



**VICERRECTORADO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

TESIS

**“INFLUENCIA DE LA DISCIPLINA OPERATIVA
DURANTE EL CARGUIO EN EL RENDIMIENTO DE LA
EMULSIÓN ENCARTUCHADA 1¼” – ACCESO 575
TICLIO 2018”**

Presentado por:

Bach. ARMANDO PICOY ALMERCÓ

Para obtener el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

PASCO – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A mis padres; esposa, hijos y familiares quienes me apoyaron todo el tiempo sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A mis docentes y colegas que me apoyaron para concluir la presente tesis.

Para ellos es esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a quienes se las debo por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater, docentes, colegas y amigos de la Universidad Alas Peruanas por su aporte y conocimientos en su labor.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXO.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiv
SINTESIS	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.	19
1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.	26
1.2.1. Espacial	26
1.2.2. Ubicación	26
1.2.3. Accesibilidad.....	27
1.2.4. Clima	27
1.2.5. Temporal	27
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	28
1.3.1. Problema General.....	28
1.3.2. Problemas Específicos.....	28
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.	29
1.4.1. Objetivo General	29
1.4.2. Objetivos Específicos.....	29

1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	29
1.5.1. Hipótesis General	30
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	30
1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	30
1.6.1. Variable independiente.....	30
1.6.2. Variables dependientes.....	30
1.6.3. Operacionalización de Variables.....	31
1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	31
1.7.1. Tipo de Investigación	31
1.7.2. Nivel de Investigación.....	32
1.7.3. Métodos de Investigación.....	32
1.7.4. Diseños de la Investigación.....	32
1.8. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	33
1.8.1. Población.....	33
1.8.2. Muestra.....	34
1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	34
1.9.1. Técnicas de Medición y Muestreo.....	35
1.9.2. Instrumentos para Recolección de Datos	35
1.10. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	41
1.10.1. Justificación del estudio de investigación.	41
1.10.2. Importancia del estudio de Investigación	42

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN	43
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	43
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	44
2.2. BASES TEÓRICAS	46

2.2.1. Disciplina Operativa.....	46
2.2.2. Rendimiento de la Emulsion Encartuchada.....	59
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	77

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO.....	87
3.1.1. Validez de los Instrumentos:	87
3.1.2. Confiabilidad del instrumento.....	89
3.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES	91
3.2.1. Niveles de la Variable Disciplina Operativa.	91
3.2.2. Niveles de la Variable Rendimiento de la Emulsión Encartuchada 1¼”	95
3.3. PRUEBAS DE NORMALIDAD.....	96

CAPÍTULO IV

PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL.....	100
4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	105
4.2.1. Hipótesis específica 1	105
4.2.2. Hipótesis Específica – 2	109

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	115
CONCLUSIONES	118
RECOMENDACIONES.....	119
REFERENCIA.....	121

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Operacionalización de variables	31
Cuadro 2. Diseño de investigación.	33
Cuadro 3. Energía suministrada por los explosivos.....	69
Cuadro 4. Nivel de Confiabilidad.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de la población	33
Tabla 2. Especificaciones para verificación de la Disciplina Operativa.....	37
Tabla 3. baremos de la lista de verificación.....	38
Tabla 4. Niveles de rendimiento emulsión encartuchada.	40
Tabla 5. Validez del contenido por juicio experto.....	88
Tabla 6. Valores de los niveles de validez.....	88
Tabla 7. Método de consistencia interna para los instrumentos	90
Tabla 8. Nivel de la variable disciplina operativa.....	91
Tabla 9. Dimensión preparación de la carga explosiva.	92
Tabla 10. Dimensión Acoplamiento de los explosivos.....	93
Tabla 11. Rendimiento Emulsión Encartuchada 1 ¼”.....	95
Tabla 12. Pruebas de Normalidad.....	97
Tabla 13. Contingencia Disciplina Operativa por Rendimiento emulsiones encartuchadas de 1 ¼”	101
Tabla 14. Datos para la prueba de hipótesis general.....	103
Tabla 15. Contingencia preparación de la carga explosiva por el rendimiento de las emulsiones encartuchadas de 1¼”	106
Tabla 16. Datos para la prueba de hipótesis específica 1	108
Tabla 17. Contingencia del acoplamiento de los explosivos en el taladro y el rendimiento de las emulsiones encartuchadas de 1¼”.....	111
Tabla 18. Datos para la prueba de hipótesis específica 2	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Emulsión encartuchada crimpado con grapas metálicas.	21
Figura 2. Procedimientos antes de carguío – corte axial.	22
Figura 3. Procedimientos antes de carguío – corte lateral.	23
Figura 4. Componentes principales de la emulsión encartuchada	24
Figura 5. Procedimientos durante el carguío – acoplamiento.....	26
Figura 6. Ubicación de la Mina Ticlio.	27
Figura 7. Grafica de medición de Velocidad de detonación.....	38
Figura 8. Evolución del sistema excelencia operativa.	52
Figura 9. Causas de la resistencia al cambio	54
Figura 10. Desarrollo del coeficiente Alfa Cronbach	89

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Histograma de la disciplina operativa.....	92
Gráfico 2. Histograma preparación de la carga explosiva	93
Gráfico 3. Histograma acoplamiento de los explosivos.	94
Gráfico 4. Rendimiento Emulsión Encartuchada 1¼”.....	95
Gráfico 5. Histograma de normalidad de los resultados en la disciplina operativa.....	98
Gráfico 6. Histograma de normalidad del rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼”	99
Gráfico 7. Correlación entre la disciplina operativa y el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼”	104
Gráfico 8. Correlación entre la preparación de la carga explosiva y el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼”.....	109
Gráfico 9. correlación entre acoplamiento de los explosivos en el taladro y el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼”.....	114

ÍNDICE DE ANEXO

ANEXO 1 . Matriz de Consistencia.....	123
ANEXO 2 . Formatos de Validación de Instrumento.....	124
ANEXO 3. Validación de Instrumentos	125
ANEXO 4. Instrumento para recolección de datos de observación	127
ANEXO 5. Muestreo de observaciones.....	128
ANEXO 6. Instrumentos de recolección de datos de Velocidad de Detonación.....	130
ANEXO 7. Mediciones de Velocidad de detonación	131

RESUMEN

Para llevar a cabo la formulación del proyecto “Influencia de la disciplina operativa durante el carguío en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Ticlio 2018” se realizaron diversos estudios teóricos - prácticos.

Para iniciar el estudio se realizó una revisión bibliográfica de los antecedentes relacionados a estudios de investigación sobre la influencia de la disciplina operativa durante el carguío en el rendimiento de la emulsión encartuchada, estos estudios relacionados directa e indirectamente con nuestro tema de investigación los cuales han hecho viable nuestro estudio.

Durante las operaciones de carguío y voladura es importante conocer y dimensionar el rendimiento de los explosivos, es decir como los explosivos se están comportando durante el proceso de detonación, ante tal hecho históricamente se han realizado estudios experimentales sobre el comportamiento de los explosivos en base a nitrocarbonitratos (NCN) en la gama de emulsiones, estas mezclas explosivas presentan comportamientos variables en sus características técnicas principalmente en la velocidad de detonación influenciado por diferentes factores y condiciones de operación.

Para nuestro caso estudio se ha evaluado el rendimiento de la emulsión encartuchada en diámetro de 1¼” trabajando en condiciones normales y rutinarias de operación; en total se ha evaluado 40 eventos - disparos en el Acceso 575 de la Mina Ticlio, por cada evento se han tomado muestras de los procedimientos y conductas operacionales durante el carguío con emulsión encartuchada 1¼” y al mismo tiempo se ha realizado la medición de la velocidad de detonación utilizando un equipo hardware Microtrap de

MREL y un sensor de medición (Probe - cable con resistencia de 10 ohm/m) esta señal de voltaje versus tiempo dependiendo de la longitud del cable es transformado mediante el software analítico avanzado VOD Data Recorders en una gráfica de velocidad de detonación (VOD), obteniendo así los resultados para cada evento muestreado; este método permite monitorear la velocidad de detonación a lo largo de una columna de carga dentro del taladro; esta metodología de método continuo fue utilizado para nuestro estudio debido a su alta tecnología en hardware - MicroTrap™ equipado con un Software Analítico Avanzado y el sensor de medición (Cable con resistencia de 10 ohm/m), en la actualidad esta tecnología es utilizado por los fabricantes de explosivos y expertos en ingeniería de explosivos y voladura.

Finalmente, el estudio consistió en demostrar las diferencias entre los resultados en la velocidad de detonación de la emulsión encartuchada de diámetro 1¼” supeditados a los escenarios de procedimientos y conductas operacionales (disciplina operativa).

ABSTRACT

Practical - to carry out the development project "Influence of Operational Discipline during the loading on the performance of emulsions cartridge 1¼" in Access 575 Ticlio 2018" various theoretical studies were performed.

To start the study of a literature review it was conducted related background research on the influence of operational discipline during the loading on the performance of the cartridge emulsions directly and indirectly related studies with our research topic which have made our study viable.

