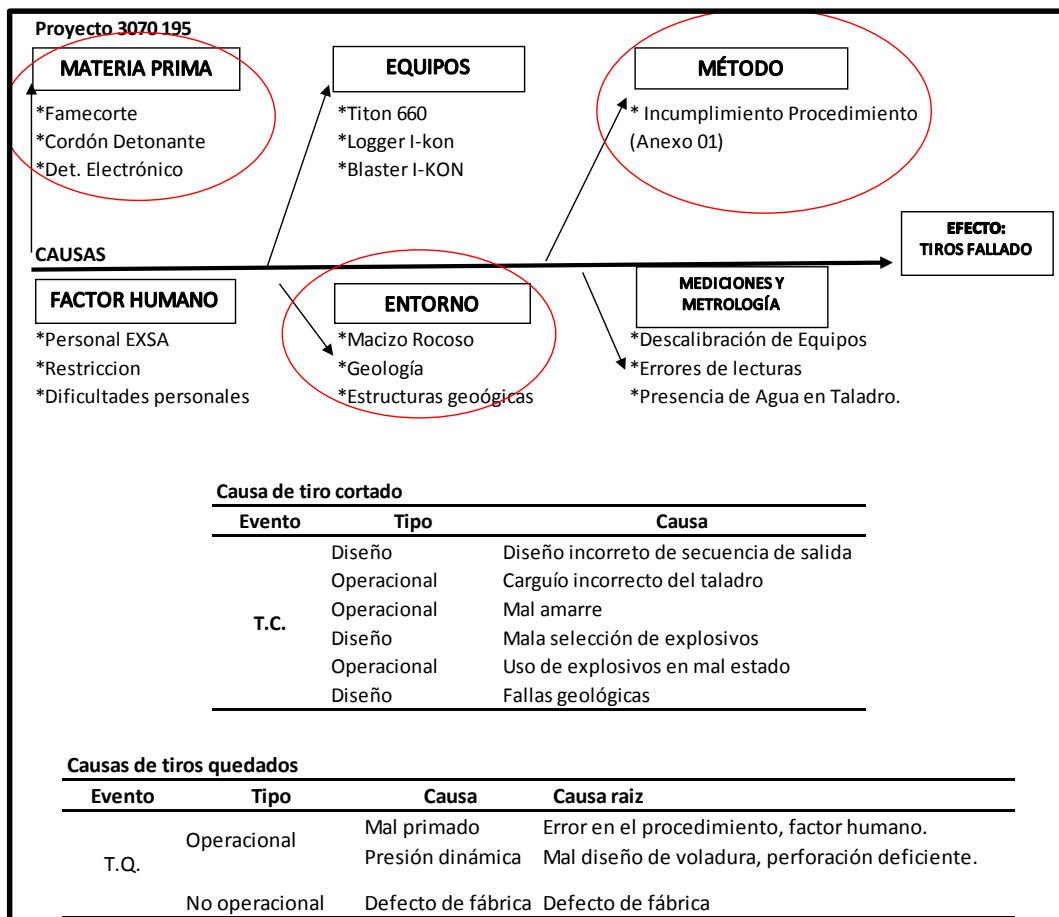


Figura 92. Causa raíz del tiro fallado.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.2. Evaluación económica del tiro fallado

Tabla 58
Impacto económico tiro fallado (T. cortado y T. quedado).

Impacto económico	
Costo proyecto:	13 559,1 \$
Costo evento tiro fallado:	19 483 \$

Fuente: Elaboración propia.

El efecto económico es de 19 483 \$, dicho monto a causa de explosivo mal empleado, equipo pesado para la desactivación de los tiros quedados, penalidad por contrato y pérdidas materiales. (desde punto de vista de contratista). Ver tabla 59.

Tabla 59
Costo total tiro fallado proyecto 3070 195.

Resumen costo tiro fallado (T. quedado y T. cortado)	
Explosivo:	9 443,95 \$
Equipo pesado:	809,6 \$
Costo desactivación:	669,68 \$
Penalidades por contrato:	1 234,53 \$
Pérdidas materiales:	7325,26 \$
Sanciones legales:	0 \$
Total:	19 483 \$

Fuente: Elaboración propia.

5.5.3. Acciones correctivas

- Aseguramiento de los tiempos según diseño de secuencia de voladura.
- Difusión del evento, a todo el personal ambas guardias de EXSA S.A.
- Cambio de cordón detonante con un stock más reciente para la voladura.
- Revisión minuciosa del amarre de pre-corte y secundario

por parte de personal EXSA S.A. antes de la voladura.

- Revisión minuciosa de los proyectos disparados de pre-corte y secundario post-voladura por parte de EXSA S.A.

5.6. Análisis y discusión de resultados de caso 04 tiro fallado (tiro quedado y tiro soplado)

5.6.1. Evaluación técnica que origina el tiro fallado (T.Q. y T.S.)

Las causas para este evento se presentan por:

- Presencia de agua. (Incumplimiento de procedimiento de bombeo de agua de taladro)
- Diseño incorrecto de taladro y mala selección de explosivos. (Material fragmentado de taco inadecuado).

El explosivo adecuado debió ser heavy anfo 64 (60 % de emulsión matriz, y 40 % de anfo), esta mezcla explosiva se emplea en el fondo de los taladros con agua, el proceso de carguío con este explosivo, es mediante el sistema de bombeo por la naturaleza de la mezcla.

El H.A.-64 es una mezcla explosiva resiste al agua, debido al alto porcentaje de emulsión matriz, esta tiene la

propiedad y función de impermeabilizar el anfo, y de esta manera proteger los prills de nitrato de amonio que tienen una resistencia nula al agua.

- Des calibración de camión fábrica y deficiencia de explosivo emulsión matriz.

Para la determinación de esta deficiencia se realizó una prueba con la emulsión matriz, sometida al agua en un periodo de 62 horas en agua de mesa y agua de mina:

Agua de mesa:

- ✓ En la parte superior se observa la neutralización total de los prills de nitrato de amonio por acción del agua. (fig. 93)
- ✓ En la parte intermedia se observa de una forma parcial o media la neutralización de los prills de nitrato de amonio. (fig. 94)



Figura 93. Emulsión matriz en agua de mesa 01.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 94. Emulsión matriz en agua de mesa 02.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

Agua de mina:

- ✓ En lo largo de la columna, se observa casi una neutralización total de los prills de nitrato de amonio por acción del agua. (fig. 95.)
- ✓ En la parte intermedia se observa la separación de la columna explosiva, existiendo un vacío de la misma. (fig. 96)



Figura 95. Emulsión matriz en agua de mina 01.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).



Figura 96. Emulsión matriz en agua de mina 02.

Fuente: Archivo oficina técnica EXSA (2016).

- Mala supervisión, supervisión deficiente.

5.6.2. Evaluación económica del tiro fallado (T.Q. y T.S.)

Tabla 60

Impacto económico tiro fallado (tiro quedado y tiro soplado).

Costo proyecto:	196 289,7 \$
Costo evento tiro fallado:	85 713 \$
Impacto económico	43,7 %

Fuente: Elaboración propia.

El efecto económico es de 85 713 \$, y representa el 43,7 % del costo del proyecto cuyo costo fue asumido por la empresa contratista. (desde punto de vista de contratista).

Ver tabla 60.

Tabla 61
Costo total tiro fallado proyecto 3325 181 182 189.

Resumen costo tiro fallado	
Explosivo:	33 991,12 \$
Perforación:	15 517,2 \$
Costo supervisión evento:	669,68 \$
Penalidades por contrato:	1 234,53 \$
Costo por reperforación:	34 300,1 \$
Sanciones legales:	0 \$
Total:	85 713 \$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62
Detalle costo total tiro fallado proyecto 3325 181 182 189.

Costo por supervisión evento		Desactivación (hrs): 22	
Mano de obra	Costo	Uni.	Costo total
Supervisor	12,32	\$/h-h	271,0 \$
Operario de voladura	9,61	\$/h-h	211,4 \$
Ayudante	8,51	\$/h-h	187,2 \$
Total:			669,68 \$
Servicio de voladura facturado:			\$ 123 453,00
Penalidades por contrato (1% del servicio):			\$ 1 234,53
N° Taladros			
Reperforación	41		\$ 10 603
Explosivo	41		\$ 23 696,65
Costo por reperforación:			\$ 34 300

Fuente: Elaboración propia.

5.7. Evaluación económica general 2016

5.7.1. Impacto económico 2016

Como puede observar en la siguiente tabla 64., el impacto en los costes de tiros cortados y tiros fallados en

SPCC, sujeto a sanciones legales (ver tabla 63), costes operativos, y penalidades, representa el 9 % en incremento en el coste total anual de perforación y voladura (2016). Mientras que el efecto económico de los tiros cortados y tiros fallados representa un incremento de 0,02 US\$/Tn, y según contrato el porcentaje de incidencia no debe sobrepasar el 1 % (Según contrato cliente – contratista). Siendo este el 3 % como se aprecia en la tabla 64.

Tabla 63
Posibles sanciones legales, tipificación aplicables (“Cuadro de tipificación de infracciones y sanciones en seguridad minera” OSINERGMIN, ver anexo 05).

Tipificación de infracción	UIT S/. 4 050		
Sanciones legales:	Sancion pecuniaria	Monto S/.	\$
3 Incumplimiento de norma de procdimiento, ejecución de trabajos, IPER y PETS			
3,2 Control de Riesgos	Hasta 1 500 UIT	6 075 000	1 875 000
4 Incumplimiento de normas de almacenamiento, transporte, manipuleo de explosivos y agentes de voladuras.			
4,4 Manipuleo y destrucción	Hasta 400 UIT	1 620 000	500 000
5 Incumplimiento de normas sobre perforación y voladura			
5,2 En mina a cielo abierto			
5.2.1 Perforación y Voladura	Hasta 400 UIT	1 620 000	500 000
6 Incumplimiento de normas de supervision e inspecciones			
6,1 Supervisión			
6.1.3 Supervisión permanente	Hasta 60 UIT	243 000	75 000
		Total: \$	2 950 000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 65
Efecto económico (US\$/tn) tiros cortados y tiros fallados 2016.

Descripción	Unidad	YTD 2016
Costo Total	\$	27 724 995
Voladuras	N°	373
Ton. disparadas	TM	138 599 444
Costo T. Cortado	\$	10 929
Costo T. Fallados (T. Quedado)	\$	3 115
Costo T. Fallado	\$	19 483
Sanciones Legales	\$	2 375 025
Penalidad por contrato	\$	0
Costo total de tiros cortados y fallados	\$	2 408 552
Impacto económico:		9%
% incidencia (Máximo 1%):		3%
Costo (\$/Tn):		0,20
Impacto económico por tiros fallados anual (\$/Tn):		0,02

Fuente: Elaboración propia.

El efecto económico asciende de 0,20 \$/Tn a 0,22 \$/Tn, siendo este un incremento significativo en los costos de operación, teniendo un impacto económico del 9 % en el costo total anual de perforación y voladura. Y un porcentaje anual de incidencia de 3 %, sobrepasando el límite por contrato que no ha de pasar el 1 %. Los cuales el costo más influyente sería el de sanciones legales como se aprecia en la tabla 65 y figura 97.

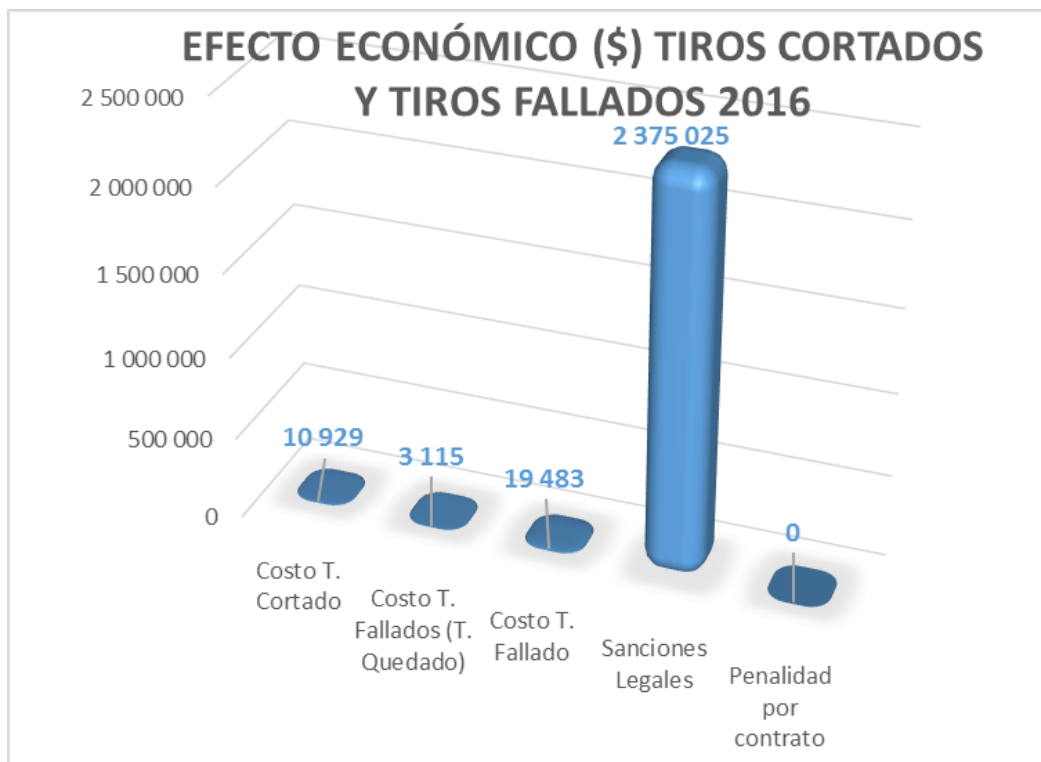


Figura 97. Gráfico estadístico de costos de tiros cortados y tiros fallados periodo 2016 U.M. Toquepala.

Fuente: Elaboración propia.

5.8. Discusión de resultados, para la reducción de la aplicación del backup y reducción de tiros cortados y tiros fallados.

Según Ortiz (2012), en su trabajo “Optimización de voladura con el uso de detonadores electrónicos en la mina Cerro de Pasco compañía minera Volcan” (pág. xii) demuestra la optimización en la fragmentación y reducción de costos de perforación y voladura al aplicar detonadores electrónicos que poseen la capacidad de

precisión de disparo a comparación de los pirotécnicos, sin embargo, este resultado es relativo, ya que dichos resultados están sujetos a la parte operativa de todo trabajo de perforación y voladura, y se debe resaltar que la utilización de detonadores electrónicos da garantías de una buena fragmentación, pero están sujetas a las variables no controlables en el aspecto geológico y geotécnico del macizo rocoso, variables controlables como tipo de explosivo a emplearse, diseño de perforación y voladura, y malas prácticas operativas, todo ello repercutiendo en una buena o mala fragmentación, así como su impacto en la reducción de costos, o peor aún en la generación de tiros cortados y tiros fallados.

Se debe resaltar que la utilización de detonadores electrónicos minimiza la posibilidad de un tiro cortado, pero no garantiza el 100 % de la iniciación, teniendo las causas más comunes de detonadores electrónicos que no fueron programados o conectados, presión dinámica, falla de producto con problemas en el ASIC (chip) o problemas de soldadura (cable descendente que no está adecuadamente soldado al circuito electrónico), incremento de fugas o caída de voltajes en el proceso de iniciación electrónica.

Es por ello que de acuerdo al soporte global y una recopilación histórica del sistema, se analizaron los siguientes puntos, que pueden presentar complicaciones durante la operación de detonadores electrónicos i-Kon™, y para los cuales se han generado algunas oportunidades de mejora para los problemas de:

- ✓ Problemas en el sitio de operación.
- ✓ Problemas de los usuarios.
- ✓ Problemas con el producto.

5.8.1. Problemas en el sitio de operación

Dichos problemas se clasifican en:

- ✓ Conductores expuestos
- ✓ Corrientes parásitas o inducidas.
- ✓ Fuga de corriente.

a) Conductores expuestos

Esto es un punto fundamental en términos de problemas de comunicación con los detonadores.

Un daño en el recubrimiento del cable del detonador, puede generar problemas de caídas de voltaje o fugas de corriente.

A modo de ejemplo, en la figura 98., se muestra un daño en el cable naranja de conexión en ambos extremos de la malla, donde hay una gran diferencia de potencial entre un punto y otro.

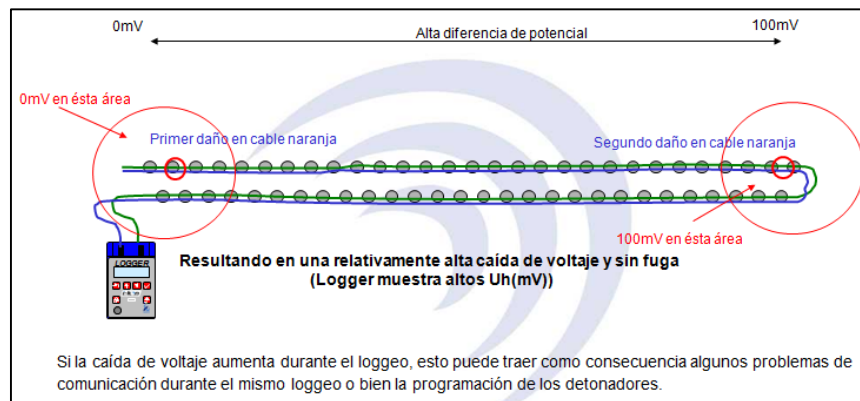


Figura 98. Daño en cable naranja del cable de conexión y sus efectos en el sistema.

Fuente: Informe de recomendaciones EBS marzo (2012)

El daño en el aislante del cable de conexión puede traer problemas de comunicación durante el registro de detonadores o bien, al momento de la programación de los mismos. En este caso, no necesariamente habrá fuga de corriente.

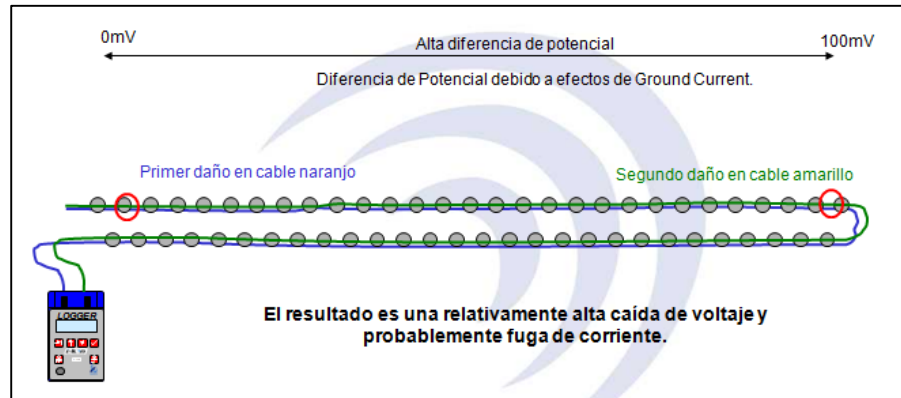


Figura 99. Daño en cables naranja y amarillo del cable de conexión y sus efectos en el sistema.

Fuente: Informe de recomendaciones EBS marzo (2012)

La figura 99., muestra un daño tanto en el cable naranja como en el amarillo, y sus efectos sobre el sistema se muestran como una alta caída de voltaje y probablemente fuga de corriente.

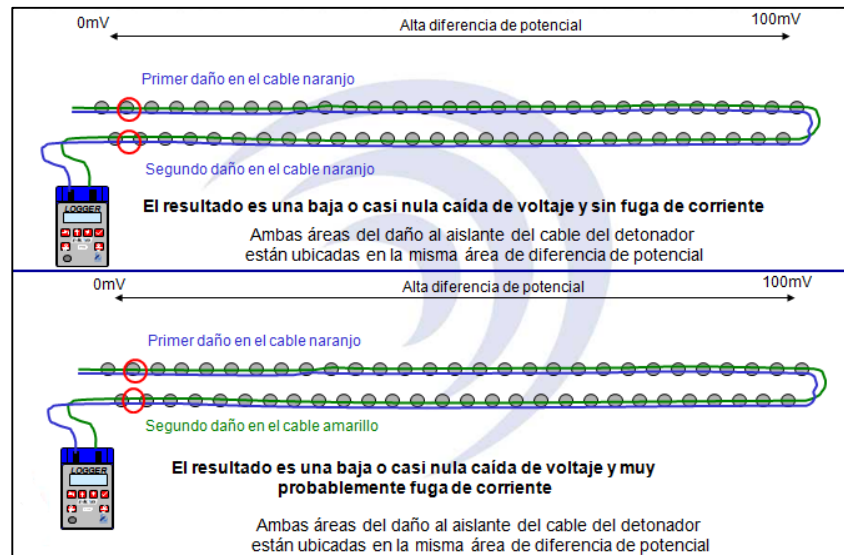


Figura 100. Daño en cables de conexión en una misma área de diferencia de potencial.