During the operations of loading and blasting it is important to know and measure the performance of explosives, as explosives are behaving during detonation, before such fact historically been conducted experimental studies on the behavior of explosives based on nitrocarbonitratos (NCN) in the range of emulsions, these explosive mixtures having varying behaviors in their technical characteristics mainly in the detonation velocity influenced by different factors and operating conditions.

For our case study assessed the performance of the emulsion cartridge diameter of 1¼ "working on normal and routine operating conditions; Total has been evaluated 40 events - shooting in the access 575 of Ticlio Mine, for each event has been sampled procedures and operational behaviors during charging with cartridge emulsions diameter 1¼ "and at the same time has made the measuring the velocity of detonation using a computer hardware Microtrap of MREL and a measuring sensor (Probe-cable resistance of 10 ohm / m) this voltage signal versus time depending on the cable length it is changed by the advanced analytical software VOD Data Recorders on a graph of velocity of detonation (VOD), thus obtaining the results for each sampling event; This method allows monitoring the detonation velocity along a column loading into the bore; this methodology of continuous method was used for our study because of its high-tech

hardware - Microtrap TM equipped with a Software Analytical Advanced and the measuring sensor (cable resistance of 10 ohm / m), today this technology is used by explosives manufacturers and experts in explosives and blasting engineering.

Finally, the study was to demonstrate the differences between the results in the detonation velocity of the emulsion cartridge diameter 1¼" contingent scenarios procedures and operational behaviors (operational discipline).

SINTESIS

La formulación del proyecto consistió en investigar la influencia de la disciplina operativa durante el carguío en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Ticlio 2018.

Se ha evaluado un total de 40 eventos o disparos para determinar el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼”; mediante la técnica de observación se ha muestreado los procedimientos y conductas operacionales durante el carguío utilizando emulsión encartuchada en diámetro 1¼”; asimismo los resultados se han determinado mediante la medición de la velocidad de detonación obteniendo así los resultados para cada evento; la metodología de medición de la velocidad de detonación por el método continuo fue utilizado para nuestro estudio debido a su alta tecnología en hardware - MicroTrap™ equipado con un Software Analítico Avanzado y el sensor de medición (Probe-cable con resistencia de 10 ohm/m), en la actualidad esta tecnología es utilizado por los fabricantes de explosivos y expertos en ingeniería de explosivos y voladura.

Finalmente el estudio consistió en demostrar las diferencias de los resultados en velocidad de detonación de la emulsión encartuchada 1¼” mediante la influencia de los procedimientos y conductas operacionales durante el carguío.

INTRODUCCIÓN

Los fenómenos de la detonación de los explosivos en general y el rendimiento de las emulsiones han sido estudiados ampliamente hasta la actualidad es por ello imprescindible continuar con estos estudios, hoy en día gracias a las tecnologías en ingeniería de explosivos y voladuras se pueden comprender mejor su comportamiento de cada una de las propiedades y características de los explosivos.

Este documento conlleva la propuesta de demostrar que los operadores mineros en sus actividades rutinarias de carguío y voladura utilizan las emulsión encartuchada 1¼” en donde se observaron prácticas, procedimientos y conductas operacionales durante el carguío en varios escenarios diferentes que se realizaban de manera aleatoria, en algunos casos supeditados por la conducta misma de los operadores y en otros por desconocimiento de los operadores de carguío y la supervisión.

El presente estudio contempla en el primer capítulo el planteamiento metodológico que consiste en la definición del problema que se pretende abordar a través de la investigación en este punto se delimita el objeto de estudio y se da a conocer las interrogantes o las preguntas que orientan la investigación; en el segundo capítulo se contempla el marco teórico que consiste en la recopilación de antecedentes, investigaciones previas y consideraciones teóricas por donde se sustenta un proyecto de investigación, análisis, hipótesis o experimento, permitiendo la interpretación de los resultados y la formulación de conclusiones; en el tercer capítulo se contempla la presentación de resultados experimentales de los datos de muestreo, en el cuarto capítulo se contempla el contraste de la hipótesis que es procedimiento para juzgar si una propiedad que se supone en una población estadística es compatible con lo observado en una muestra de dicha población, en el último capítulo se presenta la

discusión de resultados explicando el comportamiento de sus variables y finalmente establecen sus conclusiones y recomendaciones finales.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

Las empresas mineras subterráneas principalmente requieren como materia prima los explosivos para la voladura; en nuestro mercado peruano tenemos un portafolio diverso de explosivos comerciales como las dinamitas, los anfos, las emulsiones granel, los heavy anfo y las emulsiones encartuchadas; en los últimos años en nuestro mercado minero subterráneo se ha migrado al uso de las emulsiones encartuchadas reemplazando a los anfos y dinamitas principalmente; es así que en la actualidad los operadores mineros subterráneos para sus procesos de voladura utilizan las emulsiones encartuchadas en diámetro 1¼” en mayor proporción respecto a los otros diámetros comerciales; como parte del proceso de carguío se realiza el tratamiento a los explosivos mediante dos procedimientos, el primer procedimiento se realiza antes de efectuar el carguío que consiste en la preparación de la carga explosiva y el segundo procedimiento se realiza durante el carguío que consiste en el acoplamiento de los explosivos

en el taladro, en tal sentido el tratamiento que se realiza a los cartuchos de emulsión en diámetro 1¼” mediante los procedimientos antes y durante el carguío no son los más adecuados porque no se tiene en cuenta sus atributos, características técnicas y propiedades de este explosivo tipo emulsión encartuchada que requiere de un tratamiento con procedimientos más especializados durante el uso y manipuleo los que muchas veces se obvian o no se realizan debido a paradigmas de carguío desde cuando se utilizaba dinamitas encartuchadas, explosivo no requería de tratamiento y procedimiento especial de carguío.

En minería subterránea actualmente dentro del proceso de perforación y voladura específicamente en laboreo minero, una de las fases más importantes de una excavación subterránea es la actividad de carguío con explosivos encartuchados que requiere de un sistema manual para el carguío, es así que esta actividad depende exclusivamente del tratamiento, procedimientos, técnicas y conductas operacionales es así que hemos incluido imágenes fotográficas con su respectiva descripción donde se observan los diferentes escenarios de los procedimientos y prácticas usuales en el proceso de carguío los que resultan ventajosos y desventajosos a la vez.

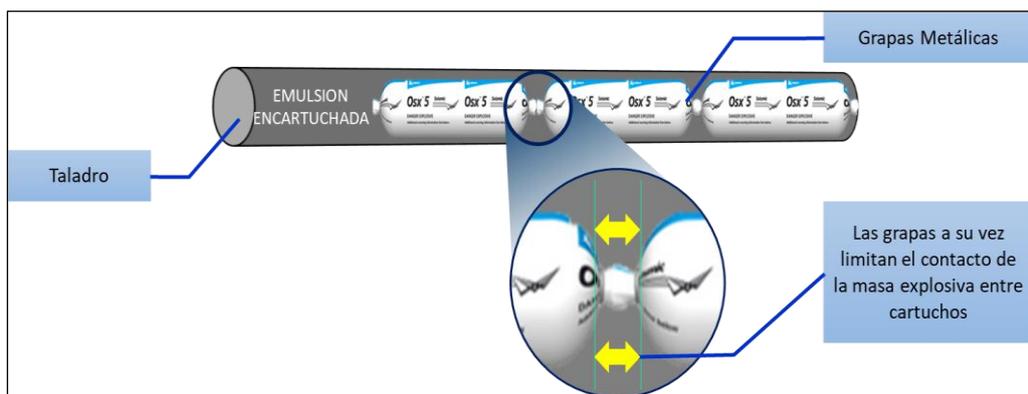
Tratamiento a las emulsiones encartuchadas 1 ¼” antes y durante el carguío.

Durante los procesos de voladura utilizando emulsiones encartuchadas en diámetro de 1¼” se realizan tratamientos antes y durante el carguío que consisten en los siguientes procedimientos:

- Procedimiento antes - preparación de la carga explosiva que se subdividen en dos sub-procedimientos a) corte axial y b) corte lateral.
- Procedimiento durante - acoplamiento de las emulsiones encartuchadas 1 ¼” en el taladro.

Procedimiento antes - Preparación de la carga (corte axial)

Los cartuchos de emulsión por diseño de fábrica constan en ambos extremos con grapas metálicas como se observa en la Figura 1.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Emulsión encartuchada crimpado con grapas metálicas.

Las grapas metálicas sirven para sellar el cartucho durante su fabricación; no obstante durante el carguío limitan el contacto de la masa explosiva entre cartuchos ya estando dentro del taladro dificultando la transmisión de onda de detonación (propiedad de simpatía), es por ello necesario realizar el corte axial que consiste en quitar las grapas de los extremos del cartucho.

La masa explosiva de la emulsiones encartuchadas deben estar en contacto íntimo debido a su baja propiedad de simpatía y transmisión de onda que presentan estas mezclas explosivas, en la Figura 2 se observan los

procedimientos realizados por los operadores de carguío durante la preparación de la carga explosiva (corte axial para quitar las grapas), aquí se muestran los tres escenarios posibles durante la preparación de las emulsiones encartuchadas, en tal sentido a partir de esta figura podemos describir los escenarios de la siguiente manera:

- Escenario 1, el procedimiento es deficiente no se realiza el corte axial, el cartucho queda intacto sin quitar las grapas.
- Escenario 2, el procedimiento usual es quitar la grapa solo en uno de los extremos.
- Escenario 3, este procedimiento es el más eficiente, es decir lo correcto es quitar las grapas metálicas en ambos extremos del cartucho.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 2. Procedimientos antes de carguío – corte axial.