Fuente: Informe de recomendaciones EBS marzo (2012)

La figura 100, es un tercer ejemplo, pero con daño en los cables en una misma zona de diferencia de potencial. En ambos casos del esquema, la caída de voltaje es prácticamente nula.

✓ Alternativa de solución 01

Una de las soluciones recomendadas es, dividir la malla en 2, según muestra el esquema de la figura 101.

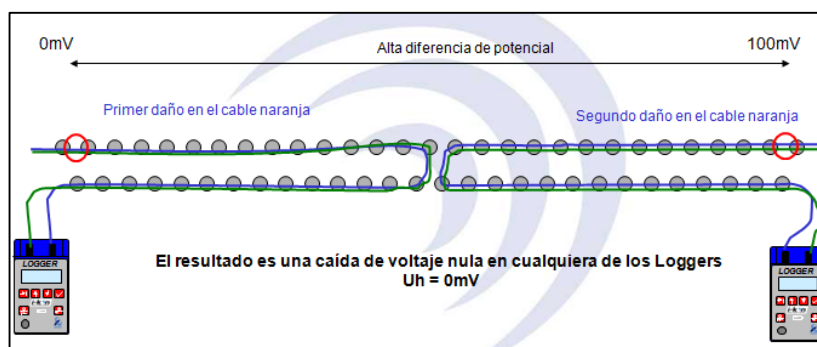


Figura 101. Daño en cables de conexión en una misma área de diferencia de potencial.

Fuente: Informe de recomendaciones EBS marzo (2012)

Al dividir el amarre en 2 circuitos independientes, el daño en el aislante del cable del detonador no afecta al sistema.

✓ Alternativa de solución 02

Otra solución al problema de la caída de voltaje generada en el circuito es, realizar una búsqueda binaria para poder identificar los 2 detonadores que tienen el problema. Para esto, se recomienda, en el modo de loggeo, medir fuga de corriente e ir desconectando detonadores (según búsqueda binaria) hasta encontrar ambos detonadores con el daño.

Una vez identificados ambos detonadores, se recomienda invertir la polaridad en uno de los detonadores, para esto, se necesita cambiar el orden de los cables de conexión en el conector del detonador. Un ejemplo de lo anterior, se puede apreciar en la figura 102.

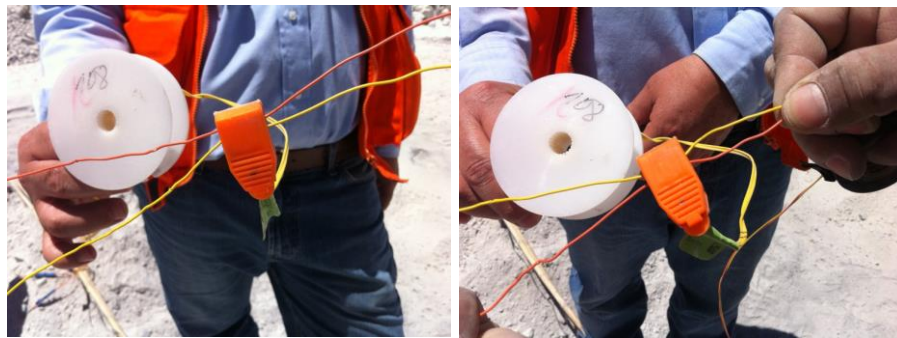


Figura 102. Invertir la polaridad en la conexión de 1 de los detonadores conectado al circuito.

Fuente: Informe de recomendaciones EBS marzo (2012)

✓ **Alternativa de solución 03**

Para tener un mejor control sobre las caídas de voltaje y fugas de corrientes que pudieran presentarse en el circuito, se recomienda que se presione el botón de encendido en el modo de loggeo cada vez que se conecte un detonador al cable de conexión. Esto se puede apreciar en la figura 103.

U	h	=	x	x	x	x	mV		
I	L	=	x	x	.	x	mA		

Figura 103. Medición de fuga durante el modo de loggeo.

Fuente: Informe de recomendaciones EBS marzo (2012)

b) Corrientes parásitas o inducidas

Esto puede ser experimentado en muchas faenas donde el cuerpo mineralizado consiste en múltiples metales con diferentes potenciales eléctricos y la principal consecuencia, según se cree, es que puede inducir un efecto electroquímico.

Otras fuentes tales como generadores, transformadores, cables de perforadoras o palas con un mal aislante pueden ser considerados factores que contribuyen al problema. En varias faenas a nivel nacional, se ha podido observar que diversas fases de explotación contienen napas subterráneas, y sumando la conductividad del suelo, es posible generar una interferencia en el circuito de detonadores. El efecto electroquímico se manifiesta tanto en el proceso de loggeo como en la programación de los detonadores electrónicos, mientras se hacen los testeos en la malla, el efecto se

puede apreciar en una lectura (caída de voltaje (Uh) o fuga de corriente (mA)), cuando se presiona el botón de encendido en el modo de loggeo.

✓ **Alternativa de solución 04**

Si bien, durante el proceso de registro de detonadores, no siempre es posible eliminar las fuentes que puedan generar una inducción eléctrica hacia el medio en el cual se encuentran los detonadores, pero sí es posible eliminar esta condición al momento de realizar la programación de los mismos. Esto se traduce en desconectar la electricidad de perforadoras, palas, bombas y generadores, cada vez que sea posible en la tronadura. En caso de no ser posible, tanto el cable de disparo, como el de conexión, deberán estar mínimo a 10 metros, en todo momento, de los cables de transmisión de palas y perforadoras. Por ello es necesario cumplir también con las alternativas de solución 01, 02, 03 mencionadas anteriormente.

c) Fuga de corriente

La fuga de corriente se puede apreciar en un porcentaje no despreciable de voladuras electrónicas.

La fuga de corriente siempre se incrementará con el aumento del voltaje. Esto se puede comprobar según la ley de Ohm (ver figura 104)

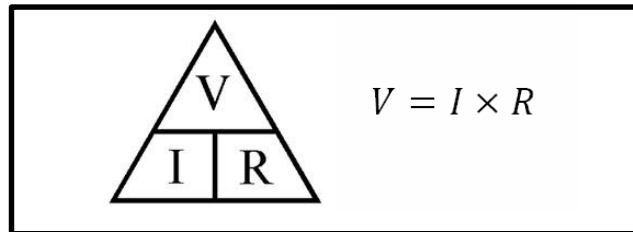


Figura 104. Ley de Ohm.

Fuente: Informe de recomendaciones EBS marzo (2012)

Debido a esto, es posible que durante el proceso de loggeo, no siempre sea posible detectar problemas en un detonador o en el circuito, ya que el logger, por la seguridad inherente del sistema i-Kon™, solo trabaja con 6V. En cambio, durante el proceso de programación, se inyectan en el circuito 24V, con lo cual se ponen de manifiesto problemas que existen en el circuito.

✓ **Alternativa de solución 05**

En caso que exista uno o más detonadores que tengan fuga de corriente, si esta es estable en el tiempo, se recomienda que el sistema lidie con ella. En cambio, si la fuga o caída de voltaje es variable en su magnitud (es cambiante en sus valores), la primera solución es sacar ese detonador con 1 solo logger conectado a él.

Si no se cuentan con suficientes loggers, el back up ha de ser necesario.

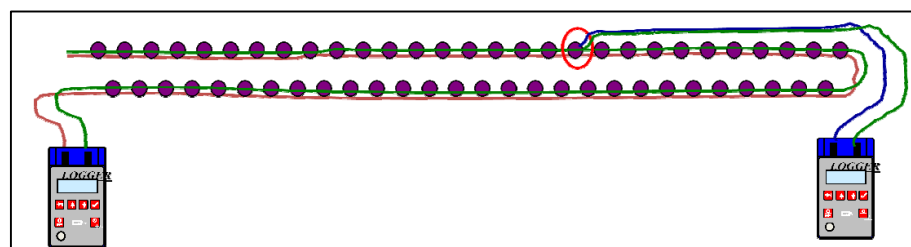


Figura 105. Aislar detonador con un solo Logger.

Fuente: Informe de recomendaciones EBS marzo (2012)

✓ **Alternativa de solución 06**

Si se ha terminado el proceso de loggeo de los detonadores y el sistema muestra fuga. En caso que no se tenga claridad de dónde está la fuga exactamente.

Una solución sería invertir los cables de conexión en los bornes del logger (intercambiando amarillo por naranja y viceversa).

Esto puede traer como resultado una disminución. En caso que esta aumentara, se recomienda volver a la posición original de los cables de conexión en los bornes.

5.8.2. Problemas de los usuarios

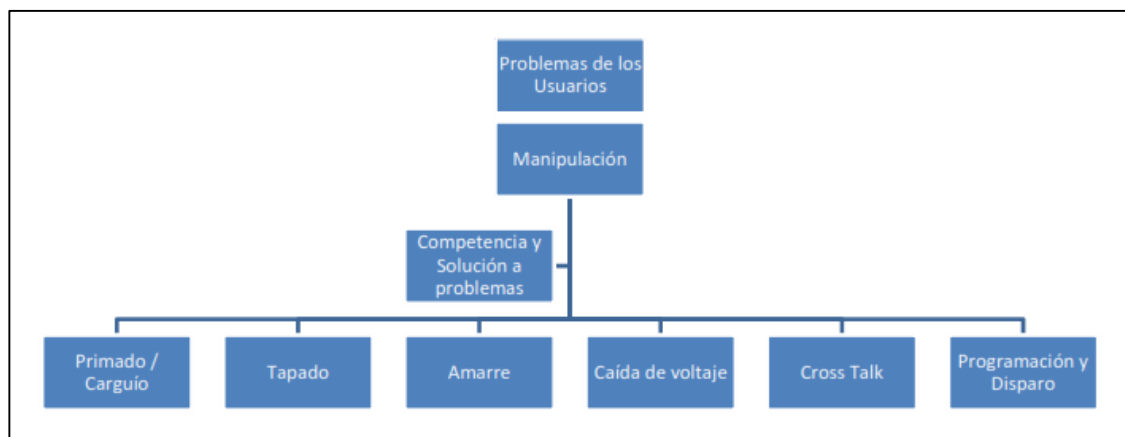


Figura 106. Problemas de los usuarios.

Fuente: Informe de recomendaciones EBS marzo (2012)

a) Primado y Carguío

En muchas operaciones, se ha podido observar algunas deficiencias en el proceso, entre las que se incluyen:

- No se utiliza la herramienta de madera para desplegar el detonador con el booster dentro del taladro. La no utilización de esta simple pero útil herramienta, deriva en formación de “cocas”, las cuales son puntos debilitantes tanto del aislante como del cable del detonador.
- El largo de los cables del detonador no es siempre el apropiado según la profundidad del pozo de tronadura. Por ejemplo, la utilización de detonadores de 15 m en pozos de 18 m, esto puede generar tensiones extremas cuando se carga con camiones Auger, ya que el peso golpea el booster al interior del pozo, o bien cuando se trabaja en pozos con agua y camiones bombeables, al introducir la manguera, ésta puede golpear el booster tensionando el cable del detonador. Además, tanto el

explosivo como el taco tienden a acomodarse, compactándose en el tiempo.

- En el caso que el fitting de la manguera de los camiones bombeables no esté protegido, esto puede generar grandes áreas dañadas del aislante del cable del detonador.

✓ **Alternativa de solución 01**

Utilizar siempre la herramienta de madera para desplegar detonadores electrónicos dentro del pozo de tronadura.



Figura 107. Herramienta de madera para primar.

Fuente: Informe de recomendaciones EBS marzo (2012)

✓ **Alternativa de solución 02**

Antes de primar los hoyos de voladura, se recomienda que el camión fábrica deposite entre 1 y 2 metros de carga de columna al fondo de cada pozo. Una vez realizado este punto, desplegar el booster con el detonador electrónico y el no eléctrico dentro del pozo y que se asiente sobre la carga de columna al fondo del pozo. Posteriormente terminar de vaciar el explosivo al interior del pozo.

Esto permitirá minimizar las tensiones producidas en el cable del detonador electrónico durante el proceso de carguío con camiones Auger (fábrica) o bien bombeables.

b) Tapado de pozos

En la actualidad, se utilizan varios equipos de tapado en minería en América Latina. Entre estos podemos encontrar los que muestran la figura 108.



Figura 108. Equipos de tapado de pozos.

Fuente: Elaboración propia

Cada uno de los equipos mostrados en la figura 108, tiene ventajas y desventajas, dependiendo del material de tapado que se utilice (gravilla, cutting).

Por otro lado, muy pocas faenas utilizan algún tipo de sistema que proteja tanto el cable del detonador, como el tubo de choque de los detonadores no eléctricos.

✓ **Alternativa de solución 03**

Dentro de los muchos equipos utilizados en tronadura para el tapado de los pozos, uno de los que mejores resultados entrega, son los cargadores con balde de descarga lateral, ya que estos pueden cargar una gran cantidad de material y no exponen al operador a la línea de fuego del equipo en movimiento (ver figura 108).

✓ **Alternativa de solución 04**

Se pueden adoptar medidas extras para poder proteger tanto el tubo de choque como el cable del detonador durante el proceso de tapado. Existen varios dispositivos elaborados para cumplir con este objetivo. Algunas de estas medidas son:

Tubo PVC largo ranurado.

Este es un tubo de PVC con un corte longitudinalmente, dentro del cual se coloca tanto el tubo de choque como el cable del detonador electrónico. Tiene un largo promedio de 6 m.



Figura 109. Tubo de PVC largo ranurado.

Fuente: Figura propia

Cono para tapado

Consiste en la mitad de un cono de seguridad y se utiliza para proteger la zona del collar cada vez que se tapa con gravilla, evitando que ésta golpee de forma

directa los cables de los detonadores que se encuentren en esta zona.



Figura 110. Cono para tapado.

Fuente: Figura propia

Tubo de tapado

Consiste en la mitad de un tubo de PVC cortado longitudinalmente, de aproximadamente 1 metro de largo, el cual es posicionado en la zona del collar de tal forma que el cable del detonador quede dentro de la parte cóncava del tubo de PVC.



Figura 111. Tubo de tapado.

Fuente: Elaboración Propia

✓ **Alternativa de solución 05**

El material de tapado es un elemento muy importante para confinar los gases generados por el explosivo al interior del pozo. Actualmente se utiliza cutting y gravilla, dependiendo de las faenas. En situaciones donde los pozos contienen agua, el cutting no es efectivo para contener la energía dentro del pozo y obtener el fracturamiento de la roca, ya que éste solo forma un tapón en la zona del collar (no así cuando el pozo está seco). La gravilla en cambio, posee características que permiten que cada roca se trabé

con el resto, confinando de forma más efectiva la energía.

La gravilla debe tener un tamaño adecuado y cada componente debe ser homogéneo entre sí. A modo de sugerencia, un tamaño recomendado es 1/10 del diámetro del pozo.

✓ **Alternativa de solución 06**

En aquellas faenas donde se utilice cutting para el tapado de los pozos, se recomienda utilizar un harnero para filtrar el sobre tamaño de rocas que se encuentran mezcladas en el cutting.

A modo de ejemplo, se busca evitar que rocas como las mostradas en la figura 112 caigan dentro del pozo.



Figura 112. Material de cutting con sobretamaños, utilizado para tapar pozos de tronadura.

Fuente: Figura propia

Para evitar que el sobre tamaño dañe tanto al tubo de choque como al cable del detonador electrónico. Se recomienda la utilización de una rejilla que pueda filtrar este sobre tamaño, un objetivo secundario es que se mantienen los cables del detonador electrónico y del tubo de choque centrados en el eje del pozo, como se puede apreciar en la figura 113.



Figura 113. Rejilla cónica para poder filtrar el sobre tamaño existente en el cutting.

Fuente: Elaboración propia

La utilización de esta rejilla, independiza al mecanismo para introducir el material de tapado dentro del pozo de voladura.

c) Amarre de detonadores electrónicos

En la actualidad, se están utilizando rollos de cables de conexión de 200 metros con recubrimiento de PVC. Orica está formalizando un cambio del cable de conexión y del cable de disparo para estar a la par con las operaciones de Orica a nivel global. Para esto, se están realizando pruebas para validar la fabricación del cable en

una de nuestras operaciones nacional. Los cambios que se están planteando son:

- Cable de conexión de 500 m con recubrimiento de HDPE. Esto traerá ventajas tales como, debido a su mayor longitud, se requerirá una menor cantidad de empalmes respecto del uso de rollos de 200 m. Se estima que cada empalme toma en promedio 4 minutos, por lo que si una malla consume 1 000 m, se deben realizar 4 empalmes con un total de 16 minutos utilizados sólo para esta función. En cambio, al tener rollos de 500 m, sólo se necesitará hacer 1 solo empalme. Es importante mencionar que cada empalme es un punto crítico donde puede generarse alguna alteración que afecte el sistema.
- En el caso de la línea de disparo, se está evaluando la utilización de un cable de baja resistencia al flujo de corriente. Esto es, pasar de un estándar AWG22 a AWG20, en formato de 500 metros. La principal ventaja que permitirá este cambio, es mejorar la comunicación de los detonadores con el equipo de programación, al

igual que permitirá aumentar la extensión de cable de disparo a utilizar.

d) Caídas de voltaje

Actualmente, en varias operaciones, cuando se termina el proceso de loggeo de los detonadores electrónicos, el cable de salida desde la malla, se conecta en uno de los extremos de la misma. En ocasiones, el criterio utilizado es facilitar la salida del cable de conexión desde la malla, pero este no es el criterio adecuado.

✓ Alternativa de solución 07

Se debe conectar el cable de conexión de salida de la malla desde el detonador que tiene el mayor tiempo de retardo, según se puede apreciar en la figura 114.

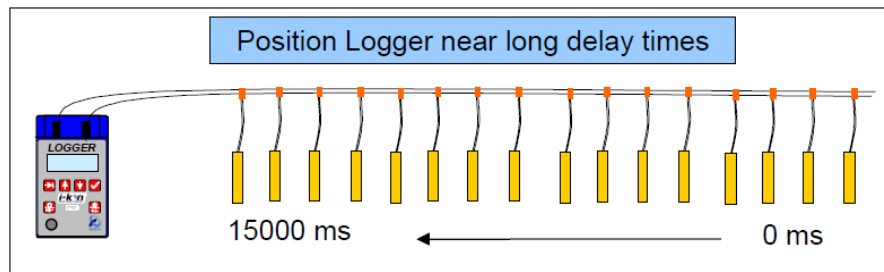


Figura 114. Conexión del cable de salida desde el retardo más elevado.

Fuente: Informe de recomendaciones EBS marzo (2012)

✓ **Alternativa de solución 08**

En el caso de voladuras de gran envergadura o bien donde se ocupa casi la totalidad de los 15 segundos de tiempos de retardo que permite en la actualidad el sistema, la mejor práctica es conectar el cable de salida siempre en la mitad del amarre, según se aprecia en la figura 115.

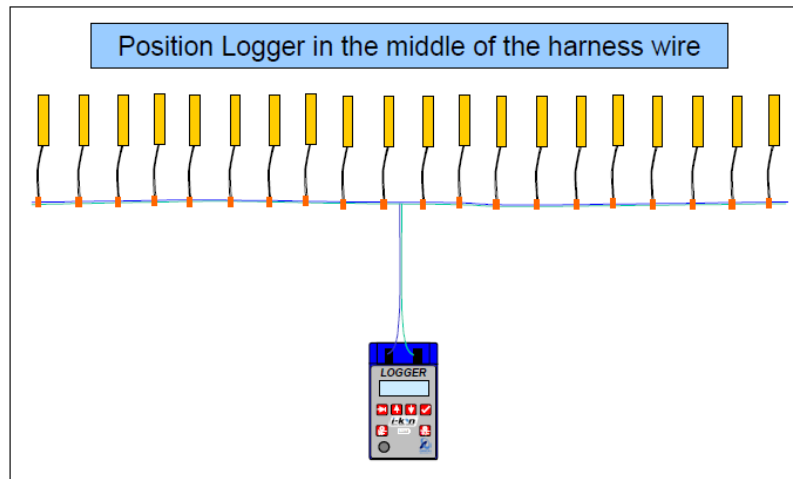


Figura 115. Conexión de cable de salida en la mitad del amarre

Fuente: Informe de recomendaciones EBS marzo (2012)

La ventaja de esta recomendación es que la energía se distribuirá de forma equitativa hacia ambos lados del amarre. Por otro lado, esta misma energía distribuida de mejor forma, hace que la comunicación entre el equipo programador y los detonadores sea mucho mejor.

e) Cross talk

Se ha podido apreciar, en algunas faenas, la utilización de una caja de multiconexión, cuyo objetivo es

facilitar la conexión de varios loggers a un solo equipo blaster. (ver figura 116)



Figura 116. Caja multiconexión.