Procedimiento antes - Preparación de la carga (corte lateral)

Con la finalidad de lograr un adecuado acoplamiento de la masa explosiva en el taladro, es necesario realizar el corte lateral en los cartuchos; en la Figura 3 se observan los procedimientos realizados por los operadores de carguío durante la preparación de la carga explosiva (corte lateral en los cartuchos), aquí se muestran los tres escenarios posibles durante la preparación de las emulsiones

encartuchadas, en tal sentido a partir de esta figura podemos describir los escenarios de la siguiente manera:

- Escenario 1, el procedimiento es deficiente no se realiza el corte lateral, el cartucho queda intacto sin corte.
- Escenario 2, el procedimiento usual es cortar lateralmente solo en uno de los extremos del cartucho con una longitud en aproximadamente 5 centímetros.
- Escenario 3, el procedimiento más eficiente es cortar lateralmente en 2/3 partes de la longitud del cartucho.



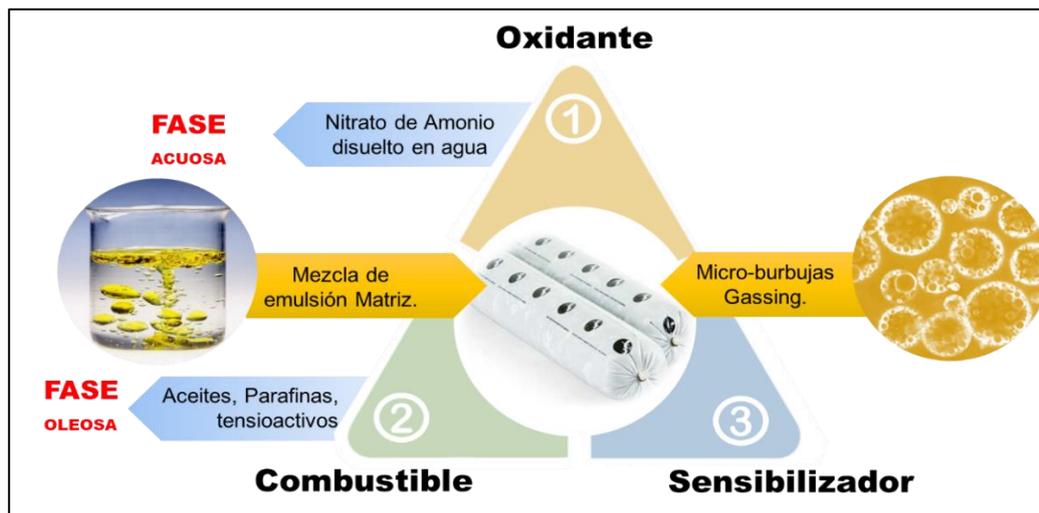
Fuente: Elaboración Propia

Figura 3. Procedimientos antes de carguío – corte lateral.

Procedimiento durante – Acoplamiento del explosivo (atacado)

La mezcla explosiva para fabricación de emulsiones encartuchadas por diseño de fábrica consta de tres componentes:

- El elemento oxidante (Nitrato de amonio)
- El elemento combustible (aceites y parafinas)
- El elemento sensibilizador (micro-burbujas de vidrio / gassing)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Componentes principales de la emulsión encartuchada

Teniendo en consideración el elemento sensibilizador (micro-burbujas de vidrio / gassing), este elemento es muy sensible al manipuleo extremo por lo tanto la recomendación técnica por los fabricantes es hacer uso controlado de la fuerza de empuje o atacado durante el carguío de los cartuchos en el taladro, en tal sentido se deberá empujar los cartuchos con una fuerza necesaria tal que se logre el acoplamiento del explosivo en el taladro con la ayuda adicional del corte lateral.

Con la finalidad de lograr un adecuado acoplamiento de la masa explosiva en el taladro, es necesario realizar los procedimientos y prácticas operacionales adecuadas durante el atacado de los cartuchos; en la Figura 5 se observan los procedimientos realizados por los operadores de carguío durante el carguío (acoplamiento de los cartuchos en el taladro) en algunos casos por desconocimiento, por omisión y en muchos casos por creencias en antiguos paradigmas donde se utilizaban dinamitas como explosivos para el carguío, aquí se muestran los tres escenarios posibles durante el acoplamiento de las

emulsiones encartuchadas 1¼”, en tal sentido podemos describir los escenarios de la siguiente manera:

- Escenario 1, esta práctica operacional de atacado es inadecuada y adverso, principalmente para el elemento sensibilizador (micro-burbujas o gassing), a medida que se golpea severamente el cartucho esta va perdiendo una cantidad importante de elemento sensibilizador reduciendo su rendimiento y capacidad de trabajo, lo cual se verá reflejado en los resultados durante el proceso de detonación; esta práctica deficiente es producto también de la falta de corte lateral en los cartuchos que dificulta el acoplamiento por lo tanto será necesario aplicar mayor fuerza de empuje para lograr el acoplamiento de la masa explosiva en el taladro.
- Escenario 2, la práctica operacional de atacado si bien no es la más adecuada; sin embargo es un procedimiento usual, los cartuchos de emulsión se golpean regularmente para lograr el acoplamiento de los explosivos en el taladro; en este escenario también se producen perdidas del elemento sensibilizador en menor proporción respecto al procedimiento del primer escenario.
- Escenario 3, esta práctica operacional de atacado es la más óptima donde los cartuchos de emulsión solamente se empujan y golpean levemente, esta práctica evita reducir la capacidad de trabajo y rendimiento de las emulsiones encartuchadas; en la siguiente figura se observa los escenarios de acoplamiento de los explosivos en el taladro.



Fuente: ISEM – Instituto de Seguridad Minera.

Figura 5. Procedimientos durante el carguío – acoplamiento.

1.2 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Espacial

El estudio se limitó al Acceso 575 - nivel 200 de la Unidad Económica Administrativa Ticlio subsidiaria de Volcan Compañía Minera SAA.

1.2.2 Ubicación

Volcan Compañía Minera S.A.A. es titular del 100% de los 124 derechos mineros que constituyen la Unidad Económica Administrativa Ticlio que hacen un total de 6.835.99 hectáreas, esta unidad minera se encuentra ubicado en el distrito de Chicla, en la provincia de Huarochiri, dentro del departamento de Lima en la zona conocida como Abra-Anticona, por este paso atraviesa la ruta nacional PE-22, carretera central km 120 desde la Capital Lima; su punto de mayor altitud: 4818 msnm, como se puede apreciar en la Figura 6.



Fuente: Google Earth

Figura 6. Ubicación de la Mina Ticlio.

1.2.3 Accesibilidad

Es accesible desde Lima por la carretera central hasta el kilómetro 132.5 (Abra de Anticona) y por vía férrea con el ferrocarril Central hasta la estación de Ticlio. De estos 2 lugares se tiene aproximadamente entre 2 y 3 Km. para llegar hasta el campamento, mina "San Nicolás".

1.2.4 Clima

La temperatura ambiental oscila entre los 8°C y -5°C. El aire tiene aproximadamente 50% menos de presión de oxígeno que una localidad costera lo que ocasiona que la gran mayoría de personas que pasan por este punto padezcan el mal de altura o soroche.

1.2.5 Temporal

La ejecución del presente proyecto de investigación influencia de la disciplina operativa en el rendimiento de las emulsiones encartuchadas 1¼" fue llevado a cabo durante los meses de Marzo, Abril y Mayo del

año 2018; específicamente en el Acceso 575 - nivel 200 de la Unidad Económica Administrativa Ticlio subsidiaria de Volcan Compañía Minera SAA.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la Unidad Económica Administrativa Ticlio subsidiaria de Volcan Compañía Minera SAA, buscan mejorar continuamente sus procesos en tal sentido existe la necesidad de incrementar las eficiencias y resultados de la voladura mediante el control del rendimiento del explosivo supeditado a la disciplina operativa en los operadores de carguío el cual es una de las prioridades de la compañía los que se explican de una forma más detallada en el presente estudio.

1.3.1 Problema General

¿Cuál es la influencia de la disciplina operativa durante el carguío en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Ticlio 2018?

1.3.2 Problemas Específicos

- a) ¿De qué manera la preparación de la carga explosiva influye en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” – Acceso 575 Ticlio 2018?
- b) ¿De qué manera el acoplamiento de los explosivos en el taladro influye en el rendimiento de las emulsión encartuchada 1¼” – Acceso 575 Ticlio 2018?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad las empresas mineras se encuentran en constante búsqueda de optimizar sus operaciones para lo cual analizan sus problemáticas que tiene impacto en los procesos en general, tanto aguas arriba y aguas abajo en tal sentido se plantean una serie de opciones y alternativas, es así que esta investigación busca contribuir en mejorar los procesos de voladura para lo cual damos a conocer los siguientes objetivos.