Fuente: Informe de recomendaciones EBS marzo (2012)

Paralelamente, se utiliza, a modo de protección, una maleta pelican para guardar los equipos y protegerlos de posibles fly rock que pudieran presentarse en una voladura, según se puede apreciar en la figura 117.



Figura 117. Maleta pelican utilizada como herramienta de protección para equipos.

Fuente: Informe de recomendaciones EBS marzo (2012).

Debido a que la naturaleza de la señal del sistema i-Kon, se puede producir una inducción paralela importante en los conductores adyacentes.

✓ **Alternativa de solución 09**

En el caso de la caja multiconexión, se concluye no utilizarla. Debido a la cantidad de cables que se encuentran en permanente contacto entre sí, es posible

que se produzca una interferencia o bien problemas de comunicación entre el equipo de programación y los detonadores electrónicos.

✓ **Alternativa de solución 10**

Se debe evitar, en todo momento utilizar la maleta pelican como protección para 2 o más equipos involucrados en la voladura, esto debido a que cuando se utilizan 2 o más loggers, al introducirlos dentro de la caja pelican, sus cables de conexión hacia la malla, junto con los cables de comunicación logger - blaster, están en contacto entre sí pudiendo, eventualmente, producir un problema de comunicación o interferencia entre el equipo de programación y los detonadores electrónicos.

Los equipos loggers se deben dejar a una distancia suficientemente segura y libre de cualquier proyección de roca que pueda producirse y dañar los equipos. Éstos deberán estar separados entre sí por lo menos 50 cm. Además, los cables de conexión desde el logger hacia la malla nunca deberán cruzarse y estar

separados entre sí por lo menos 1 metro (según figura 118) y no menos de 10 metros a partir de cables de alta tensión (cables eléctrico de palas y perforadoras).



Figura 118. Separación entre Loggers y cables de conexión

Fuente: Informe de recomendaciones EBS marzo (2012).

✓ **Alternativa de solución 11**

Una vez que todos los equipos loggers se encuentran en su posición de seguridad final, será necesario que los chequeos finales “Test Detonator” y “Measure Leakage” se hagan en paralelo, esto significa

que, si se tienen 3 loggers, en cada uno de ellos se deberá ejecutar la función “Test Detonator” al mismo tiempo en los 3 equipos. De igual forma para el chequeo “Measure Leakage”

f) Programación y disparo

En algunas operaciones, se han reportado una serie de problemas de comunicación entre el equipo de programación y los detonadores electrónicos, los cuales se traducen en mensajes de error en el equipo blaster como: “Data Error” y “Not Program”.

Lo anterior, puede deberse a problemas durante el loggeo de detonadores electrónicos que no fueron solucionados oportunamente (caídas de voltaje, fugas de corriente variables), o bien, sobrepasar los límites del sistema, tales como longitudes de cables de conexión y de disparo excedidas.

5.8.3. Problemas con el producto

Falla de producto con problemas en el ASIC (chip) o problemas de soldadura (cable descendente que no está adecuadamente soldado al circuito electrónico). Solución netamente con el proveedor.

5.8.4. Análisis económico del empleo del back up

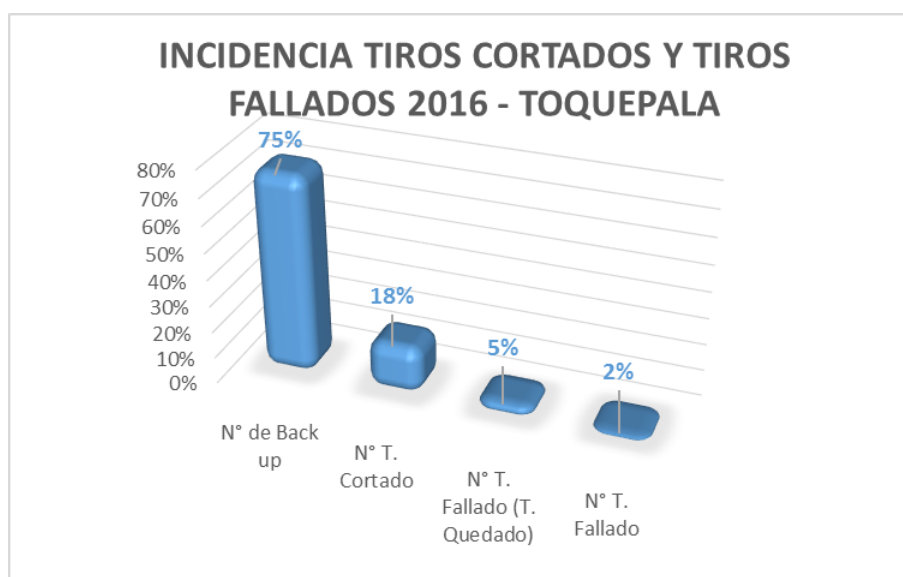


Figura 119. Incidencia de back up, tiros cortados y tiros fallados.

Fuente: Informe de recomendaciones EBS marzo (2012).

El empleo del back up representa el 0,5 % del costo total acumulado a noviembre 2016 como se aprecia en la tabla 66. Su evaluación económica es sustentable ya que el costo de tener un tiro cortado o fallado puede resultar hasta el

9 % del costo total acumulado. Y las incidencias del back up son el 75 % de los 44 eventos entre ellos los posibles tiros cortados y tiros fallados en la unidad minera Toquepala periodo 2016, como se aprecia en la figura 119.

También se debe mencionar que de acuerdo a la tabla 64, el impacto económico 2016 es de 0,02 \$/tn, afectando al acumulado anual que se muestra en la figura 120.



Figura 120. Costo producción \$/tn.

Fuente: Departamento de perforación y voladura SPCC 2016.

Tabla 66
Análisis económico del empleo del back up

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	YTD 2016
	P.U. Descripción													
	Unidad													
	(\$)													
Costo Total	\$	2 110 221	1 956 524	2 030 665	2 294 744	2 755 948	2 645 633	2 802 934	2 354 370	2 645 027	3 148 602	2 980 327	2 980 327	27 724 995
Voladuras	N°	30	32	30	33	39	40	44	32	32	33	28	28	373
Taladros	N°	4 458	3 532	4 596	4 927	5 641	6 394	6 491	4 239	5 872	6 501	5 269	5 269	57 920
Ton. disparadas	TM	11 979 856	9 203 215	11 336 520	12 970 329	14 053 304	15 680 493	14 100 202	10 914 546	11 653 113	14 120 838	12 587 028	12 587 028	138 599 444
Costo Det. Electronicos	24 \$	106 992	84 768	110 304	118 248	135 384	153 456	155 784	101 736	140 928	156 024	126 456	126 456	1 390 080
Costo Det. Pirotecnico	2,39 \$	10 655	8 441	10 984	11 776	13 482	15 282	15 513	10 131	14 034	15 537	12 593	12 593	138 429
		% costo del Back up:												
		0,5%												
	P.U. Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	YTD 2016
	(\$)													
Costo T. Cortado	\$		1 850	1 504		1 204		727		3 440	1 400	804		10 929
Costo T. Fallado (T.Quedado)	\$							1 365				1 750		3 115
Costo T. Fallado	\$							19 483						19 483
Sanciones legales	\$													
Penalidad por contrato	\$													2 375 025
														No definido
														0
														% Impacto e económico:
														9%
														% Incidencia (Maximo 1%):
														3%

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Las causas más comunes para la aparición de tiros cortados y fallados, de acuerdo al estudio técnico, son por causas operacionales, malas prácticas de ejecución de la labor e incumplimiento de los procedimientos de voladura establecidos en la unidad minera.
2. El efecto económico asciende de 0,20 \$/Tn a 0,22 \$/Tn, siendo este un incremento significativo en los costos de operación, teniendo un impacto económico del 9 % en el costo total anual de perforación y voladura. Y un porcentaje anual de incidencia de 3 %, sobrepasando el límite por contrato que no ha de pasar el 1 %. Los cuales el costo más influyente sería el de sanciones legales, hasta noviembre 2016 en la unidad minera Toquepala.
3. Haciendo uso de buenas prácticas en las labores de voladura, se establece que las acciones tomadas actuales y propuestas (ver subtítulo 5.8) aporta con la reducción de los tiros cortados y tiros fallados, obteniendo así un resultado de voladura optima o deficiente a causa de una buena o mala supervisión, concluyendo que el tiro cortado o tiro fallado, como residuo post voladura, es controlable.

RECOMENDACIONES

- 1.** La capacitación y concientización debe de ser permanente al personal que trabaja en voladura, cuya supervisión de las labores es la clave para la reducción de los tiros cortados y tiros fallados.
- 2.** Se recomienda la investigación de implementar los equipos adecuados para el carguío de explosivo y tapado (taco) de taladros en la unidad minera Toquepala.
- 3.** Se debe conocer mejor el comportamiento geomecánico y geotécnico del macizo rocoso dentro de taladro, para la interacción de la línea descendente, detonador electrónico y pirotécnico, para evitar cortes, por influencia de estructuras geológicas.
- 4.** Se debe de monitorear el estado de los explosivos, de manera constante, para evitar las pérdidas de sus propiedades reactivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AUSTIN POWDER INTERNATIONAL (2012). Presentación “Tiros Quedados, causas, prevención y acciones correctivas”. Santiago-Chile.
2. Atlas powder (2012). “Explosives and rock blasting”. Santiago-Chile.
3. Camiper, (Cámara Minera del Perú, 2016). “Diplomado de Perforación y Voladura en Minería Superficial”. Lima – Perú.
4. Cruzate, R. Fredy (2002). “Informe de Voladura Controlada de la Empresa de Explosivos FAMESA S.A”. 45-56.
5. Davey Bickford (2012), “Sistema de detonación electrónica Daveytronic SP aplicaciones en el Perú” Lima-Perú.
6. Dyno Nobel (2009). “Curso de explosivos y Voladura” Santiago – Chile.
7. ENAEX, (2010). “Manual de Tronadura”, Chile, 3ra Edición. 77-98.
8. EXSA, (2005). “Manual Práctico de Voladura”, Lima-Perú, 4ta Edición.
9. Hinostroza Sierra, Jaime (2014). Optimización de la fragmentación en las rocas con la aplicación de la doble iniciación electrónica en la explotación de cobre porfirítico a cielo abierto” Tesis, Lima-Perú.
10. IME (2010) “SLP #17” Publicación anual. Chile.

11. LEPILEO SORIANO, PAOLA CONSUELO (2012). “Análisis de modos de falla en el proceso de detonación electrónica” Tesis, Santiago – Chile.
12. Medina, Robert (2014) Evaluación técnico – económico de los resultados de las pruebas realizadas usando emulsiones gasificadas en Cuajone – Southern Perú. – UNI.
13. Olazabal Mora, Javier Octavio (2014) Factibilidad del cambio de sistema de control de mina en la unidad minera Toquepala. – PUCP
14. Orica Mining Services (2012) “Reporte prueba espiral”. Santiago-Chile.
15. ORICA MINING SERVICES (2012). Informe recomendaciones EBS “Análisis de incidentes”. Yanacocha-Perú.
16. Ortiz Sosa, Salomón (2009). Optimización de voladura con el uso de detonadores electrónicos en la mina cerro de Pasco compañía minera Volcan” Tesis, Tacna-Perú.
17. Quispe Concha, V. (2012). “Avances tecnológicos de la voladura en la mina Cuajone – SPCC” – Moquegua. 67-68.
18. Vilela Sangay, Wilson Paul (2014). Análisis de factibilidad para el uso de ANFO pesado a base de emulsion gasificable en minera Yanacocha. – PUCP.


ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: ESTUDIO TÉCNICO - ECONÓMICO PARA LA REDUCCIÓN DE TIROS CORTADOS Y TIROS FALLADOS EN MINERÍA SUPERFICIAL


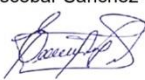
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MUESTRA	DISEÑO	TECNICA Y ESTRATEGIA
<p>PREGUNTA GENERAL: ¿Cómo afecta en forma técnica – económica, en una explotación minera superficial, los tiros cortados y tiros fallados?</p> <p>Objetivo específico: • Evaluar la condición técnica que origina los tiros cortados y tiros fallados. (Causa – efecto)</p> <p>• Evaluar el costo (evaluación económica) y las consecuencias causales de un tiro cortado o fallado.</p> <p>• Conocer las acciones tomadas actuales y proponer las alternativas de control necesarias, para la reducción de incidencias de un tiro cortado o tiro fallado como residuo post-voladura.</p>	<p>Objetivo General: Realizar un estudio técnico económico, en una explotación minera superficial, para la reducción de tiros cortados y tiros fallados.</p> <p>Objetivo específico: • Evaluar la condición técnica que origina los tiros cortados y tiros fallados. (Causa – efecto)</p> <p>• Evaluar el costo (evaluación económica) y las consecuencias causales de un tiro cortado o fallado.</p> <p>• Conocer las acciones tomadas actuales y proponer las alternativas de control necesarias, para la reducción de incidencias de un tiro cortado o tiro fallado como residuo post-voladura.</p>	<p>Principal: Es posible plantear un estudio técnico económico para la reducción de tiros cortados y tiros fallados en una mina superficial.</p>	<p>Variables 01 V1 = Tiros cortados y tiros fallados</p> <p>Indicadores no controlables Estas variables se caracterizan por su gran aleatoriedad, se tiene: • La naturaleza del macizo rocoso. (Caracterización del macizo rocoso, ver anexo 06)</p> <p>• La geología regional, local, (análisis estructural).</p> <p>• La hidrología y las condiciones climatológicas.</p> <p>• Los aspectos geotécnicos. (RQD, RMR)</p>	<p>Variables 02 V2 = Estudio Técnico económico para la reducción de tiros cortados y tiros fallados.</p> <p>Indicadores • Registro de incidencias de tiros cortados y tiros fallados, periodo 2016 en la unidad minera.</p> <p>• Impacto técnico (efecto en la fragmentación P80, producción de pala en tr/día, consecuencias causales).</p> <p>• Impacto económico (valorización del costo del evento del tiro cortado y tiro fallado en dólares).</p>	<p>Unidad Minera Toquepala, de SPCC. Registro de eventos desde 01 enero de 2016 hasta 30 de noviembre 2016. Para efecto de estudio, se tomó una muestra representativa de 09 mayo 2013.</p>	<p>El tipo de investigación es explicativo, de diseño no experimental, "diagrama correlacional, de causa y efecto" desarrollado por el Doctor Kaoru Ishikawa en 1953.</p> <p>Se utilizó la técnica Ishikawa, es explicativo, de diseño no experimental, "diagrama correlacional, de causa y efecto" desarrollado por el Doctor Kaoru Ishikawa en 1953.</p>

Fuente: Elaboración propia.


	ANEXO 1 SIVE TOQUEPALA	TOQ-PETS-016
		EDICIÓN 03
	PETS / CARGUÍO DE TALADROS CON MEZCLA EXPLOSIVA	VALIDO DESDE: 20/07/2015
		Página 1 de 10

EXSA SIVE TOQUEPALA

PETS / CARGUÍO DE TALADROS CON MEZCLA EXPLOSIVA

ELABORADO POR:	REVISADO POR:
Jorge Rodríguez Montes 	Marcelino Castillo Quesada Jair Escobar Sánchez 
Ing. de Seguridad Fecha: 15-07-2015	Ings. Residentes de Área Fecha: 16-07-2015

APROBADO POR:		
Justo Mamani Ccallata Raphael Almedo Medrano 	Richard Sotomayor O. 	Jorge Alva Fernández 
Representante de los Trabajadores. Fecha: 17-07-2015	Representante de la Empresa Fecha: 17-07-2015	Jefe de Servicios a la Minería y Construcción Fecha: 20-07-2015

	ANEXO 1 SIVE TOQUEPALA	TOQ-PETS-016
		EDICIÓN 03
	PETS / CARGUÍO DE TALADROS CON MEZCLA EXPLOSIVA	VALIDO DESDE: 20/07/2015
		Página 2 de 10

1. PERSONAL Y RESPONSABILIDADES

- 1.1. **Supervisores:** Son los responsables de verificar el cumplimiento del presente PETS y asegurarse que las condiciones de trabajo sean las adecuadas.
- 1.2. **Colaboradores:** Son todos aquellos trabajadores que se encuentran entrenados, capacitados y cuentan con el carnet de SUCAMEC para el carguío de taladros. Para el caso de los conductores y operadores deberán de contar con la autorización interna de conducción de vehículos y/o equipos de código 1-P y practicar en todo momento el manejo defensivo.
- 1.3. **Controladores de campo:** Son los responsables de controlar y verificar al inicio y durante el carguío de taladros las mezclas y densidades adecuadas según diseño establecido para lo cual utilizan el formato SVE-F-021 (Medición de Densidades).

2. EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

- 2.1. EPP: Zapatos punta de acero, chaleco naranja con cintas reflectivas, lentes de seguridad, casco
- 2.2. Protector de oídos (según evaluación del IPERC diario)
- 2.3. Respirador con filtros para polvo (según evaluación del IPERC diario)
- 2.4. Guantes de neopreno y/o nitrilo, cuero
- 2.5. Arnés y línea de vida simple en labores sobre 1.80 m.
- 2.6. Bloqueador Solar

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES

- 3.1. Conos y tacos de Seguridad: son dispositivos de seguridad que se utilizan para delimitar el área asignada a un vehículo y/o equipo (conos de seguridad) y bloquear el vehículo o equipo (tacos).
- 3.2. Radio Handy: dispositivo de comunicación que utilizan los conductores, operadores de vehículos y equipos y la supervisión durante el carguío de taladros y el tránsito en mina con la finalidad de mantener una comunicación efectiva de las actividades y anticipar el acercamiento y/o solicitar autorización de pase a los equipos gigantes.
- 3.3. Camioneta Pick UP 4x4: vehículo utilizado para el transporte de personal durante el tránsito en mina. También se cuenta con camionetas Pick Up 4x4 acondicionadas para el transporte de accesorios y explosivos.
- 3.4. Camión Mezclador: camión acondicionado con compartimientos separados para el transporte de agentes de voladura y utilizado para el carguío de taladros.
- 3.5. Wincha de lona de 50 metros: herramienta de medida utilizada por el operador de carguío para determinar la longitud de taco que se requiere durante el carguío de taladros según diseño de carguío establecido.
- 3.6. Balanza digital de plataforma con una capacidad nominal de 10 Kg. (Precisión 0.1 gr y calibrada): equipo de medición de peso de la sustancia destinada a la medición de su densidad en el campo.
- 3.7. Recipiente Cilíndrico de 1,000 cm³: recipiente que contiene a la sustancia destinada a la medición de su densidad en campo.
- 3.8. Espátula: accesorio de limpieza utilizado durante la medición de densidades.
- 3.9. Trapo industrial: elemento textil utilizado para la limpieza durante la medición de densidades en campo.


4. PROCEDIMIENTO

4.1. Reunión de Seguridad Diaria

- 4.1.1. Antes de iniciar con la jornada de trabajo todo el personal participa de la reunión de seguridad del día y establece sus nombres, apellidos y firma correspondiente en el registro de participantes.

4.2. Coordinaciones Previas y Verificación Inicial

- 4.2.1. El Jefe de Perforación y Voladura de la minera (B-1) o el encargado en su reemplazo (B-2), coordina un día antes en la reunión de voladura con las áreas involucradas (Geología,

	ANEXO 1 SIVE TOQUEPALA	TOQ-PETS-016
		EDICIÓN 03
	PETS / CARGUÍO DE TALADROS CON MEZCLA EXPLOSIVA	VALIDO DESDE: 20/07/2015
		Página 3 de 10

Geotecnia, Ingeniería) de la minera los proyectos que serán primados y comunica al residente de EXSA dicho primado y posterior carguío de proyecto y/o el avance de otros proyectos. Para tal efecto se utiliza el formato Reporte de Voladura Diaria de Southern.

4.2.2. Así mismo, en dicha reunión de voladura el residente de EXSA solicita al responsable del área de Perforación y Voladura B-1 la autorización de ingreso a mina para el carguío de taladros en el proyecto designado.

4.2.3. El responsable del área de Geotecnia de la minera confirma en la reunión diaria de voladura la estabilidad de los taludes en el proyecto asignado para el carguío de taladros y autoriza el ingreso de personal de EXSA para el carguío de taladros. Para tal efecto se utiliza el formato Reporte de Voladura Diaria de Southern.

4.3. Pre uso de equipos

4.3.1. El personal responsable y autorizado para la operación del camión mezclador deberá realizar la inspección visual diaria del equipo (vuelta del gallo) antes de la operación y tránsito en mina y luego proceder al llenado del check list en donde registra todas las observaciones detectadas. Si el camión mezclador no se encuentra en condiciones de seguridad adecuadas comunique de inmediato al supervisor para su verificación por el personal de mantenimiento.

4.4. Zona de carguío

4.4.1. Todo el personal involucrado en la tarea realiza el IPERC continuo diario, caso contrario no podrán iniciar la tarea.

4.4.2. Llegando al proyecto designado para el carguío de taladros, el operador del camión mezclador solicitará permiso para ingreso a la malla de carguío al líder de grupo, así mismo tendrá que ser guiado en todo momento por el operador de carguío (personal de piso) dentro de la malla.

4.4.3. Si no tiene espacio de carguío, o por algún motivo deba estacionarse, deberá hacerlo fuera de la malla en retroceso y en zona segura, considerar a 10 metros del talud y listo para salir por cualquier emergencia.

4.4.4. Para ingresar o salir del proyecto, solicitar el permiso correspondiente a los equipos de perforación u otros si los hubiera haciendo uso de la radio y espere la confirmación respectiva por parte del operador de dicho equipo; así mismo transite conservando una distancia adecuada y segura a otros vehículos y/o equipos.

4.4.5. Así mismo, al ingresar a la zona de carguío de taladros en taludes cercanos se debe verificar constantemente la presencia de material inestable y/o rocas colgadas comunicando de inmediato al supervisor de EXSA, el mismo que comunicará al Jefe de Perforación y Voladura B-1 quien coordinará con el área de Geotecnia de la minera Southern y se proceda a realizar la evaluación correspondiente y de ser necesario se restrinja o prohíba el acercamiento de personal y equipos por dicha zona.


4.4.6. Al estacionarse el operador del camión mezclador utiliza sus elementos de bloqueo (caja de cambios trabada a velocidad adecuada, freno de parqueo, retirar la llave de contacto, coloque tacos y conos).

4.5. Carguío de Taladros


4.5.1. Una vez ubicados en el proyecto designado para el carguío de taladros y antes de comenzar la tarea, el Supervisor EXSA inspeccionará el área para identificar los peligros. Cuando se trabaje a menos de 10 m del pie del talud (taladros de pre-corte) se coordinará para la ubicación de un vigía durante todo este proceso con la finalidad de anticipar posibles deslizamientos y/o desprendimientos de material o rocas sueltas.

4.5.2. El operador del camión mezclador verificará la ubicación del equipo y con el apoyo del operador de carguío (personal de piso) ubicará su equipo a una distancia de acercamiento segura mínima de 10 metros de otros equipos (camión mezclador o minicargador) tal que les permita realizar maniobras seguras dentro de la malla al momento de realizar el carguío de taladros.


4.5.3. El supervisor de EXSA o líder de grupo establece el sector de estacionamiento para vehículos y/ o equipos involucrados en una zona contigua al proyecto de tal manera que no interfieran con la tarea.

	ANEXO 1 SIVE TOQUEPALA	TOQ-PETS-016
		EDICIÓN 03
	PETS / CARGUÍO DE TALADROS CON MEZCLA EXPLOSIVA	VALIDO DESDE: 20/07/2015
		Página 4 de 10


- 4.5.4. Para el carguío de taladros el operador del camión mezclador mantiene la radio musical apagada, estando en todo momento atento a las comunicaciones radiales por frecuencia mina (canal 1).
- 4.5.5. El operador del camión mezclador revisará el plano de carguío y diseño de carga establecido, verificará la densidad de la mezcla explosiva antes de cargar el primer taladro. Para ello deberán contar con el equipo necesario para esta operación. Esta densidad será tomada aleatoriamente por el Supervisor EXSA, para constatar la densidad correcta.
- 4.5.6. En cada viaje o antes de iniciar el proceso de carguío, el operador del camión mezclador verterá los kilos necesarios fuera del primer taladro para verificar que la dosificación de la mezcla sea la requerida. El material vertido luego se echara sobre 1 metro del taco inerte del taladro para evitar ensuciar el proyecto.
- 4.5.7. Cargue el brazo de descarga aproximadamente con 70 a 100 Kg de explosivo, dependiendo de las longitudes del brazo, resetear el totalizador de explosivos y proceda al carguío del taladro.
- 4.5.8. Está terminantemente prohibido que el personal transite por debajo del brazo de descarga del camión mezclador, podría desprenderse y causar lesiones graves.
- 4.5.9. La secuencia de carguío de taladros debe ser ordenada (carguío por filas), por ningún motivo el operador del camión mezclador cargará taladros sin la presencia y apoyo del operador de carguío (personal de piso). Tampoco está permitido que un operador de carguío (personal de piso) realice el winchado a dos camiones en simultaneo.
- 4.5.10. El operador de carguío (personal de piso) medirá la longitud de taco con la wincha, según el diseño de carga establecido, e indicará si se requiere aumentar la carga en el taladro cargado.
- 4.5.11. El operador del camión mezclador deberá tener en consideración de la dosificación del petróleo (FO) cuando se fabrique la mezcla explosiva, reportar el % de paso analizado en el primer viaje aproximadamente en el segundo taladro de iniciado el carguío. Como medida adicional se podrá usar colorantes especiales (waxoline) para poder distinguir físicamente la homogeneidad de la mezcla. En el caso de emplear mezcla aceite reciclado / petróleo este mantendrá un color característico (color gris)
- 4.5.12. El operador del camión mezclador deberá tener en consideración de la dosificación del nitrato de sodio, cuando se fabrique la mezcla explosiva, reportar el % de paso analizado en el primer viaje aproximadamente en el segundo taladro de iniciado el carguío.
- 4.5.13. Para "soplar" o limpiar el brazo de descarga, cierre la llave de los inyectores para evitar derrames o contaminaciones en el piso.
- 4.5.14. Todo movimiento del camión mezclador dentro de la malla debe ser guiado por el operador de carguío (personal de piso), de lo contrario abstenerse a realizar maniobras que pueden ser riesgosas, esto se tendrá en cuenta hasta que se retire del proyecto.
- 4.5.15. El camión mezclador nunca debe pasar sobre taladros cargados sin tapar, o taladros sin carga, NO pise los exsaneles o accesorios de voladura, salvo lo autorice el operador de carguío (personal de piso) quien guiará y enterrará los exsaneles para protegerlos y evitar que sean pisados y deteriorados.
- 4.5.16. Las mangas plásticas de los brazos de descarga que dejen de emplearse por desgaste, deberán de ser eliminadas por contener restos de explosivos, cortándolas en pedazos pequeños y depositándolos en los taladros, antes de que estos sean tapados. NUNCA dejar sobre los taladros.
- 4.5.17. Todo taladro cargado deberá ser anotado en el reporte de carguío respectivo y verificado en el plano de la malla, individualizando el número de taladro que corresponda, altura, si tiene agua, cantidades de mezcla empleadas, número de boosters, exsaneles y cualquier observación que se presente en la malla.
- 4.5.18. Si el operador del camión mezclador observa zonas de carguío de riesgo (cerca de crestas, taludes, etc.) comunique de inmediato al supervisor y/o prevencionista para el apoyo necesario.

	ANEXO 1	TOQ-PETS-016
	SIVE TOQUEPALA	EDICIÓN 03
	PETS / CARGUÍO DE TALADROS CON MEZCLA	VALIDO DESDE:
	EXPLOSIVA	20/07/2015
		Página 5 de 10

- 4.5.19. Todo exceso de carga en los taladros se registrará para los controles administrativos.
- 4.6. **Carguío de Taladros con Agua**
- 4.6.1. La manguera de descarga deberá estar marcada cada cierta distancia, con pintura de color, o cinta aislante, no con amarres (pueden jalar la línea descendente del exsanel).
- 4.6.2. Cargar el brazo de descarga con el explosivo determinado, verterlo de manera vacuable a un taladro hasta obtener la dosificación adecuada.
- 4.6.3. Lubricar la manguera de descarga con agua antes de iniciar el carguío. Añadir el porcentaje de nitrato adecuado para la mezcla explosiva Quantex.
- 4.6.4. Ubicar el brazo de descarga en su descanso para iniciar el proceso de bombeo, además que se verifique la dosificación por gravedad en un taladro seco antes de iniciar el proceso.
- 4.6.5. Cargar agua a la Tina y bombear más aire para limpiar y lubricar la manguera de descarga.
- 4.6.6. Regular el paso de rotación del carrete para que se enrolle automáticamente a una velocidad que permita el tiempo adecuado de reposo del explosivo y que desplace el agua evitando atraparla en su interior (afecta la energía y rendimiento del explosivo).
- 4.6.7. Revise siempre los controles de seguridad, relojes de presión, presión en la manguera, sellos, mandos, etc.
- 4.6.8. Recuerde no exceder los 150 PSI de presión, puede romper el sello de seguridad.
- 4.6.9. Posicionar la manguera de descarga al fondo del taladro y subirla medio metro del fondo para iniciar el bombeo del explosivo.
- 4.6.10. La dosificación explosiva e inyección de agua a la mezcla debe ser de ½ hasta 2.0 galones por minuto, considerándola como lubricante entre la mezcla y la manguera. NUNCA exceda las presiones de bombeo establecidas por el fabricante.
- 4.6.11. NUNCA trabaje las bombas en vacío, esta práctica inadecuada eleva la temperatura y es muy peligroso.
- 4.6.12. Al finalizar calcule el espacio de altura del taladro adecuada para completar con la carga de soplado de la manguera y evitar derrames en el terreno, limpie con agua y aire hasta estar seguro de una limpieza eficiente.
- 4.6.13. Finalizada la labor "limpie" el sistema de bombeo y manguera de descarga para evitar obstrucciones.
- 4.6.14. La tina siempre debe estar con agua para diluir la carga "seca" que pudiera caer del brazo de descarga.
- 4.7. **Consideraciones Generales**
- 4.7.1. Solamente podrán participar en el carguío de taladros con explosivos para voladura el personal que cuente con el carnet de SUCAMEC **vigente**.
- 4.7.2. Antes de iniciar el carguío de taladros, el personal debe verificar la delimitación del área o proyecto de voladura a cargar con cintas de seguridad que indiquen "CUIDADO EXPLOSIVOS" o "PELIGRO NO ENTRE", simultáneamente colocar letreros que indiquen "AREA CARGADA CON EXPLOSIVOS", "SOLO PERSONAL AUTORIZADO", con la finalidad de evitar el ingreso al área de carguío de personal o equipo no autorizado.
- 4.7.3. Toda persona que no cuente con el carnet de SUCAMEC y que por razones operativas o de soporte necesita ingresar a la zona delimitada para carguío (Ingeniería, Geología, Geotecnia, etc.), deberá ingresar solo con la autorización del Jefe de Perforación y Disparos de la minera (B-1) o el encargado en su reemplazo (B-2) y conocimiento del supervisor de EXSA.
- 4.7.4. Limpiar el filtro de mezcla (combustible) mínimo dos veces por guardia, reportar estado en la hoja de carguío, registrar en la bitácora de cambio de guardia.
- 4.7.5. Limpiar el filtro de mezcla (nitrato) mínimo una vez por día, reportar estado en la hoja de carguío, registrar en la bitácora de cambio de guardia.
- 4.7.6. El control principal de la altura de carga es por kilos, el winchero realiza medida de control referencial que indica la carga en el taladro y si subió adecuadamente lo previsto.

	ANEXO 1 SIVE TOQUEPALA	TOQ-PETS-016
		EDICIÓN 03
	PETS / CARGUÍO DE TALADROS CON MEZCLA EXPLOSIVA	VALIDO DESDE: 20/07/2015
		Página 6 de 10

- 4.7.7. Para traslado del camión mezclador entre taladros, la manga estará en posición segura evitando derramar explosivo, y siempre con el apoyo y guía del operador de carguío (personal de piso).
- 4.7.8. Taladros donde se detecte anomalías (oquedades o espacios internos), se procederá según el caso a tapar con algún elemento de forma segura y se considerará volver a primar y cargar luego de solucionar ese inconveniente (cantidad coordinada con el Jefe de Perforación y Disparos de la minera (B-1) o el encargado en su reemplazo (B-2)), se registrará en el reporte de carguío.
- 4.7.9. Solamente se procede a cargar los taladros con indicación de kilos de explosivo, si no tiene dicha indicación se obvia el carguío y se comunica al supervisor inmediatamente.
- 4.7.10. Nunca realice el carguío de taladros hasta que quede vacío los compartimientos del camión, puede derramar combustible por el auger vertical (medio ambiente) o cavitarse las bombas.
- 4.7.11. Para traslados cortos no son necesarios desencrochar o desactivar el PTO, NUNCA realice cambios de velocidad con el camión encrochado (PTO activado); así mismo NUNCA sobre pase las 1200 RPM.
- 4.7.12. Distancias largas (mayores a 30 m.), considerar trasladarse con el brazo de descarga en su descanso, evitar fatiga del brazo vertical y desactivar el PTO.
- 4.7.13. Durante toda la labor de carguío de taladros el operador del camión mezclador permanecerá dentro de su cabina, **excepto** cuando realice labores de vibración de tolvas de nitrato quantex, carguío bombeable desde mandos externos, inspección breve por falla inesperada. Para esta actividad deberá evaluar nivel de piso, aplicar freno de emergencia y de ser necesario tacos.
- 4.7.14. En zonas donde la pendiente es pronunciada, para realizar lo indicado en el ítem anterior deberá obligatoriamente colocar tacos para bloquear el movimiento inesperado del camión mezclador.
- 4.7.15. Por ningún otro motivo abandonará el camión mezclador con el motor en marcha, salvo excepciones de seguridad que pongan en riesgo la integridad del equipo y personal (incendio, emergencias).
- 4.7.16. En proyectos que por razones operativas se está terminando de perforar y es necesario avanzar con el carguío de taladros, se debe conservar una distancia mínima de 20 metros a la Perforadora y estar limitada con cintas de seguridad.
- 4.7.17. Para verificar cantidades en las tolvas (compartimientos) de los camiones usar arnés (sobre 1.80 m de altura), colocar la línea de vida una vez posicionado sobre la plataforma superior del camión, subir o bajar haciendo uso de tres puntos de apoyo y de manera frontal.
- 4.7.18. Si los taladros que se perforan son deleznales y existe riesgo de taparse por inestabilidad de las paredes por la presencia de agua, se deberá cargar tan pronto se retira la perforadora, en este caso habrá una excepción de distancia mínima, por situación especial presentada, se coordina antes con el supervisor de EXSA o se solicita un vigía para realizar esta labor.
- 4.7.19. De realizarse algún mantenimiento correctivo al camión, retire el equipo fuera de la zona de carguío y coloque/use los elementos de protección ambiental necesarios (bandeja, bolsas, trapos absorbentes, etc.), no contamine el piso u otro sector.
- 4.7.20. Al finalizar el carguío, debe limpiar los brazos de descarga adecuadamente y también la manguera del bombeable si se usó.
- 4.7.21. Desencrochar el PTO, realice pruebas para asegurarse que se desactivo tal dispositivo.
- 4.7.22. Antes de salir del proyecto revise los neumáticos, puede haber piedra entre ellas, de darse el caso solicite ayuda al mecánico para retirar dicho elemento, evite dañar las mismas.
- 4.7.23. Al finalizar la jornada y de acuerdo al factor climático, el camión mezclador debe quedar con todas las materias primas abastecidas y las tolvas (compartimientos) cerradas por cualquier eventualidad del clima.

	ANEXO 1	TOQ-PETS-016
	SIVE TOQUEPALA	EDICIÓN 03
	PETS / CARGUÍO DE TALADROS CON MEZCLA	VALIDO DESDE:
	EXPLOSIVA	20/07/2015
		Página 7 de 10

4.7.24. Los derrames, levantar con cuidado y verter al taladro sobre la carga explosiva (taladros completamente cargados). Nunca debe quedar explosivo o partes de el sobre el terreno.

4.7.25. Todo daño al sello de ruptura de las bombas debe ser reportado como incidente con daño material.

4.8. Desobturación de agentes de voladura (auger, mangueras)

4.8.1. *Desobturación por la parte superior de las tolvas (compartimientos) del Agente:*

- Solicite apoyo, comunique y coordine con el supervisor de EXSA
- Asegure el vehículo, si está solo (apague el vehículo, aplique freno de emergencia y coloque cuñas); si tiene apoyo de otro colaborador, permanezca en la cabina con freno de parqueo activado, desencroche el sistema del módulo y coordine acciones.
- Mientras este el personal sobre la tolva del camión, preferentemente no accionar el sistema de carguío de taladros, de ser necesario coordine la labor.
- Obligatorio uso de arnés y línea de vida insertada a la baranda de seguridad y/o línea de anclaje en la parte superior del camión
- Use tubo de material anti chispa para la actividad
- Posiciónese corporalmente seguro para evitar daños personales.
- Trate de evitar llegar al eje principal con el tubo para evitar atascamiento.

4.8.2. *Desobturación por compuerta del eje principal:*

- Solicite apoyo, comunique y coordine con el supervisor de EXSA
- Lidera la labor el operador del camión mezclador
- Asegure el vehículo con freno de emergencia activado y tacos
- Libere la carga de los brazos vertical y de descarga
- Considere la labor manual desde los mandos externos o de la cabina
- Abra el seguro y levante la tapa
- Observe la rotación del eje principal o alimentador
- De ser necesario la limpieza de la zona, utilice un elemento de madera.
- Nunca introduzca la mano
- Finalizada la labor: cierre la tapa, coloque seguro y limpie la zona.

5. RESTRICCIONES

5.1.1. Solamente personal entrenado, capacitado y autorizado con el código 1-P realiza la operación del camión mezclador.

5.1.2. Está terminantemente prohibido que el personal transite por debajo del brazo de descarga del camión mezclador, podría desprenderse y causar lesiones graves.

5.1.3. En climas adversos (lluvia, vientos fuertes y neblina densa), comunique de inmediato al supervisor de EXSA y paralice dicha tarea.

5.1.4. Detenga toda actividad si algún: equipo, vehículo, herramienta presenta condiciones sub estándares que ponga en riesgo la integridad personal o de los equipos/vehículos.

5.1.5. Verificar los elementos de seguridad de las bombas; no realice labores si están en condiciones sub- estándares.


5.1.6. No usar celular durante la conducción de vehículos, paralice toda acción y haga uso del equipo.

5.1.7. Si siente fatiga y somnolencia, comunicar al supervisor.

5.1.8. Comunicar al supervisor cualquier malestar corporal, NO auto medicarse y tener en cuenta siempre las prescripciones médicas y/o medicamentos no recomendados por las áreas responsables de EXSA y empresa mandante.