1.4.1 Objetivo General

Determinar la influencia de la disciplina operativa durante el carguío en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” – Acceso 575 Ticlio 2018.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar de qué manera influye la preparación de la carga explosiva en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” – Acceso 575 Ticlio 2018.
- b) Demostrar de qué manera influye el acoplamiento de los explosivos en el taladro en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” – Acceso 575 Ticlio 2018.

1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Consideramos ciertas afirmaciones como las más adecuadas los se demostraran en la presente investigación:

1.5.1 Hipótesis General

Existe influencia significativa de la disciplina operativa durante el carguío en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” – Acceso 575 Ticlio 2018.

1.5.2 Hipótesis Específicas

- a) Existe influencia significativa de la preparación de la carga explosiva en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Ticlio 2018.
- b) Existe influencia significativa del acoplamiento del explosivo en el taladro, en el rendimiento de las emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Ticlio 2018.

1.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Las variables en esta investigación, representa un concepto de vital importancia en proyecto de investigación porque conceptualizan formando enunciados de un tipo particular denominado hipótesis, y estas se subdividen en:

1.6.1 Variable independiente.

Disciplina operativa durante el carguío, están referidos a las conductas y comportamientos de los operadores de carguío.

1.6.2 Variables dependientes.

Rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼”, es el comportamiento del explosivo durante el proceso de detonación supeditado a condiciones de carguío.

1.6.3 Operacionalización de Variables.

Se define como un proceso que se inicia con la definición de las variables de investigación en función de sus factores estrictamente medibles los que se denomina indicadores que permiten realizar su medición de forma empírica y cuantitativa, al igual que cualitativa como se define en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operativa	Dimensión	Indicador	Escala
Disciplina Operativa durante el carguío	Conjunto de procedimientos, reglas, normas que tienen como objetivo obtener un resultado objetivo.	Son procedimientos adecuados de preparación y carguío de las emulsiones encartuchadas en el taladro.	Preparación de la carga explosiva	Nivel de disciplina operativa en la preparación de la carga explosiva	Muy Bueno Bueno Regular Deficiente
			Acoplamiento del explosivo en el taladro	Nivel de disciplina operativa durante el acoplamiento de los explosivos.	Óptimo Estandar Regular Deficiente
Rendimiento de la Emulsión Encartuchada a 11/4"	Refiere a la proporción que surge entre los medios empleados para obtener algo y el resultado que se consigue	Respuesta de la velocidad de detonación de la emulsión encartuchada 11/4" en metros por segundo.	Liberación de la energía en el estado de detonación.	Régimen de velocidad de detonación (m/s)	Régimen Alto Régimen Normal Régimen Bajo Superior Inferior

Fuente: Elaboración propia.

1.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1 Tipo de Investigación

Por la mayor o menor manipulación de variables que caracteriza a la presente es **Cuasi-experimental**, porque se asemeja a la experimental con la diferencia de que no se posee un control total sobre la variable disciplina operativa durante el carguío. Por lo que al observar 40 disparos seleccionados para el estudio que es el tamaño de la muestra, esta no explica con precisión a los 90 disparos que es la población (Fideas, 2006).

1.7.2 Nivel de Investigación.

El grado de profundidad de investigación con la que se estudia la influencia de la disciplina operativa durante el carguío. Es de nivel explicativa por que establece la relación causa efecto o reacciones que se producen en esta, respondiendo a la interrogante ¿por qué? y esta dan origen a la existencia del rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” (Fideas, 2006).

1.7.3 Métodos de Investigación

Por la naturaleza de la investigación se emplea el método analítico, porque consiste en descomponer el problema general de estudio separando en cada una de sus partes para estudiar en forma individual.

Previo a la aplicación del método científico que es la que emplea la presente, debe ocurrir el proceso de voladura para proceder con el registro de la velocidad de detonación y esta conlleva a la formulación del problema, hipótesis, verificación, análisis y conclusión como consta la presente (Fideas, 2006).

1.7.4 Diseños de la Investigación.

El diseño de la investigación es cuasi experimental por la falta de control en la conformación inicial de los grupos (No son asignados al azar), los datos están constituidos por los eventos de voladura en avances lineales del nivel 200 Acceso 575 de Mina Ticlio, lo que afecta la posibilidad de afirmar que los resultados son producto de la disciplina operativa durante el carguío.

El modelo típico cuasi-experimental es el diseño pretest-postest con dos grupos intactos, es decir previamente conformados por lo que no existe garantía de la similitud entre ambos grupos como se muestra en el Cuadro 2 (Fideas, 2006).

Cuadro 2. Diseño de investigación.

Grupo experimental intacto	pretest	tratamiento	postest
Grupo control intacto	pretest	-----	postest
Ge I	O1	X	O2
Gc I	O1	-----	O2

Fuente: Fideas G. Arias, 2006.

1.8 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1 Población

Según Hernández, Fernández y Baptista en su libro Metodología de la investigación Quinta Edición Best Seller (2010, p. 174) "una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones"

La población para nuestro caso estudio está constituida por los eventos de voladura en avances lineales del nivel 200 Acceso 575 de Mina Ticlio como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. Distribución de la población

Mes	Disparos Programados
Marzo	30
Abril	30
Mayo	30
Total	90

Fuente: Elaboración propia

1.8.2 Muestra

Tamaño de muestra para nuestro estudio se determina, según el modelo inferencial para poblaciones infinitas, por el comportamiento propio del proceso:

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2}$$

Donde:

Z = 1.96, Para un nivel de confianza del 95%

P = 0.93; Proporción de aciertos

q = 0.07; Proporción de fracasos

e = 0.08; Margen de error

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.93 \times 0.07}{0.08^2} = 39.07$$

Durante los tres meses se efectuaron alrededor de 90 disparos en tal sentido nuestro tamaño de muestra fue 39.07 aproximando a 40 eventos - disparos en el Acceso 575 de la Mina Ticlio.

1.9 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Las técnicas e instrumentos que se utilizaron en el desarrollo de la presente investigación fueron seleccionados en concordancia con las características y necesidades de cada variable de investigación tanto para la disciplina operativa durante el carguío como para el rendimiento de la emulsión encartuchada de 1¼” los que se detallan a continuación por cada ítem.

1.9.1 Técnicas de Medición y Muestreo.

1.9.1.1 Disciplina Operativa durante el Carguío

Se ha utilizado la técnica de observación planeada de tareas registrando en forma sistemática los procedimientos conductuales de los operadores de carguío a fin de obtener información relevante sobre el fenómeno de interés en concordancia con la norma NTP 386 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: Observaciones planeadas del trabajo el cual se ha direccionado al estudio de observación a los operadores de carguío en el Acceso 575, Ticlio 2018.

1.9.1.2 Rendimiento Emulsión Encartuchada 1¼”

La técnica para medir el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” fue a través del monitoreo de la velocidad de detonación del explosivo utilizando el método continuo con la sonda de resistencia lineal conocida (sensor Probe-cable con resistencia de 10 ohm/m) certificada por el fabricante MREL Group of Companies Limited; esta sonda es colocado longitudinalmente a lo largo de la columna de carga explosiva.

1.9.2 Instrumentos para recolección de datos

1.9.2.1. Disciplina Operativa durante el Carguío.

El instrumento utilizado para muestreo de la disciplina operativa durante el carguío se utilizó un formulario de registro de observación planeada de tareas (OPT), formato tomado como

referencia acorde a la NTP 386 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: Observaciones planeadas del trabajo - Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España.

a) Objetivo

La presente lista de verificación es parte de este estudio que tiene por finalidad la obtención de información acerca de la disciplina operativa durante el carguío en el Acceso 575 de la Mina Ticlio.

b) Carácter de aplicación

La lista para verificación y chequeo es un instrumento que utiliza la técnica observacional inopinada durante una determinada actividad.

c) Descripción

La lista de verificación consta de 2 partes, los que se detallan a continuación:

Parte 1: Preparación de los cartuchos para el carguío consta de cuatro opciones y/o escenarios posibles:

- (1) Corte lateral + dos cortes axiales
- (2) Corte lateral + un corte axial
- (3) Corte lateral mínimo
- (4) Cartucho intacto.

Parte 2: Carguío y atacado de los cartuchos para el carguío consta de cuatro opciones y/o escenarios posibles:

- (1) Empuja el cartucho.

- (2) Empuja y golpea levemente
- (3) Golpea el cartucho
- (4) Atacado severo.

Por lo tanto, el observador solamente puede marcar con un aspa (x) uno de los escenarios en cada caso, no se es posible marcar más de una alternativa, por lo tanto se invalida el ítem.

d) Estructura

Estructuralmente se evalúan las siguientes dimensiones en la disciplina operativa que se detallan en la Tabla 2 y son las siguientes:

- a) Preparación de la carga explosiva.
- b) Acoplamiento de los explosivos.

Tabla 2. Especificaciones para verificación de la Disciplina Operativa.

Dimensiones	Estructura Items	Total	Porcentaje
Preparación de los Cartuchos	1,1 - 1,2 - 1,3 - 1,4	4	50%
Acoplamiento de los explosivos en el taladro	2,1 - 2,2 - 2,3 - 2,4	4	50%
TOTAL		8	100%

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente Tabla 3, se presenta una escala de puntuaciones obtenidas con los instrumentos de medición.