5.1.9. No iniciar, ni utilizar fuego.


5.1.10. Radio musical apagada durante este proceso.

	ANEXO 1	TOQ-PETS-016
	SIVE TOQUEPALA	EDICIÓN 03
	PETS / CARGUÍO DE TALADROS CON MEZCLA EXPLOSIVA	VALIDO DESDE: 20/07/2015
		Página 8 de 10



6. ANEXOS:


6.1.1. Reporte Medición de Densidades:



	MEDICIÓN DE DENSIDADES					SVE-F-021
						Edición 02
Peso de vaso:		Fecha:				
Volumen de vaso:						
Camión mezclador:		Hora:				
Operador:		Proyecto:				
Tiempo de gasificación (min)	Muestras					Observaciones
	1	2	3	4	Promedio	
1						
5						
10						
15						
30						
Densidad final						
Peso de vaso:		Fecha:				
Volumen de vaso:						
Camión mezclador:		Hora:				
Operador:		Proyecto:				
Tiempo de gasificación (min)	Muestras					Observaciones
	1	2	3	4	Promedio	
1						
5						
10						
15						
30						
Densidad final						

	ANEXO 1 SIVE TOQUEPALA	TOQ-PETS-016
		EDICIÓN 03
	PETS / CARGUÍO DE TALADROS CON MEZCLA EXPLOSIVA	VALIDO DESDE: 20/07/2015
		Página 9 de 10


6.1.2. Reporte de Voladura Diaria:

		REPORTE DE VOLADURA DIARIA								
Fecha _____		Lugar _____		Hora: _____						
PROGRAMACION DE DISPAROS							DISPONIBILIDAD DE EQUIPO			
Fecha	Nivel	Tipo		Pala	Pef.	Obs	Equipo EXSA			
		Elec.	Piro				OK	B.O		
							Camiones Vaceables			
							Camiones Bombeables			
							Bod Cats			
TALADROS POR CARGAR										
Perforadoras							Tal. Agua	Tal. Seco		
TALADROS DE PRECORTE										
Perforadora	Taladros por Guardia		Total Tal. Perforados	Tal. Cargados	Tal. Tapados	Taladro por Cargar	Obs			
	Día	Noche								
Perforadora N° 14										
Perforadora N° 6										
Perforadora N° 10										
CONDICIONES DE SEGURIDAD Y OPERACIONES ANTES DEL CARGUIO										
PERF.										
PERF.										
PERF.										
PERF.										
PERF.										
Comentarios:										
Operaciones:										
Geología:										
Geotecnia										
Ingeniería:										
Perf y Vol.:										
EXSA:										
ORICA:										
Acuerdos:										


	ANEXO 1	TOQ-PETS-016
	SIVE TOQUEPALA	EDICIÓN 03
	PETS / CARGUÍO DE TALADROS CON MEZCLA EXPLOSIVA	VALIDO DESDE: 20/07/2015
		Página 10 de 10

ELABORADO POR:	REVISADO POR:
Jorge Rodríguez Montes 	Marcelino Castillo Quesada Jair Escobar Sánchez 
Ing. de Seguridad Fecha: 15-07-2015	Ings. Residentes de Área Fecha: 16-07-2015


APROBADO POR:		
Justo Mamani Ccallata Raphael Almedo Medrano 	Richard Sotomayor O. 	Jorge Alva Fernández 
Representante de los Trabajadores. Fecha: 17-07-2015	Representante de la Empresa Fecha: 17-07-2015	Jefe de Servicios a la Minería y Construcción Fecha: 20-07-2015

	ANEXO 02	TOQ-PETS-011
	SIVE TOQUEPALA	EDICIÓN 02
	PETS / TALADROS NO DETONADOS, DESACTIVACIÓN Y DETONACIÓN	VALIDO DESDE: 01/01/2016
		Página 1 de 5


GERENCIA: Comercial		Área: Servicio integral de voladura EXSA (SIVE)		
1. Personal:				
CARGO: <ul style="list-style-type: none"> Operario de piso, Técnico supervisor, supervisores Autorizaciones vigentes de personal: <ul style="list-style-type: none"> Licencia de manipulador de explosivos otorgado por SUCAMEC Referencias básicas para la labor <ul style="list-style-type: none"> Reglamento Interno de Trabajo (RIT), EXSA Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional de EXSA DS-055-2010-EM, Ley 29783 Ley de seguridad y salud en el trabajo, DS-005-2012 Reglamento de Ley de SST, demás normas Peruanas de Seguridad y Salud en el trabajo (SST) Cursos: Trabajos de alto riesgo (PETAR), Trabajos en altura, Materiales peligrosos (MATPEL), elaboración y análisis del ATS e IPERC, aislamiento de energía 		Referencias relacionadas: Derecho a decir NO SEG-STAD-003 Análisis de trabajo seguro (ATS) SEG-STAD-005 Trabajos de alto riesgo, (PETAR) SEG-STAD-020 Uso de celular SEG-STAD-023 Protección respiratoria SEG-STAD-024 Protección auditiva SEG-STAD-034 Materiales peligrosos SEG-STAD-037 Tormentas eléctricas SEG-STAD-038 Control de fatiga y somnolencia		
2. Equipo de Protección Personal (EPP):				
Equipo Básico: Casco de seguridad, lentes de seguridad, Overol y chaleco, Guantes, Zapatos de seguridad, Protector solar Equipo Específico: Según: labor, exposición y factor climático: protector respiratorio (polvo), Protector auditivo(doble protección auditiva a 30 metros de perforadora u otro equipo similar).				
3. Herramientas, Equipos y Materiales:				
3.1 Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> Lampa Cuchilla estándar 		3.2 Equipos y Materiales: <ul style="list-style-type: none"> Winchas con pesas de plomo Conos y cinta de peligro. Atacador de madera Equipos de comunicación (radio, celular). 		
4. Procedimiento:				
No.	PASO (QUÉ)	EXPLICACION (CÓMO)	Pasos ejecutados (✓) Completado (*) No completado	
4.1	Participación, Coordinación y Comunicación	Considerando que esta labor se puede dar durante el día o en el proceso mismo de la voladura, se requiere mucha coordinación y personal con experiencia. 1. Reunión inicial , Exsa 1 coordina con el personal las labores a realizar para cumplir con la desactivación adecuada y segura de todos los integrantes de estas acciones 2. Comunicación: el uso de radio comunicación debe ser constante de inicio a final de labor, la comunicación debe ser de ida y vuelta.		
4.2	Inspección e identificación de peligros en la zona laboral	1. Observación de peligros relativos a la labor: rocas sueltas o inestabilidad de taludes, crestas, bermas de seguridad, presencia de agua en nivel, ubicación de equipos (perforadoras, tractores, palas, etc.), etc. 2. Identificar peligros a la salud: polvo, ruidos, ambiente climático.		
4.3	Responsabilidades y Autorizaciones	RESPONSABLES DE LABOR: Ing. Residente, supervisor de seguridad (facilitador y verificación de ejecución correcta de labor), técnico supervisor y personal designado para la labor		

	ANEXO 02 SIVE TOQUEPALA	TOQ-PETS-011
		EDICIÓN 02
	PETS / TALADROS NO DETONADOS, DESACTIVACIÓN Y DETONACIÓN	VALIDO DESDE: 01/01/2016
		Página 2 de 5


		<p>VERIFICAN Y AUTORIZAN INICIO DE LABOR: Supervisores (según DS-055-2010-EM. SEG-STAD-005-PETAR)</p> <p>DOCUMENTOS OBLIGATORIOS: antes de inicio de labor</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ REVISIÓN, PRE USO O CHECK LIST (según labor) Herramientas, accesorios: huinchas, pesas de plomo, escaleras, herramientas manuales y de poder, etc. ✓ ATS (análisis de trabajo de alto riesgo) Para todas las labores relativas a trabajos con explosivos <ul style="list-style-type: none"> • Lidera, encargado de la labor, líder del grupo • Supervisor de seguridad, facilita análisis u objeta inicio labor • Ing. Residente, analiza, verifica y autoriza inicio labor ✓ PETAR (Permiso trabajo de alto riesgo) Considerando los riesgos involucrados e inherentes se requiere elaborar el PETAR (SVE-F-141) respectivo a esta acción, asimismo, se debe desarrollar un protocolo específico. Este documento debe ser firmado por el Ing. Residente, Jefe de seguridad y personal involucrado. 		
4.4	Actividades preliminares	<ol style="list-style-type: none"> 1. Considerando la importancia y el alto riesgo de esta labor, el primer objetivo es la seguridad del personal que realizara esta acción, este trabajo debe ser bien analizado y coordinado. 2. El segundo objetivo e importante es encontrar/ recuperar la prima (iniciador y detonador). Estos dos artículos son los accesorios más sensibles de este proceso. 3. Recibida la comunicación de taladro no detonado, se comunica a V1, seguridad de la empresa mandante y socio estratégico, siendo los responsables de esta comunicación: <ul style="list-style-type: none"> • Ing. Residente comunica a V1 • Ing. De seguridad EXSA comunica a los encargados de seguridad de la empresa mandante y socio estratégico. 4. Coordinan labores de verificación de estado del taladro no detonado y según ello se procederá a la desactivación de tal objetivo. 5. El supervisor EXSA 1 conjuntamente con personal se acercan a la zona solicitada. 6. Para evaluar estas acciones necesariamente deben estar presentes: <ul style="list-style-type: none"> • El Supervisor EXSA 1 o técnico supervisor, supervisor de voladura de la empresa mandante o V1 • Personal involucrado en esta actividad: personal encargado de la actividad misma y un vigía o spoter que se ubicara a distancia segura de comunicación visual y verbal para alertar cualquier inconveniente del área circundante. • Supervisor de seguridad, facilita y revisa el correcto llenado del documento ATS, su presencia debe ser de inicio a final de desactivación del TQ 7. Según la ubicación del "TQ", debe evaluarse la altura del talud del material que está circundando al taladro que contiene al TQ, asimismo posibilidad de desprendimiento de rocas. 8. Según el caso primeramente se evaluara el posible TQ. 9. Elaborar el ATS que corresponda a esta actividad 10. Si hay riesgo, debe solicitar maquinaria para poder retirar todo el material circundante y peligroso para la actividad. 11. Estando el área circundante seguro para la labor, coordine acciones relativas a este proceso. 		

	ANEXO 02 SIVE TOQUEPALA	TOQ-PETS-011
		EDICIÓN 02
	PETS / TALADROS NO DETONADOS, DESACTIVACIÓN Y DETONACIÓN	VALIDO DESDE: 01/01/2016
		Página 3 de 5


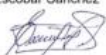
4.5	Verificación de tiros cortados	<ol style="list-style-type: none"> 1. El primer signo de Tiro Quedado ("TQ") es la presencia de masa explosiva de color blanco o color gris claro (por presencia de combustible con aceite usado) o color verdusco (color de emulsión gasificada) 2. Segundo indicio es la presencia del tubo de choque (amarillo) 3. Para determinar la presencia o no del tiro cortado en voladuras con iniciación pirotécnica, verifique la existencia de "polvo químico" HMX en el interior del tubo de choque; después de la inspección se determina si es tiro quedado o no detonado (TQ) 4. Si después de la inspección se confirma la presencia de tiro cortado, comunique inmediatamente a todos los involucrados y proceda a aislar la zona, delimitando a 15 metros del TQ el área con conos, cintas de peligro y señalización de voladura. 5. Verificación del tubo de choque, hay dos métodos: <ul style="list-style-type: none"> • Se corta aproximadamente 20 centímetros del tubo, recomendable que este en buen estado, se coloca una mano a un centímetro de distancia de uno de los extremos del tubo y por el otro extremo del tubo se sopla ligeramente, si sale un polvillo plateado es que esta activo el tubo de choque. • Otro método es que, a esos 20 centímetros de muestra obtenida se le "pela" la primer capa y si se observa la pared del tubo con color plateado es que esta activo dicho tubo. • Si por ambos métodos no se observa lo antes indicado, vuelva a obtener otra muestra para realizar lo mismo, así verifica o descarta el posible TQ. 6. Para ambos casos se debe retirar toda la masa explosiva hasta estar seguro que no hay detonador activo. 7. Según el tipo de explosivo puede <u>usarse agua</u> para retirar dicha masa explosiva hasta ubicar el iniciador y detonador. 8. Por ubicación y material circundante al taladro no se pudiera usar agua con equipo auxiliar (retro excavadora) puede ir retirando el material circundante y con apoyo visual/ manual del personal se va retirando la masa explosiva hasta ubicar el iniciador y detonador. Para esta labor el personal se ubicara fuera del radio de acción del equipo 9. Ubicado el iniciador/ detonador se desactiva y ambos accesorios se trasladan a polvorines para posterior detonación, no debe volver a usarse estos accesorios en el proceso de voladura. 10. La masa explosiva efluente de esta actividad debe ser retirada en bolsas para desecho en interior de taladros de voladura como material de "taco". 		
	Detonación de TIRO Cortado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Por circunstancias de desplazamiento del macizo rocoso no se puede Recuperar la línea descendente pero se ubica el nonel o no se puede ubicar la línea descendente y no se puede retirar la integridad de la columna explosiva, proceda a cebar nuevamente el taladro con booster y nonel. 2. Colocar masa explosiva en cantidad que asegure la detonación de ese taladro con una nueva "prima" 3. Tapar con cuidado y con material fino hasta rellenarlo, de ser necesario coordine tapar con material de la zona hasta asegurar que la proyección de material producto de esta voladura sea mínima 4. al momento de realizar la voladura se tomaran todas las medidas de seguridad y distancias segura de los equipo, considerando que las condiciones de este tipo de voladura son muy diferentes a las condiciones en las que se elaboró el diseño primario. 5. Puede detonarse en unión a otro proyecto de voladura o puede detonarse solo. En ambos casos el protocolo de voladura se procede de modo similar a un disparo de producción inicial. 6. Proceda a conectar el taladro a un retardo y este a su vez con una línea de inicio. 		

	ANEXO 02 SIVE TOQUEPALA	TOQ-PETS-011
		EDICIÓN 02
	PETS / TALADROS NO DETONADOS, DESACTIVACIÓN Y DETONACIÓN	VALIDO DESDE: 01/01/2016
		Página 4 de 5

		<p>Proceda a detonar el taladro y verifique la conformidad respectiva.</p>		
	Verificación post-Voladura	<p>Una vez reiniciado el tiro o los tiros quedados se procederá revisar la zona, debe haber indicios de detonación del objetivo.</p> <p>Se procede a reubicar los taladros con apoyo de topografía y señalar la zona (colocación de cinta y letreros), se comunicará a la supervisión de operaciones para que el minado de la zona se realice con presencia de personal de Voladura durante el día, quienes evaluarán la fragmentación y la ausencia de Toes en el frente, esto con la finalidad que se tenga la seguridad que el taladro o taladros reiniciados hayan detonado en su totalidad.</p>		
4.6	Emergencias: de, salud, seguridad, medio ambiente.	<p>MALESTAR CORPORAL (salud)</p> <ol style="list-style-type: none"> Al primer síntoma de anomalía corporal, fatiga, comunicar al supervisor, compañero o personal más cercano. Paralice toda labor y ubicarse en lugar seguro hasta recibir las primeras atenciones por personal capacitado para estas acciones. De ser emergencia, active la comunicación por los canales establecidos <p>SEGURIDAD</p> <ol style="list-style-type: none"> Cualquier daño personal o material, comunicar inmediatamente al Supervisor inmediato. De no recibir respuesta, comunicar a centro de control de emergencias y aplicar los planes de emergencias y contingencias distribuidos y capacitados para tal efecto. Ante un suceso adverso de daño personal o material, comunicar inmediatamente, no mover ni destruir las evidencias. Tener en cuenta siempre el mapa de riesgos, cantidad y ubicación de extintores e hidrantes de la planta y vehículos, los mismos que son solo para amagos de incendio y deben estar capacitados/certificados para uso de dichos equipos. <p>MEDIO AMBIENTE</p> <p>Todo efluente de esta labor debe desecharse de acuerdo a normas establecidas por EXSA y empresa</p>		
5	RESTRICCIONES	<ol style="list-style-type: none"> 		
	LA SEGURIDAD DEPENDE DE USTED	<ol style="list-style-type: none"> Durante tormentas eléctricas: Alerta roja suspender toda actividad y dirigirse a refugio establecido, en alerta anaranjada realizar trabajo restringido, en alerta amarilla alistar todo lo necesario y comunicar al supervisor para la evacuación respectiva de la zona. No usar celular en la malla de carguío con explosivos y polvorines No usar Celular durante la realización de labores. Paralizar toda acción para hacer uso de dicho equipo. Si realiza labor visual sobre el material disparado con altura igual o mayor a 5 metros, no debe acercarse a menos de 5 metros de la zona de cara libre. Si esta fatigado, auto medicado, o con síntomas de salud anormal, paralice la labor y comunice al supervisor. No usar Herramientas hechizas, o reacondicionadas para la labor Detener toda actividad si algún equipo presenta condiciones sub estándares que pongan en riesgo la integridad personal, medio ambiente o equipos/vehículos. 		

	ANEXO 02 SIVE TOQUEPALA	TOQ-PETS-011
		EDICIÓN 02
	PETS / TALADROS NO DETONADOS, DESACTIVACIÓN Y DETONACIÓN	VALIDO DESDE: 01/01/2016
		Página 5 de 5

		8. Revisar frecuentemente los taludes y zonas de riesgo en campo 9. Ubicar la camioneta conservando distancia establecida a taludes 10. Nunca pasar por debajo de la línea de fuego y/o cargas suspendidas 11. No ingerir alimentos durante la actividad del presente procedimiento. 12. Si no hay las condiciones seguras para la labor, tiene el derecho a decir NO 13. Si las condiciones de luz artificial son deficientes, no realice esta labor 14. No fumar		
--	--	--	--	--

ELABORADO POR:	REVISADO POR:
Jorge Rodríguez Montes 	Marcelino Castillo Quesada Jair Escobar Sánchez 
Ing. de Seguridad Fecha: 15-07-2015	Ings. Residentes de Área Fecha: 16-07-2015

APROBADO POR:		
Justo Mamani Ccallata Raphael Almedo Medrano 	Richard Sotomayor O. 	Jorge Alva Fernández 
Representante de los Trabajadores. Fecha: 17-07-2015	Representante de la Empresa Fecha: 17-07-2015	Jefe de Servicios a la Minería y Construcción Fecha: 20-07-2015

IDENTIFICACION DE PELIGROS EVALUACION Y CONTROL DE RIESGOS (BASE)

FECHA ELABORACION: 19/05/2015

Gerencia:
Proceso :

**MINA
DISPARO**

ANEXO 03

ACTIVIDAD	PELIGRO	RIESGO / CONSECUENCIA	UBICACION	FUENTE DE ENERGIA	BLANCO	RECURRENCIA	SEVERIDAD	NIVEL DE RIESGO			MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR	PLAZO	RESPONSABLE
								A	M	B			
CARGUO DE NITRATO A LA TOLVA DE ABASTECIMIENTO	Accidentes de Traslado	Muerte, siniestro incendio, retraso en la voladura	De Polvorin al Proyecto	Explosivo	B1/ B2	C	2				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Performan y Disparo
	Mal manejo de Nitrato	Golpes, Heridas, Fracturas.	De Polvorin al Proyecto	Explosivo	B1	A	3				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Performan y Disparo
CARGUO DE CAMIONES FABRICA	Caida de personas a distinto nivel (Altura)	Lesiones a distintas partes del cuerpo	Proyorb	Altura	B1	C	4				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Performan y Disparo
	Lesiones a manos y dedos	Lesiones personal en manos ydedos	Proyorb	Manipuleo	B1	C	4				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Performan y Disparo
TRASLADO DE ACCESORIOS DE VOLADURA	Accidentes de Traslado	Muerte, siniestro incendio, retraso en la voladura	De Polvorin al Proyecto	Explosivo	B1/ B2	C	2				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Performan y Disparo
	Caida de accesorios de Voladura	Retrasos en el Proceso	De Polvorin al Proyecto	Explosivo	B1	B	2				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Performan y Disparo
	Mal control de Accesorios de Voladura	Retrasos; fracturas; Fatalidad; incendio; parada en la zona del	De Polvorin al Proyecto	Explosivo	B1	A	3				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Performan y Disparo
	Atropellos al personal	fracturas, heridas, tiempo perdido. Equipos inutilizado. El proceso de carguio se detiene por el accidente	Proyorb	Mecánica	B1/B2/B3	C	3				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Performan y Disparo
CARGUO DE TALADROS PRIMARIOS Y PRIMARIOS	Golpes al personal con mangas	Lesiones menores en el personal, golpes, heridas	Proyorb	Mecánica	B1	C	4				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Performan y Disparo
	Enfanguamientos de camiones	Golpes, abolladuras menores a los camiones Perdidas en el, Retrasos en el proceso	Proyorb	Mecánica	B2/B3	C	4				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Performan y Disparo
	Exposicion a material particulado (polvo)	Afecciones la sistema respiratorio, enfermedad ocupacional (neumococosis)	Proyorb	Polvo	B1	B	3				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Performan y Disparo
	Caidas del personal al mismo nivel o al balastro	Lesiones personales menores, esguinces, contusiones	Proyorb	Cinética	B1	C	5				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Performan y Disparo
	Detonacion Prematura	Incapacidad Permanente, muerte; Roturas de Equipos y materiales; retraso en el proceso	Proyorb	Explosivo	B1/B2/B3	C	2				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Performan y Disparo
AMARRE DE DISPAROS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS	Exposicion a material particulado (polvo)	Afecciones al sistema respiratorio, enfermedad ocupacional (neumococosis)	Cancha de Nitrato	Polvo	B1	B	3				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Performan y Disparo
	Caidas del personal al mismo nivel o al balastro	Lesiones personales menores, esguinces, contusiones	Proyorb	Cinética	B1	C	5				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Performan y Disparo
	No conectar uno o varios balastros	Retrasos en el Proceso, desajustes, incesarios a los equipos	Proyorb	Explosivo	B2/B3	C	3				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Performan y Disparo



IDENTIFICACION DE PELIGROS EVALUACION Y CONTROL DE RIESGOS (BASE)

FECHA ELABORACION: 19/05/2015

ACTIVIDAD	PELIGRO	RIESGO / CONSECUENCIA	UBICACION	FUENTE DE ENERGIA	BLANCO	FRECUENCIA	SEVERIDAD	NIVEL DE RIESGO			MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR	PLAZO	RESPONSABLE
								A	M	B			
DISPARO	Detonación Prematura	Incapacidad Permanente, muerte; Roturas de Equipos y materiales; retraso en el proceso	Proyecto	Explosivo	B1/B2/B3	C	2				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Perforación y Disparo
	Disparos Cargados con explosivos no detonados	Retraso en el proceso	Proyecto	Explosivo	B3	B	4					1	Supervisor Perforación y Disparo
	Personas extrañas dentro del área de influencia de la voladura	Muerte, retraso en el proceso	Proyecto	Explosivo	B1/B3	C	2					1	Supervisor Perforación y Disparo
	Proyección de partículas	Daños al equipo, caída de postes, Golpes, lesiones al personal	Proyecto	Explosivo	B1/B2	B	4					1	Supervisor Perforación y Disparo
TRANSPORTE DE EXPLOSIVOS	Accidentes de Transito	Muerte, siniestro incendio, retraso en la voladura	De Polvorín al Proyecto	Explosivo	B1 / B2	C	2				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Perforación y Disparo
	Caída de explosivos	Retrasos en el Proceso	De Polvorín al Proyecto	Explosivo	B1	B	2					1	Supervisor Perforación y Disparo
	Mal control de explosivos	Heridas; Fracturas; Fatiga; incendio; parada en la zona del siniestro	De Polvorín al Proyecto	Explosivo	B1	A	3					1	Supervisor Perforación y Disparo
DESTRUCCION DE EXPLOSIVOS MALOGRADOS	Onda de detonación	Daños al equipo, caída de postes, Golpes, lesiones al equipo, retraso en el proceso	Proyecto	Vibración	B1 / B2 / B3	C	4				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Perforación y Disparo
	Proyección de partículas	Daños al equipo, caída de postes, Golpes, lesiones al personal	Proyecto	Explosivo	B1/B2	B	4					1	Supervisor Perforación y Disparo
	Gases	Enfermedad Pulmonar	Proyecto	Tóxico	B1	B	2					1	Supervisor Perforación y Disparo
ELIMINACION DE TIROS CORTADOS	Detonación Prematura	Incapacidad Permanente, muerte; Roturas de Equipos y materiales; retraso en el proceso	Proyecto	Explosivo	B1/B2/B3	C	2				Cumplimiento del Procedimiento	1	Supervisor Perforación y Disparo
	Desprendimiento de roca	Golpes, heridas, daños a los equipos, retrasos en el proceso	Proyecto	Explosivo	B1/B2/B3	C	4					1	Supervisor Perforación y Disparo

Líder del Elemento # 4

Superintendente de Mina

Gerente Mina Toquepala

ANEXO 03

ANEXO 04

	REPORTE PRELIMINAR DE OCURRENCIA LABORAL EN MINERIA	SVE-F-073 Edición 01
--	--	-------------------------

Reporte N° <input type="text" value="5"/>	Fecha reporte: <input type="text" value="15-jul-16"/>	Fecha Incidente <input type="text" value="22-jun-16"/>	Hora evento <input type="text" value="13:30:00 p.m."/>
Gerencia <input type="text" value="Comercial"/>	Jefatura <input type="text" value="Servicio a la minería y construcción"/>		
Nombre del Jefe <input type="text" value="Jorge Alva Fernandez"/>	Jefe de operaciones <input type="text" value="Richard Sotomayor Oblitas"/>		
Centro de operación: <input type="text" value="SIVE Toquepala"/>	Residente <input type="text" value="Johnny Galindo Quispe"/>		
Supervisor que reporta: <input type="text" value="Johnny Galindo Quispe"/>	Cargo: <input type="text" value="Ingeniero Residente"/>		
Supervisor durante la OL <input type="text" value="Johnny Galindo Quispe"/>	Cargo: <input type="text" value="Residente"/>		

INVOLUCRADOS:

1 _____ Cargo: _____ Experiencia en cargo: _____

2 _____ Cargo: _____ Experiencia en cargo: _____

Testigos: 1: _____ 2: _____ 3: _____ 4: _____

CLASIFICACIÓN DE DAÑO: Personal Propiedad Medio Ambiente

INCIDENTE: Accidente de trabajo Propiedad Cuasi accidente Producción

Clasificación de accidente de trabajo: Leve Incapacitante Mortal

Tipo de accidente personal: Material va hacia la persona: _____
 La persona va hacia: _____
 Por movimiento indeterminado _____

DESCRIPCIÓN INCIDENTE

Zona corporal o propiedad dañada: Tiro cortado de Precorte, nivel 3070 proyecto 195, fase 04

Lugar dónde se realizo el Incidente/accidente (tajo, polvorin, etc): Fase 4 (Pala 06)

Descripción: El día de hoy viernes 15 de julio 2016 en coordinación con B-1 SPCC y Exsa 1, se realizó el replanteo de puntos de pre corte en fase 3, posteriormente se procede a realizar la excavación manual, identificando 4 tiros cortados de pre corte taladros N° 1079, 1080, 1086 y 1087, posteriormente se realizó la señalización respectiva de la zona cargada con explosivo y letrero de area cargada con explosivo se comunica a B-1 SPCC, para confirmar los 9 tal. de precorte encontrados en su totalidad, ya que días anteriores se detonaron 5 tiros cortados de pre corte (ver imagen)

Acciones correctivas INMEDIATAS

- Se comunica a B1 SPCC los tiros cortados identificados
- Se realiza la señalización de los tiros cortados
- El Residente de EXSA comunica al Jefe de Perforación y Disparos

<p>CAUSAS INMEDIATAS : ACTOS SUBESTÁNDARES</p> <ol style="list-style-type: none"> Omisión de Asegurar: _____ _____ _____ _____ <p>OTROS: _____</p>	<p>CONDICIONES SUBESTÁNDARES</p> <ol style="list-style-type: none"> Fragmentos de Roca con paredes irregulares: Cordón detonante tiene un tiempo de antigüedad mayor a tres años _____ _____ _____
---	---

<p>CAUSAS BÁSICAS : FACTORES PERSONALES</p> <ol style="list-style-type: none"> Falta de Concentración en el Trabajo: _____ _____ _____ 	<ol style="list-style-type: none"> EXSA 1 y EXSA 3 debe realizar la inspección de amarre de cada taladro cargado con famecorte. _____ _____ _____
--	--

ANEXO 04

OTROS: _____

OTROS: _____

CAUSAS BÁSICAS : **FACTORES DE TRABAJO**

1 Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo: a _____

_____ c _____

2 _____ a _____

_____ b _____

_____ c _____

3 _____ a _____

_____ b _____

_____ c _____

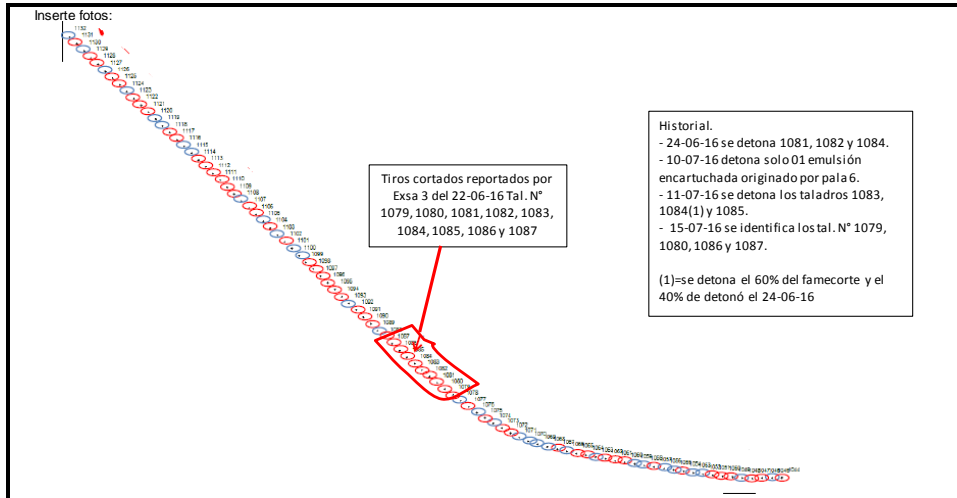
OTROS: _____

OTROS: _____

Acciones correctivas PERMANENTES	Responsable:	Fecha estimada:
1 <u>Diffusión de la ocurrencia a todo el personal del SIVE Toquepala</u>	<u>Johnny Galindo</u>	<u>25/06/2016</u>
2 <u>Cambiar el cordón detonante por los más recientes</u>	<u>SPCC</u>	<u>25/07/2016</u>
3 _____	_____	_____

Comentarios de efectividad de acciones correctivas (llenar Supervisor luego de cumplimiento de acciones correctivas):

Fecha: _____



señalización de la zona TQ

Firma involucrado OL.

Firma Prevenc. de P

Firma supervisor en instante OL.

Firma reportante de OL.

Firma Jefe de unidad

ANEXO 05

**ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN
EN ENERGÍA Y MINERÍA OSINERGMIN**

N° 039-2017-OS/CD

Lima, 9 de marzo de 2017

Visto:

El Memorando N° 553-2016 elaborado por la Gerencia de Supervisión Minera, mediante el cual propone someter a consideración del Consejo Directivo la aprobación del proyecto "Cuadro de Tipificación de Infracciones y Sanciones en Seguridad Minera";

CONSIDERANDO:

Que, mediante Ley N° 29901, Ley que precisa competencias del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería–Osinergmin, publicada el 12 de julio de 2012, se precisó las competencias del Osinergmin para supervisar y fiscalizar, en el ámbito nacional, el cumplimiento de las disposiciones legales y técnicas relacionadas con las actividades de los subsectores minería, electricidad e hidrocarburos;

Que, conforme a lo dispuesto en el artículo 2 del Decreto Supremo N° 088-2013-PCM, Decreto que aprueba Listado de Funciones Técnicas bajo la competencia del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin, publicado el 10 de agosto de 2013, se estableció que las disposiciones legales y técnicas en las actividades de los sectores de energía y minería materia de competencia de Osinergmin están referidas a los aspectos de seguridad de la infraestructura, las instalaciones y la gestión de seguridad de sus operaciones;

Que, asimismo, el artículo 5 del Decreto Supremo N° 088-2013-PCM dispuso que Osinergmin actualizará su Tipificación de Infracciones y Escalas de Multas considerando las funciones establecidas en los anexos aprobados por el mismo Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 024-2016-EM, publicado el 28 de julio de 2016, se aprobó el nuevo Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería;

Que, mediante Decreto Supremo N° 029-2016-EM, publicado el 7 de septiembre de 2016 se modificó el Decreto Supremo N° 024-2016-EM, ampliándose el plazo de adecuación contenido en su disposición complementaria transitoria única, a efecto de que los titulares mineros cumplan con la adecuación a la nuevas obligaciones dispuestas en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería;

Que, el artículo 209 del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, aprobado por Decreto Supremo N° 014-92-EM establece que las personas naturales o jurídicas dedicadas a las actividades de la industria minera, tienen la obligación de proporcionar las condiciones de seguridad en el trabajo establecidas en la propia Ley y en las disposiciones reglamentarias. Asimismo, el artículo 1 de la Ley N° 27699, Ley de Fortalecimiento Institucional de Osinergmin, dispone que toda acción u omisión que implique incumplimiento a las leyes, reglamentos y demás normas bajo el ámbito de competencia del Osinergmin constituye infracción sancionable;

Que, conforme al artículo 13 de la Ley N° 28964, Ley que transfiere competencias de supervisión y fiscalización de las actividades mineras al Osinerg, se establece que para efectos de las funciones de fiscalización y supervisión de las actividades mineras, el Consejo Directivo de Osinergmin está facultado para tipificar los hechos y omisiones que configuran infracciones administrativas;

Que la Gerencia de Supervisión Minera ha presentado el proyecto de Tipificación de infracciones y sanciones en seguridad minera para actualizar y adecuar las infracciones, conforme a las leyes y normas reglamentarias vigentes;

De conformidad con lo dispuesto en el inciso b) del artículo 7 del Reglamento de Organización y Funciones de Osinergmin, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2016-PCM, con la opinión favorable de la Gerencia General, de la Gerencia de Asesoría Jurídica y de la Gerencia de Políticas y Análisis Económico; y estando a lo acordado por el Consejo Directivo de Osinergmin en su Sesión N° 08-2017;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Aprobación

Apruébese el Cuadro de tipificación de infracciones y sanciones en seguridad minera.

Artículo 2.- Publicación

Publíquese la presente Resolución y su Anexo en el diario Oficial "El Peruano", en el portal del Estado Peruano (www.peru.gob.pe) y en el portal institucional de Osinergmin (www.osinergmin.gob.pe).

Artículo 3°.- Vigencia

La presente Resolución entra en vigencia a partir del día siguiente de su publicación.

Artículo 4°.- Derogación

Deróguese la Resolución de Consejo Directivo N° 286-2010-OS/CD.

JESUS TAMAYO PACHECO

Presidente del Consejo Directivo

Osinergmin

ANEXO

CUADRO DE TIPIFICACIÓN DE INFRACCIONES Y SANCIONES EN SEGURIDAD MINERA

Rubro A: incumplimiento de normas sobre avisos, informes, registros, autorizaciones y otros.

Rubro B: Incumplimiento de disposiciones y normas técnicas de seguridad minera.

--	--	--	--	--	--	--

LEYENDA (Base Legal)

Art.: Artículo						
Arts: Artículos						
D.S.: Decreto Supremo						
TUO LGM: Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, aprobado por D.S. N° 014-92-EM y modificatorias.						
RSSO: Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, aprobado por D.S. N° 024-2016-EM y modificatorias.						
RPM: Reglamento de Procedimientos Mineros, aprobado por D.S. N° 018-92-EM y modificatorias.						
Rgto. TUO LGM: Reglamento de Diversos Títulos del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, aprobado por D.S. N° 03-94-EM y modificatorias.						
Resolución CD N° 013-2010-OS/CD: Procedimiento para Reporte de Emergencia en las Actividades Mineras y modificatorias.						
LEYENDA: (Órganos competentes para resolver)						
O.I.: Órgano Instructor						
O.S.: Órgano Sancionador						
DGSM: Divisiones de la Gerencia de Supervisión Minera						
GSM: Gerencia de Supervisión Minera						
TASTEM: Tribunal de Apelaciones y Sanciones en Temas de Energía y Minas						
Rubro A: Incumplimiento de normas sobre avisos, informes, registros, autorizaciones y otros.						
	TIPIFICACIÓN DE LA INFRACCIÓN	BASE LEGAL	SANCIÓN PECUNIARIA	ÓRGANOS COMPETENTES PARA RESOLVER		
				PRIMERA INSTANCIA		SEGUNDA INSTANCIA
				O.I.	O.S.	
1	Incumplimientos por no presentar avisos e informes sobre accidentes y emergencias					
1.1	Aviso de accidente mortal.	Art. 9° de la Ley N° 28964, arts. 26° literal e) y 164° literal c) del RSSO, arts. 4° y 5° de la Resolución CD N° 013-2010-OS/CD.	15 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
1.2	Aviso de incidente peligroso y/o situación de emergencia	Art. 9° de la Ley N° 28964, arts. 26° literal e) y 164° literal c) del RSSO, arts. 4° y 5° de la Resolución CD N° 013-2010-OS/CD.	15 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
1.3	Informe detallado de investigación de accidente mortal.	Art. 9° de la Ley N° 28964, arts. 26° literal e) y 164° del RSSO, arts. 4° y 5° de la Resolución CD N° 013-2010-OS/CD.	15 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
1.4	Informe de investigación de incidente peligroso y/o situación de emergencia.	Art. 9° de la Ley N° 28964 y art. 26° literal e) del RSSO, arts. 4° y 5° de la Resolución CD N° 013-2010-OS/CD.	15 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2	Incumplimientos por no presentar información					
2.1	Informe del cumplimiento de las recomendaciones y medidas anotadas en el libro de Seguridad y Salud Ocupacional.	Arts. 14°, art. 26° literal q) del RSSO.	Hasta 100 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.2	Aviso de instalación y actividades eléctricas.	Art. 360° literal a) del RSSO.	Hasta 100 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.3	Informe de construcción de estación de abastecimiento de petróleo.	Art. 384° literal a) del RSSO.	Hasta 100 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.4	Copia del Acta de aprobación del Programa Anual de Seguridad y Salud Ocupacional.	Art. 57° último párrafo del RSSO.	Hasta 1500 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
3	Incumplimientos por no contar con registros y documentos					
3.1	Registro de Cables.	Art. 302° del RSSO.	Hasta 50 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
3.2	Registro de calderos y tanques de aire comprimido.	Arts. 368° y 369° del RSSO.	Hasta 50 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
3.3	Registro de escaleras fijas.	Art. 372° literal e) del RSSO.	Hasta 50 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
3.4	Memoria Descriptiva, plano de ubicación, y plano de ventilación en sala o estación de carguío de baterías.	Art. 257° del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
3.5	Acta de aprobación de plan de minado.	Arts. 29° literal b) del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
3.6	Libro de seguridad y salud ocupacional.	Art. 14° del RSSO.	Hasta 100 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
4	Otras obligaciones					
4.1	Autorización de actividades de exploración y explotación (incluye plan de minado).	Art. 29° del RSSO y art. 75° del RPM.	Hasta 10,000 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
Rubro B: Incumplimiento de disposiciones y normas técnicas de seguridad minera.						
				ÓRGANOS COMPETENTES PARA RESOLVER		

	TIPIFICACIÓN DE LA INFRACCIÓN	BASE LEGAL	SANCION PECUNIARIA	PRIMERA INSTANCIA		SEGUNDA INSTANCIA
				O.I.	O.S.	
1	Incumplimiento de autorizaciones de construcción y funcionamiento para concesiones y componentes mineros					
1.1	Autorización de construcción.	Arts. 37°, 42° y 75° del RPM, art. 18° del TUO LGM, art. 26° literal s) y 29° del RSSO y art. 4° del D.S. N° 001-2015-EM.	Hasta 10,000 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
1.2	Autorización de funcionamiento	Art. 38° y 75° del RPM, art. 18° del TUO LGM, art. 42° y 50° del Rgto. TUO LGM, art. 26° literal s) y 29° del RSSO y art. 4° del D.S. N° 001-2015-EM.	Hasta 10,000 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2	Incumplimiento de normas de diseño, instalación, construcción, montaje, operación, proceso y control de terreno					
2.1	En concesiones mineras					
2.1.1	Estudios y planos.	Arts. 33°, 220°, 226° literal a), 227°, 260°, 263°, 265°, 341°, 342°, 343° y 345° del RSSO.	Hasta 1,100 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.2	Plan de minado.	Art. 34° del RSSO.	Hasta 450 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.3	Operación de botaderos.	Arts. 266° y 323° del RSSO.	Hasta 250 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.4	Estaciones de refugio.	Art. 151° del RSSO.	Hasta 500 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.5	Control de terreno.	Arts. 214° a) ,b) ,c) ,d) ,e) ,f) ,g) ,h) ,i) y j) y 229° del RSSO.	Hasta 1,200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.6	Rampas, vías, bancos y diseño.	Arts. 216° y 262° literales a) ,b) ,c) ,d) ,e) ,f) y h) del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.7	Desate y Sostentamiento.	Arts. 133°, 213°, 218°, 224°, 225°, 226° b) ,c) y e) , 228°, 230° y 231° del RSSO.	Hasta 1,100 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.8	Galerías, chimeneas y diques.	Arts. 219°, 221°, 222°, 244°, 245° y 296° literal h) del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.9	Parrillas.	Art. 223° del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.10	Acceso, vías de escape y labores paralizadas.	Art. 277° del RSSO.	Hasta 550 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.11	Ventilación.	Arts. 131°, 132°, 246°, 247°, 248°, 249°, 250°, 251°, 252°, 253°, 254°, 256°, 257°, 258°, 259°, 402° literal i) y 295° literal b) del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.12	Drenaje y bombeo.	Arts. 260° y 261° del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.13	Baranda y mallas.	Art. 357° del RSSO.	Hasta 100 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.14	Carreteras de alivio.	Art. 215° del RSSO.	Hasta 250 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.15	Pendientes del tajo.	Art. 264° del RSSO.	Hasta 250 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.16	Explotación en placeres.	Arts. 275° y 276° del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.17	Explotación de carbón.	Art. 274° del RSSO.	Hasta 1,500 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.18	Carguío de mineral en tajo abierto.	Art. 309° del RSSO.	Hasta 450 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.1.19	Sistema de izaje.	Art. 371° del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.2	En concesiones de beneficio (plantas concentradoras, pirometalúrgicas, hidrometalúrgicas y electrometalúrgicas)					
2.2.1	Estudios y planos.	Arts. 33°, 260°, 344° y 345° del RSSO.	Hasta 550 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.2.2	Reparación, mantenimiento y limpieza.	Art. 319° del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.2.3	Ventilación.	Arts. 315°, 316°, 317°, 338° literales b) y m) y 340° literal d) del RSSO.	Hasta 50 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.2.4	Disposiciones de seguridad y otros.	Arts. 320°, 321°, 322° 327° a) ,b) ,c) ,d) ,e) ,g) ,h) e i) y 328° literales a) y c) del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.2.5	Operación de depósitos de relaves y pilas de lixiviación.	Art. 323° del RSSO y art. 4° del D.S. N° 001-2015-EM.	Hasta 10,000 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.2.6	Pozos de solución de cianuro, disposición de residuos del proceso de cianuración y el abandono.	Art. 338° literales h) ,j) y k) del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.2.7	Vaciado de los materiales fundidos.	Art. 91° segundo párrafo del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.2.8	Baranda y mallas.	Art. 357° del RSSO.	Hasta 100 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.2.9	Sistema de izaje.	Art. 371° del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
2.3	Concesiones de transporte					
2.3.1	Programa de supervisión y mantenimiento, sistema de control de monitoreo de operación, de monitoreos topográficos y otros.	Arts. 324° y 325° del RSSO.	Hasta 3,200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
3	Incumplimiento de normas de procedimiento, ejecución de trabajos, IPER y PETS					
3.1	Equipamiento para labores.	Arts. 131°, 132° y 136° del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM