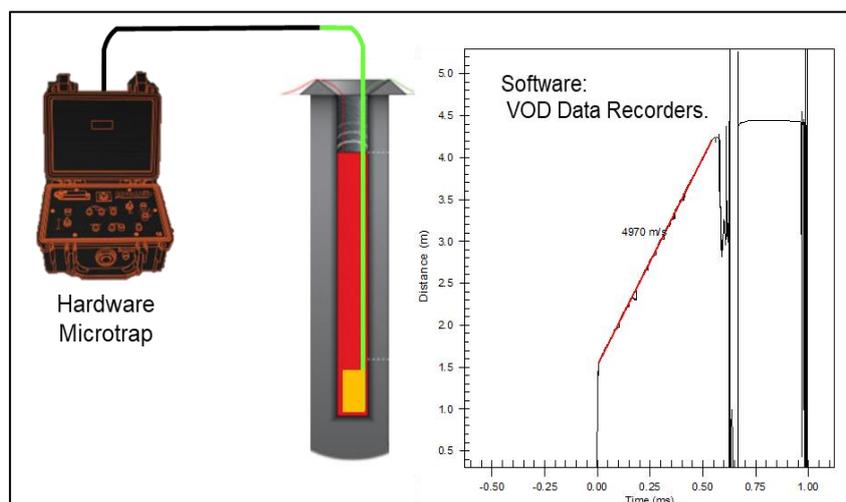
Tabla 3. Baremos de la lista de verificación.

Preparación de la carga explosiva		Acoplamiento de los explosivos en el		Disciplina Operativa durante el carguío	
Muy Bueno	6 - 7	Optimo	7 - 8	Muy Satisfactorio	12 - 15
Regular	3 - 5	Aceptable	3 - 6	Satisfactorio	5 - 11
Deficiente	0 - 2	Deficiente	0 - 2	Insatisfactorio	1 - 4

Fuente: Elaboración propia.

1.9.2.2. Rendimiento de la Emulsión Encartuchada

El instrumento utilizado para medición y muestreo del rendimiento de la emulsión encartuchada de 1¼" fue mediante un equipo hardware Microtrap de MREL y un sensor de medición (Probe-cable con resistencia de 10 ohm/m) esta señal de voltaje versus tiempo dependiendo de la longitud del cable es transformado mediante el software analítico avanzado VOD Data Recorders en una gráfica de velocidad de detonación, según se puede apreciar en la Figura 7.



Fuente: MREL Group of Companies Limited

Figura 7. Gráfica de medición de Velocidad de detonación.

a) Objetivo.

El presente instrumento, parte del estudio tiene por finalidad obtener información acerca del rendimiento de las emulsiones encartuchadas 1¼” mediante la velocidad de detonación de la columna de carga explosiva dentro del taladro.

b) Carácter de aplicación.

El registro de velocidad de detonación utiliza una técnica en el proceso de detonación, a medida que el frente de detonación del explosivo consume la sonda, la resistencia del circuito disminuye en proporción a la reducción de la longitud de la sonda, esta señal de voltaje versus tiempo dependiendo de la longitud de la sonda es transformado mediante el software analítico avanzado VOD Data Recorders en una gráfica de velocidad de detonación, obteniendo así los resultados para cada evento muestreado.

c) Descripción:

El valor de la velocidad de detonación es uno de los parámetros más importantes del proceso de detonación es un indicador de calidad y rendimiento del explosivo y se utiliza para calcular, aproximar e inferir otros parámetros como la presión de detonación, la presión de taladro, la capacidad de trabajo (potencia mecánica), simular la

fragmentación, es así que los explosivos dependiendo de su comportamiento en la velocidad de detonación son considerados como:

- Deflagrantes cuando su velocidad de detonación está por debajo de los 1000m/s
- Detonantes de bajo régimen cuando su velocidad de detonación esta entre 1000m/s a 2000m/s (transición entre deflagración y detonación)
- Detonantes de régimen normal cuando su velocidad de detonación esta entre 2000m/s a 5000m/s.
- Detonantes de alto Régimen cuando su velocidad de detonación está por encima de 5000m/s.

Tabla 4: Niveles de rendimiento emulsión encartuchada.

Niveles	REGIMEN ALTO	REGIMEN NORMAL SUPERIOR	REGIMEN NORMAL BAJO
Rendimiento de la Emulsion Encartuchada 1 1/4"	5200 - 5001	5000 - 4801	4800 - 4600

Fuente: Elaboración propia.

d) Estructura

Estructuralmente la dimensión que evalúa el rendimiento de la emulsión encartuchada es el siguiente:

- Liberación de energía en el estado de detonación.

1.10 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

1.10.1 Justificación del estudio de investigación.

Operativamente la investigación justifica porque a través de la disciplina operativa durante el carguío en el Acceso 575 se demuestra que se puede maximizar los rendimientos de las emulsiones encartuchadas en 1¼” en todas las labores de desarrollos, preparaciones y explotación de la Mina Ticlio.

Técnica y económicamente se justifica porque a través de la disciplina operativa durante el carguío se puede optimizar las eficiencias, la productividad y los costos en los procesos de minado; además porque los resultados obtenidos en esta investigación servirán como modelo para su implementación y aplicación en operaciones mineras de desarrollos, preparaciones y explotación donde se utilicen emulsiones encartuchadas de 1¼”.

Metodológicamente se justifica dado que los procedimientos, técnicas y métodos que se aplicarán en el desarrollo de este estudio de investigación pueden ser aplicados a otras investigaciones similares; en todos los casos se justifica la investigación respecto a las disciplinas operativas durante el carguío y su influencia en el rendimiento de las emulsiones encartuchadas de 1¼”, el cual servirá como herramienta para evaluar su comportamiento y sus efectos en procesos de perforación y voladura.

1.10.2 Importancia del estudio de investigación

El estudio de investigación es relevante e importante porque permitirá demostrar la influencia que existe entre una adecuada disciplina operativa durante el carguío y el rendimiento de las emulsiones encartuchadas de 1¼” en el acceso 575 Mina Ticlio.

Teóricamente es igual de importante porque induce a investigar teorías orientados a las conductas y disciplina operativa de carguío y el rendimiento de las emulsiones encartuchadas de 1¼” en el acceso 575 Mina Ticlio.

Metodológicamente es importante porque los métodos, técnicas y procedimientos que se aplicó para el desarrollo de esta investigación se pueden aplicar a otras investigaciones similares.

Operativamente es importante porque los resultados pueden servir a los operadores mineros de todo el país y la región que se interese en comprender y mejorar el problema respecto a las adecuadas disciplinas operativas durante el carguío y el rendimiento de las emulsiones encartuchadas de 1¼”.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El marco teórico conceptual empleado en la investigación se conforma de los antecedentes de la investigación, antecedentes relacionados al estudio, bases teóricas y definición de términos básicos.

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

En el presente estudio de investigación se realizó una búsqueda minuciosa con el objetivo de encontrar referencias bibliográficas que cooperan con nuestro tema de estudio, a partir de estas referencias se han encontrado algunos estudios de investigación relacionados con las variables de estudio que detallamos a continuación:

2.1.1 Antecedentes Nacionales.

Rodríguez (2009) Pontificia Universidad Católica del Perú, tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas titulado “Sistema de

medición de velocidad y tiempo de detonación para explosivos usando el método de fibras ópticas” indica en sus conclusiones (Rodríguez, 2009).

El equipo CRONEX para medición y monitoreo de la velocidad de detonación, es un equipo portátil producido en Perú con similitud en características parecidos a los equipos con tecnologías importadas a precios más competitivos; estos equipos ya están siendo utilizados por compañías dedicadas a la fabricación de explosivos y accesorios de voladura que operan en Perú, Brasil y Bolivia.

Medina (2014) Universidad Nacional de Ingeniería, tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas titulado “Evaluación técnico-económica-ecológica de los resultados de las pruebas realizadas usando emulsiones gasificadas en Cuajone – Southern Perú” indica en sus conclusiones (Medina, 2014).

La velocidad de detonación de la mezcla explosiva heavy anfo (emulsión / anfo) en la relación 70/30 es 3.9% mayor respecto a la velocidad de detonación de un anfo pesado en la relación 45/55, esta diferencia es muy importante porque mejora el rendimiento del explosivo a través del incremento de la presión de taladro supeditado por su velocidad de detonación del explosivo.

2.1.2 Antecedentes Internacionales.

Linares (2013) Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas titulada: “Estudio sobre la medida de la velocidad de detonación” indica en sus conclusiones (Linares, 2013).

Que los resultados de la velocidad de detonación de los estudios realizados en una muestra de 84 eventos monitoreados a dos tipos de explosivos diferentes los que fueron sometidos y comparados con tres metodologías de medición distintos de los cuales el 88% de las mediciones fueron satisfactorios y un 12% fueron no conformes considerados como error.

De los resultados obtenidos para la emulsión encartuchada Senatel los valores de la media en la velocidad de detonación son muy similares en los tres métodos de medición.