3.2	Control de riesgos.	Art 26° literales l) y s) del RSSO.	Hasta 1,500 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
3.3	Identificación de peligros, evaluación y control de riesgos.	Arts. 30°, 44° literal k), 95°, 96° y 97° del RSSO.	Hasta 500 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
3.4	Ingreso a labores o ambientes abandonados.	Art. 30° del RSSO.	Hasta 300 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
3.5	Estandares y Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS).	Arts. 26° literal j), 33°, 44° literales b), d) y g), 98°, 129°, 133°, 136°, 220°, 307° literal e) numeral 4, 318°, 326°, 329° literal o) del RSSO.	Hasta 1,500 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
3.6	Manual de PETS y Estándares.	Art. 98° del RSSO.	Hasta 50 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
4 Incumplimiento de normas de almacenamiento, transporte, manipuleo de explosivos y agentes de voladuras						
4.1	Certificado de Operación Minera.	Art. 278° del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
4.2	Polvorines.	Arts. 279°, 280°, 281°, 284° y 286° del RSSO.	Hasta 250 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
4.3	Almacenamiento.	Arts. 282°, 283° y 285° del RSSO.	Hasta 250 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
4.4	Manipuleo y destrucción.	Arts. 285° literal c), 288° y 289° del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
4.5	Transporte.	Art. 287° del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
4.6	Agentes de voladura.	Arts. 290° y 291° del RSSO	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
5 Incumplimiento de normas sobre perforación y voladura.						
5.1 En minería subterránea						
5.1.1	Perforación y voladura.	Arts. 234° y 235° del RSSO.	Hasta 850 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
5.1.2	Voladura No Eléctrica.	Arts. 237° y 238° del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
5.1.3	Voladura Eléctrica.	Arts. 239°, 240°, 241°, 242° y 243° del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
5.1.4	Monitoreo.	Art. 236° del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
5.2 En cielo abierto						
5.2.1	Perforación y voladura	Art. 267° literales a), b), c), d), e), f), g), h), e i), 269° y 270° del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
5.2.2	Monitoreo	Art. 268° del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
6 Incumplimiento de normas de supervisión e inspecciones						
6.1 Supervisión						
6.1.1	Perfil profesional del supervisor.	Art. 323° del RSSO.	Hasta 250 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
6.1.2	Obligaciones del supervisor.	Arts. 38° numerales 1), 3), 4), 7), 8), 11) y 12), 39°, 167° y 327° inciso f) del RSSO.	Hasta 250 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
6.1.3	Supervisión permanente.	Arts. 38° numeral 13), 220° y 307° literal e) numeral 4) del RSSO.	Hasta 60 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
6.1.4	Obligaciones del Gerente del Programa de Seguridad y Salud Ocupacional.	Art. 69° literales a), d), e), f) y n) del RSSO.	Hasta 250 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
6.2 Inspecciones						
6.2.1	Inspecciones.	Arts. 26° literal m), 63° literal f), 131°, 140°, 141°, 142°, 143° y 144° del RSSO.	Hasta 1,500 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
6.2.2	En tolvas.	Art. 308° literal c) del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
6.2.3	En escaleras y pasillos.	Art. 372° literal e) del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
6.2.4	En cables de suspensión.	Art. 271° literal b) del RSSO.	Hasta 90 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
7 Incumplimiento de normas de transporte de carga, acarreo, descarga.						
7.1	Transporte, carga, acarreo y descarga.	Arts. 292° literales a), c) y e), 293° literales a) b), c), d), e), g), h), i) y j), 294° y 295° del RSSO.	Hasta 350 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
7.2	Pique y castillo.	Arts. 296°, 297°, 299° y 300° del RSSO.	Hasta 150 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
7.3	Cables de jaulas.	Art. 301° del RSSO.	Hasta 150 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
7.4	Cables de izaje.	Arts. 303°, 304°, 305° y 306° del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
7.5	Echaderos, tolvas y chutes.	Arts. 307° y 308° literales a), b) y d) del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
7.6	Limpieza.	Art. 293° literal f) del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
7.7	Plataformas y elementos de las vías.	Art. 312° del RSSO.	Hasta 110 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
7.8	Cambios y cruces.	Arts. 313° y 314° del RSSO.	Hasta 110 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
7.9	Depósito o contenedores de sustancias o materiales peligrosas	Art. 337° del RSSO.	Hasta 50 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
8 Incumplimiento de normas de prevención y control de incendios y emergencia						
8.1	Material inflamable y prevención.	Arts. 402° y 403° literales b), c) y d) del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
8.2	Sistema de alarma.	Art. 403° literal e) del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
8.3	Sistema contra incendios.	Art. 388°, 404° y 406° del RSSO.	Hasta 250 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
8.4	Extintores.	Art. 405° del RSSO.	Hasta 50 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
8.5	Estaciones de baterías.	Art. 257° del RSSO.	Hasta 250 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
8.6	Depósito de explosivos.	Art. 407° del RSSO.	Hasta 310 UIT	DGSM	GSM	TASTEM

8.7	Plan de preparación y respuesta de emergencia.	Art. 148°, 150° y 403° literal a) del RSSO.	Hasta 1,500 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
9 Incumplimiento de normas de almacenamiento, depósito de concentrados, carbón activado y refinados; y, talleres de mantenimiento						
9.1	Apilamiento, almacenaje y almacenes.	Arts. 397° y 398° literales a) y b) del RSSO.	Hasta 100 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
9.2	Concentrados, refinados y carbón activado.	Arts. 329° literales a), b), c), d), e), f), g), h), i), j) y k), 330° y 331° del RSSO.	Hasta 50 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
9.3	Disposición y manejo de residuos mineros.	Art. 400° del RSSO.	Hasta 10,000 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
9.4	Talleres de mantenimiento.	Arts. 389°, 391°, 392° y 393° del RSSO.	Hasta 400 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
9.5	Talleres Subterráneos.	Arts. 394°, 395° y 396° del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
10 Incumplimiento de normas de edificaciones o instalación						
10.1	Edificios permanentes o temporales.	Art. 380° literales a), b), c), d), e), f), g), j), k) y l) del RSSO.	Hasta 300 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
10.2	Ascensores y elevadores.	Art. 381° del RSSO.	Hasta 150 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
10.3	Pozos y pasos a nivel y personal a la Intemperie.	Art. 382° del RSSO.	Hasta 300 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
10.4	Local subterráneo en minera sin rieles.	Art. 383° del RSSO.	Hasta 300 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
10.5	Estación de abastecimiento y depósito de petróleo.	Arts. 384° literal c) y 387° del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
10.6	Instalación y uso de tubos de transporte de petróleo.	Arts. 385° y 386° del RSSO.	Hasta 500 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
11 Incumplimiento de normas de instalaciones eléctricas e iluminación						
11.1	Instalaciones eléctricas	Arts. 360° literales b), c), d), e), f), g) h), i), j), k), l), m) y n) , 361°, 362°, 363° y 365° del RSSO.	Hasta 350 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
11.2	Tableros de control y herramientas eléctricas.	Arts. 364° y 366° del RSSO.	Hasta 100 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
11.3	Iluminación.	Arts. 352°, 354°, 355°, 356°, 357°, 358° y 359° del RSSO.	Hasta 110 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
11.4	Iluminación en talleres de mantenimiento, equipos reflectores y focos portátiles.	Art. 390° del RSSO.	Hasta 110 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
12 Incumplimiento de normas de agua, aire comprimido y calderos						
12.1	Instalaciones.	Art. 367° del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
12.2	Calderos.	Art. 368° del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
12.3	Tanques de aire comprimido y los tanques de gas.	Art. 369° del RSSO.	Hasta 150 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
13 Incumplimiento de normas de escaleras y andamios						
13.1	Escaleras y andamios.	Arts. 372° literales a), b), c), d), f), g), h), i), j), k) y l) y 373° del RSSO.	Hasta 100 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
14 Incumplimiento de normas de maquinaria, equipos y herramientas						
14.1	Instalación, operación y mantenimiento.	Arts. 374° y 377° del RSSO.	Hasta 150 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
14.2	Mantenimiento, protección y uso.	Arts. 271° literales a), b), c), d), e), f), g), h), i) y j), 272°, 375°, 376° literal b) y 378° del RSSO.	Hasta 150 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
14.3	Instalación mecánica.	Art. 376° literales a) y d) del RSSO.	Hasta 150 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
14.4	Sistemas de protección contra vuelcos.	Art. 379° del RSSO.	Hasta 150 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
15 Incumplimiento de normas de sistema de candados y tarjetas de seguridad						
15.1	Sistema de candados y tarjetas de seguridad.	Arts. 346°, 347°, 348°, 350° y 351° del RSSO.	Hasta 120 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
16 Incumplimiento de normas de señalización						
16.1	Señalización de las labores.	Arts. 127°, 128°, 217°, 221° literal a), 262° literales d) y g) y 292° literales b) y d) del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
16.2	Señalización de sistema de izaje.	Art. 371° literales f) y g) del RSSO.	Hasta 100 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
17 Incumplimiento de normas de instalaciones de transporte de personal y sistema de comunicaciones.						
17.1	Jaulas.	Arts. 411°, 412°, 415° y 416° del RSSO.	Hasta 100 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
17.2	Sistema de izaje.	Arts. 413° y 414° del RSSO.	Hasta 100 UIT	DGSM	GSM	TASTEM
17.3	Sistema de comunicación.	Arts. 137° y 139° literal e) del RSSO.	Hasta 200 UIT	DGSM	GSM	TASTEM

ANEXO 06

TIPO DE ROCA	SIMB
MATERIAL RELLENO	Relleno
ALTA ANDESITA	Aa
RIOLITA TOQUEPALA	Tr
ANDESITA TOQUEPALA	Ta
ANDESITA TOQUEPALA SIL.	Ta-Sil
PORFIDO CUARCIFERO TOQUEPALA	Tq
DOLERITA TOQUEPALA	Td
PORFIDO CUARCIFERO QUELLAVECO	Qq
LATITA PORFIRITICA	Lp
DACITA AGLOMERADA	Da
DACITA PORFIRITICA SER.	Dp-Qs
DACITA PORFIRITICA SIL.	Dp-Sil
DACITA PORFIRITICA QTZ	Dp-Qtz
DIORITA SER.	Di-Qs
DIORITA PROP.	Di-Prop
BRECHA DIORITA SER.	DiBx-Qs
BRECHA ANGULAR SER.	Bx-Qs
BRECHA ANGULAR SIL	Bx-Sil
BRECHA ANGULAR QTZ	Bx-Qtz
BRECHA TURMALINA	BxT
BRECHA TURMALINA QTZ	Bxt-Qtz
PEBBLE BRECHA SER.	Px-Qs
PEBBLE BRECHA SIL	Px-Sil
PEBBLE BRECHA QTZ	Px-Qtz
BRECHA G/A	Bx-G/A
BRECHA TURMALINA G/A	BxT-G/A
DACITA G/A	Dp-G/A
DIORITA G/A	Di-G/A
BRECHA DIORITE G/A	DiBx-G/A
PEBBLE BRECHA G/A	Px-G/A
PORFIDO CUARCIFERO QUELLAVECO G/A	Qq-G/A
DACITA AGLOMERADA G/A	Da-G/A
PORFIDO CUARCIFERO QUELLAVECO PROP.	Qq-Prop
PEBBLE BRECHA TURMALINA	Px-T
BRECHA DACITA G/A	DpBx-G/A
BRECHA ANGULAR QTZ	Bx-Silic
DACITA PROP.	Dp-Prop
PEBBLE- DACITA AGLOMERADA PROP.	PxDa
PEBBLE- DACITA AGLO. PROP. G/A	PxDa-G/A
BRECHA ARGILICA	Bx-Arg
AGLOMERADO VOLCANICO	Agl-Volc

ANEXO 06

TIPO DE ROCA	POROSIDAD (%)
Diorita argilizada	6.40
Brecha angular argilizada	2.22
Pebble brecha argilizada	6.51
Latita porfirítica	1.60
Dacita porfirítica silicificada	2.18
Dacita aglomerada	6.45
Toquepala andesita	---
Dacita porfirítica argilizada	3.15
Cuarzo Quellaveco silicificada	2.55
Brecha angular silicificada	1.85
Toquepala riolita	---
Pebble brecha silicificada	5.79
Dacita porfirítica con yeso anhidrita	---
Brecha angular silicificada con turmalina y yeso anhidrita	---
Brecha angular silicificada con turmalina	2.14

TIPO DE ROCA	DENSIDAD TM/m3
Diorita argilizada	2.27
Brecha angular argilizada	2.73
Pebble brecha argilizada	2.56
Latita Porfirítica	2.60
Dacita Porfirítica silicificada	2.57
Dacita aglomerada	2.51
Toquepala andesita	2.55
Dacita Porfirítica argilizada	2.31
Cuarzo Quellaveco silicificada	2.64
Brecha angular silicificada	2.68
Toquepala riolita	2.41
Pebble brecha silicificada	2.62
Dacita Porfirítica con yeso anhidrita	2.50
Brecha angular silicificada con turmalina y yeso anhidrita	2.67
Brecha angular silicificada con turmalina y yeso anhidrita	2.68

TIPO DE ROCA	RESISTENCIA A LA COMPRESION (MPA)
Diorita argilizada	77.69
Brecha angular argilizada	125.16
Pebble brecha argilizada	44.79
Latita porfirítica	107.48
Dacita porfirítica silicificada	129.91
Dacita aglomerada	103.80
Toquepala andesita	179.92
Dacita porfirítica argilizada	30.42
Cuarzo Quellaveco silicificada	118.17
Brecha angular silicificada	94.52
Toquepala riolita	136.06
Pebble brecha silicificada	95.30
Dacita porfirítica con yeso anhidrita	152.97
Brecha angular silicificada con turmalina y yeso anhidrita	74.18
Brecha angular silicificada con turmalina	138.67

TIPO DE ROCA	RESISTENCIA A LA TRACCION (MPA)
Diorita argilizada	10.50
Brecha angular argilizada	11.89
Pebble brecha argilizada	4.93
Latita porfirítica	17.20
Dacita porfirítica silicificada	16.91
Dacita aglomerada	14.32
Toquepala andesita	22.49
Dacita porfirítica argilizada	4.03
Cuarzo Quellaveco silicificada	15.97
Brecha angular silicificada	13.13
Toquepala riolita	18.14
Pebble brecha silicificada	13.18
Dacita porfirítica con yeso anhidrita	18.43
Brecha angular silicificada con turmalina y yeso anhidrita	8.61
Brecha angular silicificada con turmalina	17.78

TIPO DE ROCA	COHESION (MPA)
Diorita argilizada	145.61
Brecha angular argilizada	128.83
Pebble brecha argilizada	75.75
Latita porfirítica	219.19
Dacita porfirítica silicificada	238.98
Dacita aglomerada	196.55
Toquepala andesita	324.31
Dacita porfirítica argilizada	56.84
Cuarzo Quellaveco silicificada	221.40
Brecha angular silicificada	179.61
Toquepala riolita	253.32
Pebble brecha silicificada	180.70
Dacita porfirítica con yeso anhidrita	270.69
Brecha angular silicificada con turmalina y yeso anhidrita	253.16
Brecha angular silicificada con turmalina	252.19

TIPO DE ROCA	ANGULO DE FRICCION INTERNA
Diorita argilizada	49.63
Brecha angular argilizada	55.74
Pebble brecha argilizada	53.50
Latita porfirítica	46.40
Dacita porfirítica silicificada	50.32
Dacita aglomerada	49.25
Toquepala andesita	51.06
Dacita porfirítica argilizada	49.98
Cuarzo Quellaveco silicificada	49.63
Brecha angular silicificada	49.12
Toquepala riolita	49.88
Pebble brecha silicificada	49.20
Dacita porfirítica con yeso anhidrita	51.72
Brecha angular silicificada con turmalina y yeso anhidrita	52.38
Brecha angular silicificada con turmalina	50.60

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE LA MASA ROCOSA

MACIZO ROCOSO		(GSI)	(RMR)	Calidad (RMR)	Clase	RC	RT
Rocas con Yeso Anhidrita	G/A	88.00	93.00	I	Muy Buena	179.20	8.80
Promedio		88.00	93.00	I	Muy Buena	179.20	8.80
Rocas Intrusivas							
Dacita Aglomerada	Da	87.00	92.00	I	Muy buena	179.20	7.80
Dioritas	Di	79.00	84.00	II	Buena	152.90	5.20
Pebble Brecha	Px	63.85	68.85	II	Buena	136.90	12.10
Promedio		76.62	81.62	I	Muy buena	156.33	8.37
Rocas Volcanicas							
Pórfido Cuarzifero	Tq	73.00	78.00	II	Buena	122.30	5.50
Alta Aandesita	Aa	54.20	59.20	III	Regular	131.90	13.30
Riolita Toquepala	Ta	65.95	70.95	II	Buena	120.90	12.80
Dolerita Toquepala	Tr	57.10	62.10	II	Buena	72.50	6.10
Dolerita Toquepala	Td	62.80	67.80	II	Buena	61.20	11.80
Cuarzo Quellaveco	Qq	54.00	59.00	III	Buena	57.10	8.20
Promedio		61.18	66.18	II	Regular	94.32	9.62
<u>Descripción</u>		<u>Criterios de Clasificación RMR</u>					
RMR: Clasificación Geomecánica de Bienawski (1989)		Calidad	Clase	Valoración			
SMR: RMR modificado para taludes rocosos (Romana 1985)		Muy mala	V	0 a 20			
RC: Resistencia a la compresión (Mpa)		Mala	IV	21 a 40			
RT: Resistencia a la Tracción (Mpa)		Regular	III	41 a 60			
		Buena	III	61 a 80			
		Muy buena	I	81 a 100			

MACIZOS ROCOSOS	UNIDADES LITOLÓGICAS	TIPOS DE ROCAS
ROCAS CON YESO	ROCAS INTRUSIVAS	DiBx-G/A
		Di-G/A
		Dp-G/A
		PxSil-G/A
	BRECHAS	Bx-G/A
BxT-G/A		
ROCAS SIN YESO	ROCAS INTRUSIVAS	Di-Prop
		Di-Qs
		Da
		Px
		Lp
	BRECHAS	Bx-Qs
		Bx-Sil
		BxT
		Px-Qs
	ROCAS VOLCANICAS	Qq
		Td
		Ta
		Ta-Sil
		Tr
		Tr-Sil
Tq		
Aa		

ANEXO 07 COSTO DEL EVENTO CASO 04

Resumen Costo Tiro Fallado

Explosivo:	33 991,12 US\$
Perforación:	15 517,2 US\$
Costo Supervisión Evento:	669,68 US\$
Penalidades por Contrato:	1 234,53 US\$
Costo Por Reperforación:	34 300,1 US\$
Sanciones Legales:	0 US\$
Total:	85 713 US\$

Costo proyecto:	196 289,7 US\$
Costo Evento Tiro fallado:	85 713 US\$
Impacto Económico	43,7%

Costo Desactivación de Tiro Fallado (Tiro Cortado y Quedado)

Equipo	Modelo	Hrs	US\$/Hr	Capacidad	Capacidad	Costo Total (US\$)
Cargador Frontal	CAT 992	0	120	16 YD3	22 TM	0 US\$
Cisterna con Agua		332	2	60	----	120 US\$
TRACTORES D10N	T101	1	181,8	17.2 m3	----	181,8 US\$
TRACTOR D9N	F966	4	221,6	11.9 m3	----	886,4 US\$

Total: 1188,2 US\$

Costo por Supervisión evento		Desactivación (Hrs): 22	
Mano de Obra	Costo	Uni.	Costo Total
Supervisor	12,32	US\$/H-H	271,0 US\$
Operario de Voladura	9,61	US\$/H-H	211,4 US\$
Ayudante	8,51	US\$/H-H	187,2 US\$
Total:			669,68 US\$
Servicio de voladura Facturado:			US\$ 123 453,00
Penalidades por Contrato (1% del servicio):			US\$ 1 234,53
		N° Taladros	
Reperforación		41	US\$ 10 603
Explosivo		41	US\$ 23 696,65
Costo por Reperforación:			US\$ 34 300

CANTIDAD DE EXPLOSIVOS

Cantidad de Taladros	N° Tal.	Explosivo por taladro	Consumo Total
Tal. Amortiguación	12	833	9 996,0
Tal. Producción	48	931	44 688,0
Total:			54 684,0

COSTO POR PERFORACIÓN

Cantidad de Taladros	N° Tal.	Costo por Tal. Perforado	Costo Total (US\$)
Tal. Amortiguación	12	181,5	2 178,0
Tal. Producción	48	181,5	8 712,0
Total:			10 890,0

COSTO POR EXPLOSIVO

Cantidad de Taladros	N° Tal.	Costo Explosivo por Taladro	Costo Total (US\$)
Tal. Amortiguación	12	\$ 520,73	6 248,7
Tal. Producción	48	\$ 577,97	27 742,4
Total:			33 991,1

COSTO POR ACCESORIOS

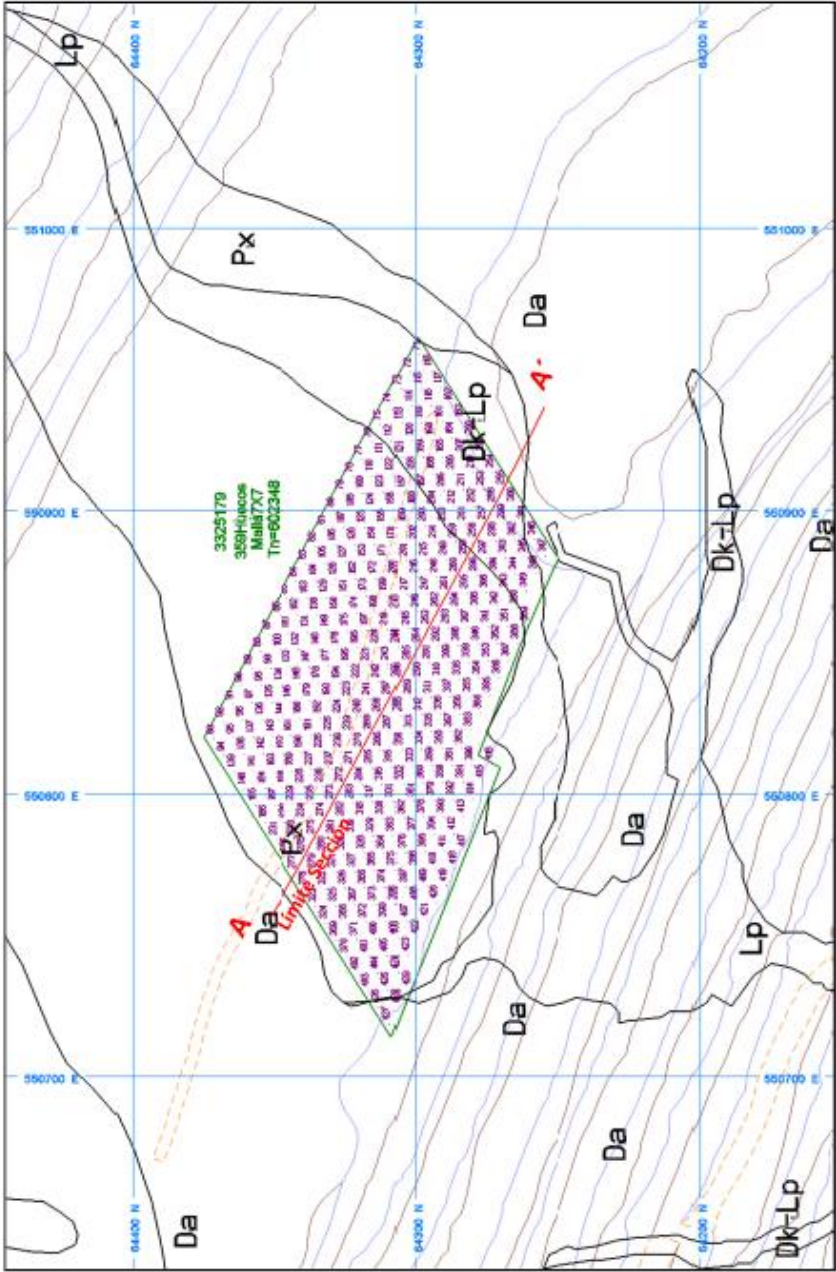
Cantidad de Taladros	N° Tal.	Costo Accesorio perforación / Tal.	Costo Total (US\$)
Tal. Amortiguación	12	64,62	775,4
Tal. Producción	48	64,62	3 101,8
Total:			3 877,2

COSTO POR LABOR

Cantidad de Taladros	N° Tal.	Costo por Taladro	Costo Total (US\$)
Tal. Amortiguación	12	12,5	150,0
Tal. Producción	48	12,5	600,0
Total:			750,0

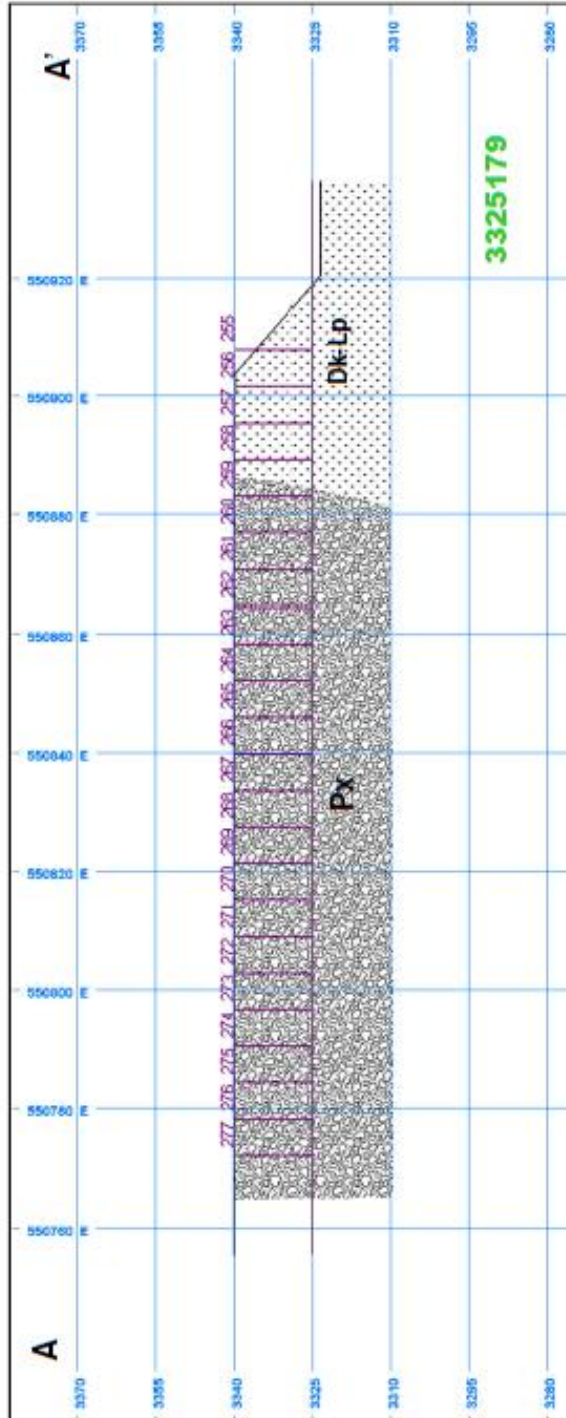
Sección Geológica – Proyecto 3325179

ANEXO 08 EJEMPLO ANTEPROYECTO 3325 179

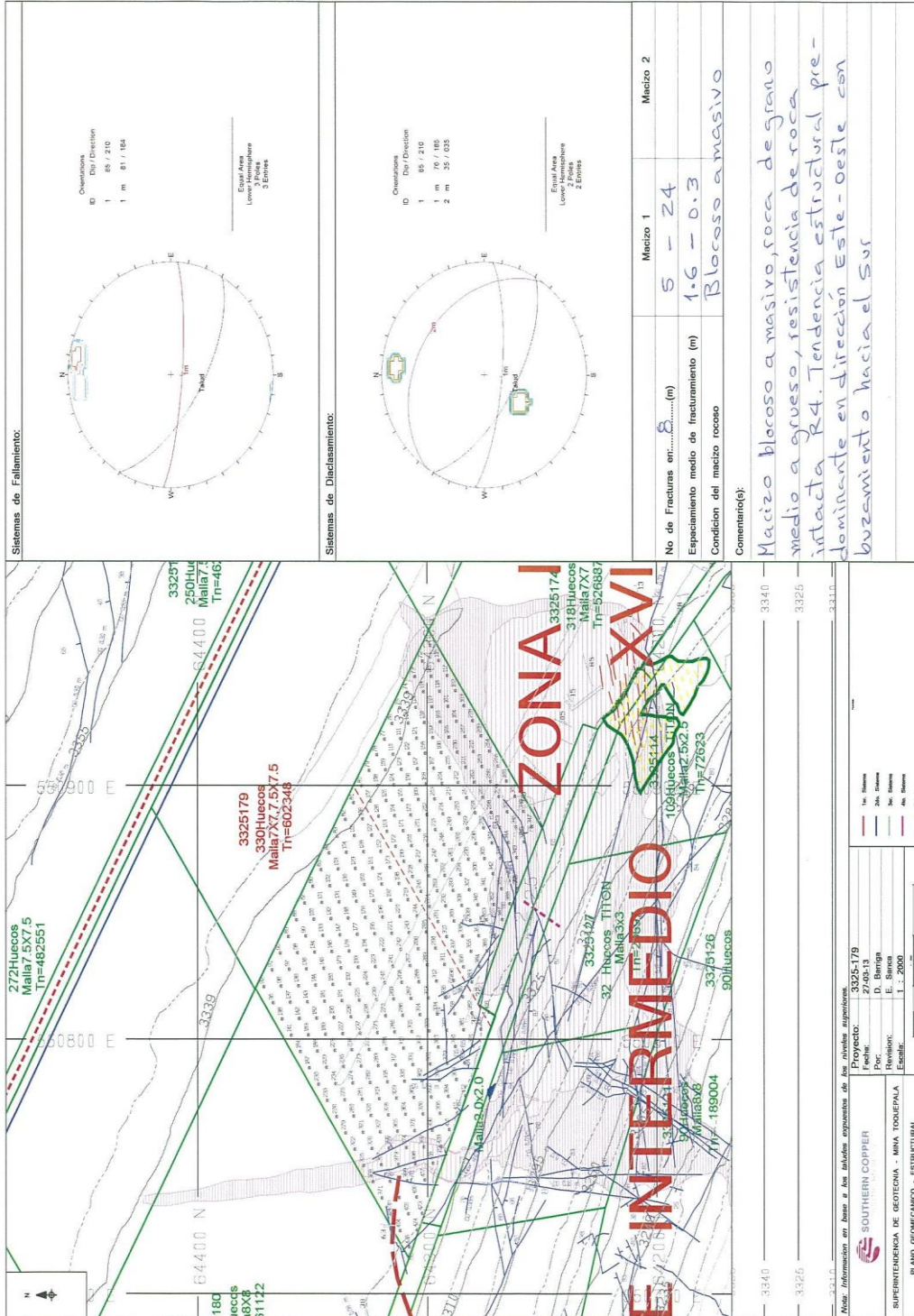


**ANEXO 08 EJEMPLO ANTEPROYECTO 3325 179
SECCION GEOLÓGICA**

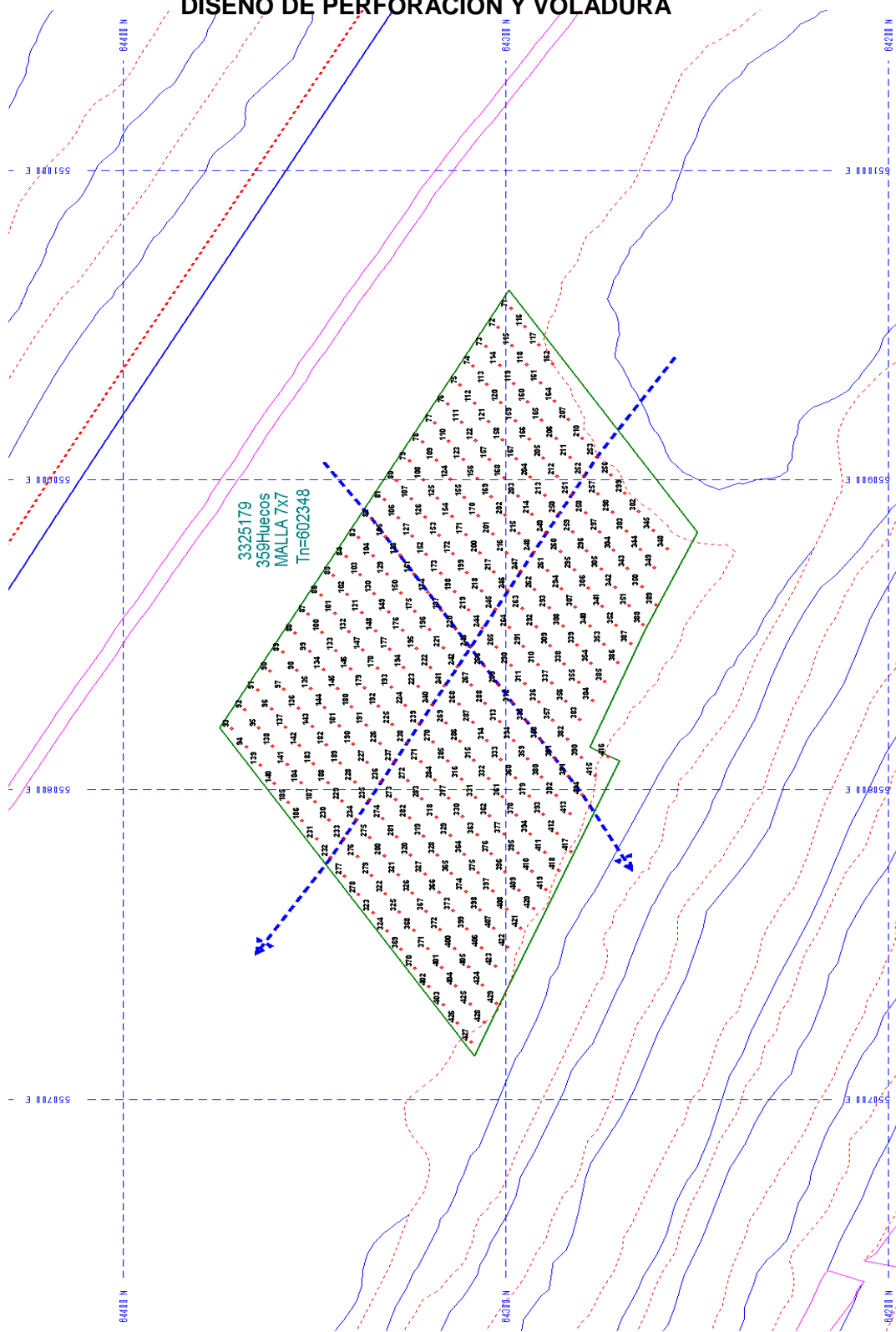
Sección A - A'



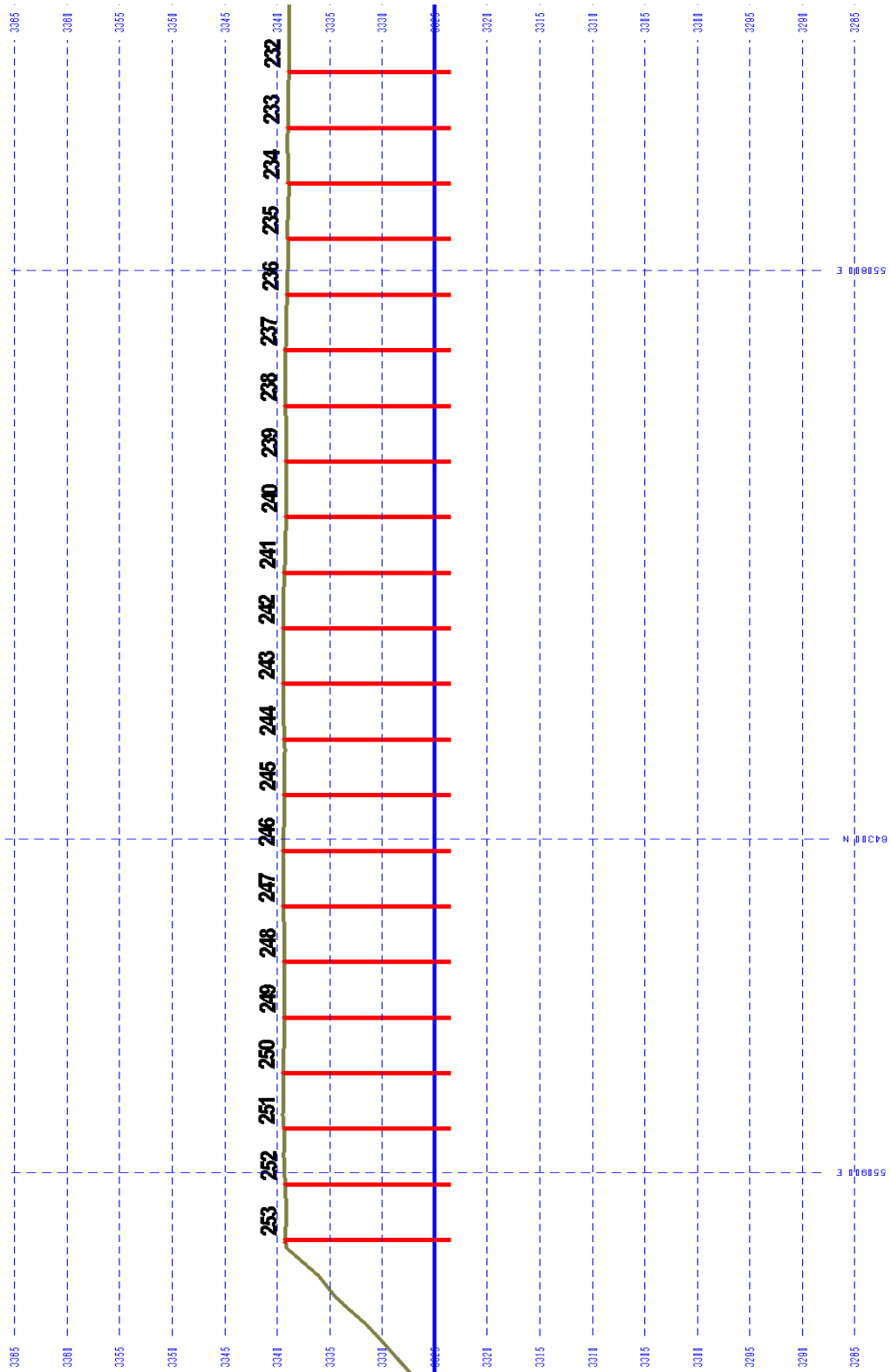
ANEXO 08 EJEMPLO ANTEPROYECTO 3325 179 DATOS GEOTÉCNICOS



ANEXO 08 EJEMPLO ANTEPROYECTO 3325 179 DISEÑO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA



**ANEXO 08 EJEMPLO ANTEPROYECTO 3325 179
DISEÑO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA LONGITUDINAL**



**ANEXO 08 EJEMPLO ANTEPROYECTO 3325 179
DISEÑO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA TRANSVERSAL**