A partir de los resultados analizados, concluye que el método más adecuado para medición de la velocidad de detonación de las emulsiones encartuchadas es el método continuo donde se presentan los valores con menor variabilidad y siendo el intervalo de confianza muy pequeño resultando ser más preciso con este método.

Johansson (2011) Luleå University of Technology – USA Department of Engineering Sciences and Mathematics en su tesis para optar el título de Master of Science in Engineering Technology titulada “Numerical Study of Non-Ideal Explosive Detonations” indica en sus conclusiones (Johansson, 2011).

En los explosivos no ideales la velocidad de detonación depende del tamaño de las cargas, es decir están en función a su diámetro y longitud; los que se demuestran numéricamente en el presente estudio utilizando ANFO; asimismo el comportamiento del ANFO está supeditado al

diámetro de la carga, cuando el diámetro aumenta lo suficiente, la velocidad de detonación incrementa hacia un valor constante.

Jara (2000) Escuela Superior Politécnica del Litoral Guayaquil Ecuador en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas titulada “Caracterización del poder de iniciación de multiplicadores” indica en sus conclusiones (Caisaguano & Armando, 2000).

El poder de iniciación de los explosivos o la presión de taladro aumentan porque están en función del cuadrado de la velocidad de detonación por la densidad del explosivo.

2.2 BASES TEÓRICAS

En la Unidad Económica Administrativa Ticlio subsidiaria de Volcan Compañía Minera SAA ha demostrado efectividad en la influencia de la disciplina operativa, a continuación, detallaremos las partes teóricas:

2.2.1 Disciplina Operativa

2.2.1.1 Descripción

Es el cumplimiento estricto y continuo de los estándares, instrucciones y procedimientos de trabajo operacionales y administrativos en un centro laboral a través de tenerlos disponibles con la mejor calidad y cumplimiento, comunicándolos efectivamente a quienes aplican y de exigir el cumplimiento de los mismos.

Se entiende a la Disciplina Operativa desde la perspectiva de la seguridad y salud, la protección del medio ambiente como una gestión de administración de los procesos. La Disciplina Operativa está orientado y direccionado hacia la prevención de accidentes e incidentes identificando y detectando actos y condiciones sub-estándares, asimismo previene defectos y fallas en instalaciones y equipos que pueden ocasionar pérdidas afectando a los colaboradores, comunidades y medio ambiente. La disciplina operativa está enfocado también en la aplicación de las mejores prácticas operacionales, la prevención y detección de riesgos en los procesos estableciendo los pilares para controlarlos de manera segura y consistente analizando los riesgos que se derivan y puedan involucrar al personal, sensibilizando además al personal que interviene en el desarrollo del diseño, operación o mantenimiento. “En la industria Petrolera por los registros estadísticos y experiencia acumulada demuestran que la mayoría de incidentes o accidentes en sus procesos son resultado de errores o condiciones relacionadas con la falta de control efectivo en los siguientes rubros: riesgos en procesos, administración de cambios en tecnología y procesos, procedimientos operativos, mantenimiento e inspecciones de equipo e instalaciones, capacitación o falta de conocimientos, supervisión deficiente, etc.” (Obregón 2007)

La administración de la disciplina operativa está constituido por establecer las prácticas adecuadas en el manejo de tres

grandes recursos como la tecnología, personas e instalaciones a continuación se realizan una descripción breve de cada recurso para la gestión.

a) Tecnología:

Este recurso estudia cinco aspectos como la tecnología del proceso, análisis de riesgos en los procesos, procedimientos operativos, estándares generales de seguridad y administración del cambio cultural.

La tecnología de procesos proporciona una descripción del proceso operativo, fundamentos para identificar y comprender los riesgos del proceso, estudia las bases para diseño de procesos y equipos asimismo identifica riesgo de los materiales.

“El análisis de riesgo operacional se refiere al estudio y entendimiento de los procesos, identificando evaluando, controlando o eliminando riesgos asociados a ellos. Los procedimientos de operación proporcionan un claro entendimiento de los límites y parámetros operacionales seguros para aquellos que operan determinados procesos. También explican las consecuencias en la seguridad, la salud y el medio ambiente al operar fuera de estos límites, describen los pasos a tomar para corregir o evitar desviaciones, así como la forma de actuar en casos de emergencia. Las Normas Generales de Seguridad

proporcionan un sistema de permisos planificados y análisis de riesgo que incluyen inspecciones y autorizaciones para trabajos no rutinarios por medio de normas generales de seguridad, por ejemplo: Permisos de trabajo, Análisis de Riesgo del trabajo, Bloqueo, Apertura de líneas y equipos, Espacios confinados, Trabajos en caliente, etc. Los cambios en los procesos, diseño, tecnología, materiales y equipos deben ser dimensionados, formulados, revisados, autorizados y documentados. Cada cambio en cualquier de ellos potencialmente crea nuevos riesgos e invalida los análisis de riesgos anteriores. Los cambios deben ser también comunicados eficientemente y el personal involucrado debe ser capacitado nuevamente en los nuevos procedimientos” (Obregón 2007)

b) Instalaciones

Este otro recurso cubre dos aspectos, la integridad mecánica y aseguramiento de la calidad; la integridad mecánica está enfocado a la vida útil o tiempo de servicio de los equipos e instalaciones, contados desde el montaje hasta el desmontaje, la integridad mecánica se basado en garantizar la integridad de los equipos y sistemas, consecuentemente la integridad del proceso, además se ocupa de temas como la identificación de equipos críticos y su debido tratamiento y documentación, procedimiento de

mantenimiento, oportuna comunicación, procedimientos de control de la calidad, inspecciones, pruebas incluyendo mantenimiento preventivo y predictivo.

“El aseguramiento de la calidad de equipos y materiales es la relación entre las especificaciones técnicas de diseño y la instalación inicial, los esfuerzos de aseguramiento de la calidad están enfocados en garantizar que los equipos de proceso están fabricados conforme a las especificaciones técnicas de diseño, normas o estándares para ensamblaje, reparaciones e instalaciones. El aseguramiento de la calidad incluye también la selección del proveedor o proveedores, la recepción de materiales, equipos y la inspección de las especificaciones técnicas” (Obregón 2007)

c) Personal

Esta componente de recurso personal principalmente estudia aspectos como la capacitación, la motivación, emergencias, investigación de accidentes e incidentes y auditorias.

“El personal que actúa correctamente y está bien entrenado y capacitado no solo es una característica clave para las organizaciones si no que es el requisito indispensable para garantizar el buen manejo de equipo e instalaciones en procesos de alto riesgo. El personal es clave en el éxito de la implementación de la Disciplina

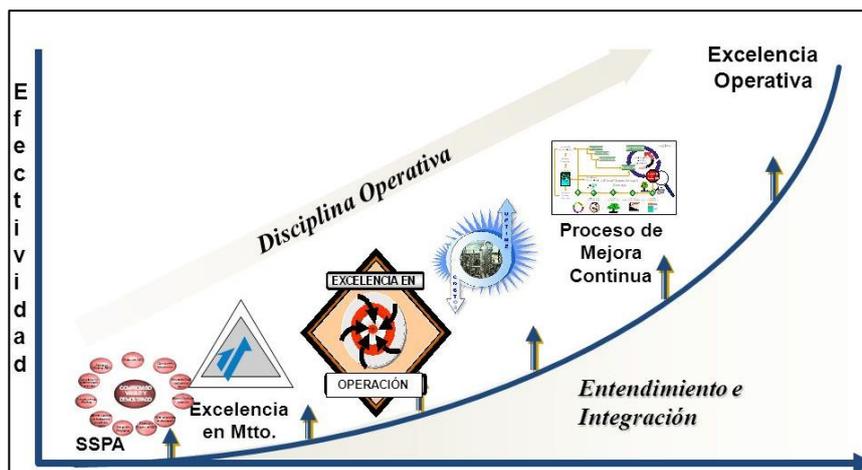
Operativa debiendo ser capacitado, entrenado y motivado para que asuma el rol y el compromiso de seguir las políticas, estándares y procedimientos, detectando y corrigiendo condiciones sub-estándares por medio de las auditorias, auditar la implementación del sistema, investigar y determinar causas raíces de los incidentes, controlar e involucrar al personal contratista, conocer planes de contingencia y reaccionar de buena manera ante una emergencia” (Obregón 2007)

La finalidad del proceso de disciplina operativa, es asegurar y garantizar que las tareas, actividades u operaciones, sean llevadas a cabo de manera correcta y consistente a través de las siguientes etapas:

- Disponibilidad
- Calidad
- Comunicación
- Cumplimiento.

2.2.1.2 Evolución Histórica de la Disciplina Operativa.

La Disciplina Operativa durante el transcurso de los años fue reemplazado conceptualmente por Excelencia Operativa en todas las divisiones de negocio con la finalidad de fomentar y fortalecer la Excelencia Operacional tal como se aprecia en la siguiente Figura 8.



Fuente: Google Slideplayer.

Figura 8. Evolución del sistema excelencia operativa.

2.2.1.3 Importancia de la Cultura del Cambio.

Muchos cambios suceden a nivel global, cada día más empresas se fusionan e incorporan, empresas públicas se privatizan además que dictaminan nuevas regulaciones laborales y ambientales. Lo peor que le puede pasar a una organización es quedarse estático observando que las cosas sucedan, es determinante e importante mantener una visión constante al entorno, a los factores externos e internos que puedan afectar a la organización. Las compañías o industrias que no cambian o no se preparan para el cambio están destinadas a desaparecer.

“Al mismo tiempo que las organizaciones cambian se debe capacitar, entrenar y preparar al personal para que cambien con ella. El personal debe estar alineado bajo la misma directriz y el mismo norte hacia dónde dirigir sus esfuerzos. La organización debe proporcionar un ambiente para el cambio y tener la

estructura organizacional con personal preparado para asumir nuevos retos, cambiar pensamientos y asumir nuevas formas de trabajo. El éxito financiero de las empresas también requiere de nuevas formas de trabajo, optimizando los procesos, trabajando en un marco de seguridad para los empleados y el medio ambiente. El proceso de cambio genera cambio de cultura, esta cultura de cambio en las organizaciones debe estar basado en el aprendizaje, para que un cambio sea sostenible el personal debe aprender del cambio y asumir un rol proactivo y colaborativo con la organización” (Obregón 2007)

2.2.1.4 Resistencia a la Cultura del Cambio.

“Normalmente las personas no se comprometen con el cambio, porque no saben que va ocurrir, prefieren aferrarse a lo antiguo conocido en vez de lo nuevo que está por venir, en un ambiente de cultura de cambio debe haber mucha comunicación, la alta gerencia debe considerar al personal como parte del cambio, es necesario conocer sus valores, creencias y comportamientos, también se debe comunicar los objetivos claros y medibles e involucrar al personal en el logro de los mismos, la resistencia al cambio ocurre también muchas veces porque el personal no está capacitado ni está preparado para asumir nuevas responsabilidades, la alta gerencia debe crear las bases que sustenten un cambio duradero en la organización, se debe asegurar que el personal está técnica y mentalmente

preparado para asumir este rol del proceso del cambio, debe actuar inteligentemente y tener bien identificado todos los factores que podrían entrar en juego para garantizar que el cambio sea duradero y no más bien algo temporal” (Obregón 2007)

“Douglas Smith en su obra Taking Charge of Change hace mención que la ignorancia sobre la íntima naturaleza de nuestra resistencia a cambiar es lo que mata el cambio, y no la resistencia misma”, la resistencia al cambio es absolutamente natural, en la Figura 9 se muestra los cuáles son los motivos que pueden ocasionarla siendo tres los factores principales del porque la gente se resiste al cambio” (Obregón 2017)



Fuente: Obregon. R 2007.

Figura 9. Causas de la resistencia al cambio

“La falta de comunicación sobre un nuevo proyecto o sobre la implementación de nuevas formas de trabajo, en general algo nuevo produce cierta resistencia y más si se desconoce los motivos del cambio, en tal sentido es necesario que el personal

conozca los beneficios que obtendrá por su esfuerzo y por adoptar nuevas disposiciones y procedimientos. Por otro lado el personal se puede sentir incapaz por falta de habilidad para poder afrontar los nuevos retos, un nivel académico bajo, un bajo nivel cultural pueden ser condicionantes para el cambio” (Obregón 2007)

Las personas que no quiere cambiar, usualmente estas supeditados a ciertas actitudes y sentimientos en desacuerdo, con poco criterio y hábitos muy tradicionales, incertidumbre y desconfianza por los resultados, pérdida de identidad, ocasionalmente las personas crean su propia identidad sobre lo que hacen, los cambios parecieran descalificarlos u ofenderlos, la necesidad de trabajar más, por último, utilizan frases como “siempre lo hemos hecho así”, “nunca ha pasado nada”, es así que normalmente se debe encarar dos escenarios, la continuación de tareas antiguas más el inicio de rutinas nuevas.

“La implementación de la Disciplina Operativa requiere la creación de una nueva cultura de trabajo y un buen manejo de la resistencia al cambio, una alta gerencia bien comprometida con objetivos bien definidos, mucha comunicación y la integración de los colaboradores a este proceso del cambio, crean las bases sólidas donde se puede construir esta nueva cultura de trabajo y hace que el proceso de romper con la cultura antigua no sea ni largo ni doloroso, sobre todo el

compromiso de la alta gerencia y el involucramiento de personal juegan un papel determinante para una implementación exitosa del cambio” (Obregón 2007)

2.2.1.5 Dimensiones de la Variable Disciplina Operativa

Los procedimientos de carguío van a depender de ciertas condiciones operacionales y conductuales para nuestro caso el carguío es manual con emulsión encartuchada, donde los cartuchos se cargan o introducen en el taladro uno a uno hasta completar el diseño de carga (longitud de carga).

a) Dimensión 1 - Preparación de la carga explosiva.

La preparación de los cartuchos es un procedimiento necesario para realizar un correcto carguío con emulsiones encartuchadas de 1 ¼” que consiste en los siguientes pasos:

Paso – 1 Corte Axial

Los cartuchos de emulsión por diseño de fábrica constan en ambos extremos con grapas metálicas como se observa en la Figura 1.

Las grapas indicadas limitan el contacto de la masa explosiva entre cartuchos dentro del taladro dificultando la transmisión de onda de detonación (propiedad de simpatía), es por ello necesario realizar el corte axial que consiste en quitar las grapas de los extremos del cartucho.

La masa explosiva entre cartuchos debe estar en contacto debido a su baja propiedad de simpatía que presentan estas mezclas explosivas.

El procedimiento operacional más eficiente en casos de utilizar emulsiones encartuchadas es cortar las grapas en ambos extremos para lograr el contacto de la masa explosiva.

Paso – 2 Corte Lateral.

Este procedimiento consiste en realizar un corte longitudinal / lateral a lo largo de los cartuchos de emulsión con la finalidad de permitir un adecuado acoplamiento de la masa explosiva en el taladro y mejorar de esta manera los rendimientos en el estado de detonación; no obstante se observa en la Figura 3 los escenarios posibles, el cartucho intacto sin el corte lateral; y el corte lateral mínimo en aproximadamente 5 centímetros en uno de los extremos del cartucho; ambas prácticas operacionales no son las más adecuadas porque durante el carguío y atacado de los cartuchos en el taladro la masa explosiva siempre estará desacoplado dentro del taladro; en estos casos de igual forma se dan diferentes escenarios durante la operación que depende de los procedimientos y técnicas operacionales de carguío.

El procedimiento y/o técnica más eficiente en casos de utilizar emulsiones encartuchadas es realizar el corte en la parte central longitudinalmente las 2/3 partes de la longitud del cartucho.

b) Dimensión 2 – Acoplamiento de los explosivos en el taladro.

Durante las operaciones es necesario realizar un correcto procedimiento de carguío con emulsiones encartuchadas; no obstante por desconocimiento u omisión los operadores de carguío realizan prácticas operacionales en diferentes escenarios; la mezcla explosiva por diseño de fábrica consta de tres componentes: el elemento oxidante (Nitrato de amonio), el elemento combustible (aceites y parafinas) y el elemento sensibilizador (micro-burbujas de vidrio) es por ello que durante el carguío por sus características mencionadas se deberá solamente empujar los cartuchos con una fuerza necesaria tal que solamente se logre el acoplamiento del explosivo en el taladro con la ayuda del corte lateral en el cartucho; en caso de no presentar el corte longitudinal en el cartucho para lograr el acoplamiento será necesario golpear fuertemente los cartuchos dentro del taladro; sin embargo esta práctica operacional inadecuada es adverso para el elemento sensibilizador (microburbujas), a

medida que se golpea severamente la emulsión encartuchada la masa explosiva va perdiendo el elemento sensibilizador, reduciendo también su capacidad de trabajo, lo cual se verá reflejado en sus propiedades y características durante el proceso de detonación.

2.2.2 Rendimiento de la Emulsion Encartuchada

El rendimiento de las emulsiones encartuchadas durante el proceso de detonación está supeditados a sus propiedades y características técnicas, uno de los más importantes es su diámetro, a medida que el diámetro se incrementa o se reduce, la velocidad de detonación tendrá el mismo efecto de incremento o reducción; asimismo la capacidad de trabajo en su estado de detonación - explosión también tendrá el mismo comportamiento variable todo en función de la velocidad de detonación.

2.2.2.1 Concepto de Rendimiento

Se refiere a la proporcionalidad que surge entre los medios empleados para obtener algo y el resultado que se consigue, el beneficio o provecho que brinda algo o alguien también se conoce como rendimiento; en nuestro caso el rendimiento en términos de velocidad de detonación de la emulsión encartuchada, uno de los parámetros que afecta la velocidad de detonación es su diámetro por lo tanto a menor diámetro respecto al nominal menor será su velocidad de detonación.

2.2.2.2 Explosivos Comerciales

Los explosivos industriales actuales son el resultado de una constante evolución que comenzó alrededor de 600 años. La pólvora negra por primera vez se utilizó en armamentos alrededor del siglo XIII; cuando la pólvora negra fue aceptada para el uso en la industria minera no obstante la cantidad de incidentes y accidentes aumentó potencialmente es así que emergió la necesidad de contar con explosivos y sistemas de iniciación más seguros, a partir del siglo XVII se empezó a utilizar los explosivos como método único y principal para fragmentación de roca, cuando los explosivos son iniciados de manera apropiada y correcta, se liberan violentamente gran cantidad de gases a altas temperaturas y presión; asimismo cuando se detonan explosivos en forma no confinada un litro de explosivo se expande a alrededor de 1000 litros de gases en fracción de milisegundos; no obstante cuando están confinados dentro del taladro en roca, los gases en expansión producto de la detonación – explosión resultan en tensiones extremadamente altas en la roca, la energía durante la detonación actúa tridimensionalmente en todas direcciones, pero tiende a escapar a través de los estratos de menor resistencia; por lo tanto, los explosivos deben ser cargados y confinados de tal forma que los gases queden confinados por suficiente tiempo para entregar suficiente energía para la fragmentación, desplazamiento y esponjamiento de la roca.

El Nitrato de Amonio es materia prima de casi todos los explosivos comerciales donde incluye las dinamitas, las emulsiones, los hidrogeles; sin embargo, su uso principal se da bajo la forma de una pequeña esfera porosa llamada “prills”, mezclada con aceite combustible denominado anfo, cada año, se consumen en los EEUU cerca de cuatro mil millones de libras (aprox. 1,8 millones de toneladas) de esta mezcla, conocida popularmente como ANFO (Ammonium Nitrate Fuel Oil), cubriendo aproximadamente el 80% del mercado nacional de los explosivos comerciales. Desde su introducción en la década de los cincuenta, los productos tipo ANFO han sido objeto de una amplia gama de aplicaciones en operaciones de voladura, tales como minas de carbón en tajo abierto, minas metálicas, canteras y construcción civil. Su uso generalizado se atribuye a su bajo precio y conveniencia, sus limitaciones al no ser resistentes al agua y al ser un producto de baja densidad, se deberían entender como deficiencias del producto ANFO en un sistema de voladura.

2.2.2.3 Emulsiones Matriz

Son mezclas que contienen elementos oxidantes-generadores de oxígeno (comburentes) y combustibles íntimamente en contacto.

La mezcla se componen de dos fases líquidas, una fase acuosa y otra fase oleosa inmiscibles entre sí, una de las fases se

dispersa como micro-gotas (fase discontinua) dentro de la otra (fase continua) este sistema de mezcla además requiere sustancias tensoactivos - emulsificantes para mejorar la estabilidad de la mezcla es precisamente esta estructura única y el elevado porcentaje de oxidante en relación al combustible, lo que les da a los explosivos tipo emulsión sus características especiales:

La viscosidad de las emulsiones puede ser regulada desde una consistencia semi-líquida emulsión similar a una leche de magnesia hasta una consistencia robusta emulsión semejante a una margarina, lo que permite su carga al taladro tanto en forma encartuchada como a granel mecanizada, por bombeo directo al fondo del mismo para desplazar al agua. A mediados de la década de los 90, los productos en emulsión explosiva estaban ya en condiciones de igualar muchas de las características de rendimiento de las dinamitas de diámetro pequeño, por lo que mercado de las emulsiones explosivas continúa expandiéndose en nuestro mercado nacional e internacional.

2.2.2.4 Evolución Histórica de la Emulsión Encartuchada.

“La historia de los explosivos en emulsión empezó en 1961, cuando Richard Egly y Albert Neckar de la “Commercial Solvents Corporation” registraron una patente en el Registro de Patentes de los EEUU para un agente de voladura compuesto de una mezcla de emulsión de “agua en aceite” con un agente

oxidante sólido, como el nitrato de amonio. Dicha patente se otorgó en 1964 como la Patente N° 3.161.551. “Lejos de estar trabajando en un nuevo tipo de explosivo en forma de emulsión, lo que ellos estaban tratando de hacer era desarrollar un tipo de ANFO resistente al agua, desarrollos posteriores en la década de los sesenta y a principios de los setenta, dieron como resultado los explosivos en emulsión, con características explosivas de diámetro mínimo y velocidades de detonación comparables a los diferentes grados de dinamita existentes; además las emulsiones se desarrollaron con características que les permitían un uso seguro y eficiente en sistemas de carguío a granel de gran volumen” (Leon 2013)

2.2.2.5 Características y Propiedades de los Explosivos.

Se describe a continuación algunas de las características y propiedades de los explosivos tipo anfo y emulsiones:

a) Velocidad de Detonación

La velocidad de detonación de un explosivo es la velocidad donde la onda de detonación se desplaza a través del explosivo. La velocidad de detonación es el principal responsable de generar la energía de choque y responsable además de iniciar la rotura de la roca y es una variable importante que se emplea para calcular la presión de detonación de un explosivo y se mide por lo general en metros por segundo (m/s).

La velocidad de detonación del anfo y la emulsión depende del diámetro de la carga explosiva y del grado de confinamiento con el cual este se detona; asimismo la velocidad de detonación aumenta a medida que el diámetro de la carga explosiva aumenta.

La velocidad de detonación de los explosivos tipo emulsión es muy alta, cercana a la velocidad teórica el cual disminuye hasta cierto punto a medida que el diámetro de la carga también disminuye; también a medida que se agregan sólidos combustibles como aluminio o prills de nitrato de amonio.

b) Tamaño de las partículas

El tamaño de las partículas es una característica muy importante que define el desempeño del explosivo; en lo que concierne al anfo nos referimos al tamaño del prill y en el caso de las Emulsiones, al tamaño del micro - gota del elemento oxidante.

El tamaño de los prills de nitrato de amonio (la granulometría) influye en la densidad del explosivo; cuando la granulometría del Anfo se reduce a menos de malla 100, su densidad a granel pasa a ser $0,6 \text{ gr/cm}^3$, lo que significa que si se quiere conseguir una densidad normal entre $0,80 \text{ gr/cm}^3$ a $0,85 \text{ gr/cm}^3$ para alcanzar unas buenas características de detonación será preciso compactarlo.

Debido a la necesidad de contar con un balance de oxígeno cercano a cero, los explosivos en emulsión requieren que el volumen de oxidante sea mucho mayor al volumen de aceite, la proporción es aproximadamente 9 a 1 ya que el volumen relativo del aceite es muy inferior al del oxidante, éste se debe esparcir en una capa muy delgada con el fin de cubrir todas las gotitas de oxidante. El tamaño de las gotitas es sumamente pequeño y debido a la proporción oxidante/aceite, éstas adquieren una estructura compleja de poliedros. Las gotitas, por lo general, se encuentran en el rango de 0,2 – 10 micrones de diámetro, ó aproximadamente 1/40 a 1/2000 del tamaño de un grano de sal de mesa. El tamaño extremadamente pequeño de la partícula de las gotitas del agente oxidante en las emulsiones, da como resultado un contacto mucho más cercano entre el oxidante y el combustible del que se encuentra en cualquier otro explosivo de dos componentes, dos resultados lógicos de esta unión cercana son una velocidad de detonación alta y un diámetro crítico pequeño, esta característica parece ser los responsables de la mayor eficiencia y mejores propiedades de detonación de estos productos.

c) **Densidad**

La densidad del explosivo o la densidad de carga cuando un explosivo se coloca dentro de un taladro es una de las propiedades más importantes. La densidad determina la sensibilidad, la velocidad de detonación y el diámetro de carga. La densidad, algunas veces denominada gravedad específica, se define como el peso por unidad de volumen y normalmente se expresa en términos de gramos por centímetro cúbico (gr/cm^3), o de “gravedad específica adimensional”.

En el caso del anfo conforme la densidad aumenta, entonces la velocidad de detonación (VOD) se eleva, pero es más difícil conseguir la iniciación. Por encima de una densidad de $1,2 \text{ gr}/\text{cm}^3$, el Anfo se vuelve inerte no pudiendo ser detonado. La densidad del Anfo puede variar entre $0,80 \text{ gr}/\text{cm}^3$ y $0,85 \text{ gr}/\text{cm}^3$ y depende de la densidad y el tamaño del prill del nitrato de amonio empleado en la mezcla.

Debido a que las emulsiones tienen un tamaño de partícula muy pequeño y son una mezcla extremadamente compacta de aceite combustible y oxidante, sólo se necesita añadir un agente de reducción de densidad para que detonen. No es necesario emplear altos explosivos o sensibilizadores químicos para impartir sensibilidad. La

densidad se puede reducir mediante aire atrapado durante el mezclado, gas generado químicamente, perlita, plástico expandido, microesferas fenólicas o de vidrio vacías, e incluso prills de nitrato de amonio.

Diferentes agentes reductores de densidad se emplean por razones diferentes, pero las más comunes son las microesferas de vidrio, aunque la gasificación química está adquiriendo popularidad últimamente. Por lo general, mientras menor es la densidad de un explosivo en emulsión, más sensible se vuelve éste.

d) Energía

La energía teórica o energía calculada de un explosivo es la diferencia entre el calor de formación de los productos de la explosión y el calor de formación de los ingredientes del explosivo. Esta energía, conocida como el calor de la explosión, “Q”, representa la energía termal total liberada por la reacción química en la detonación e incluye el calor retenido por los productos de la detonación después de la expansión a la presión atmosférica, la energía del explosivo puede ser medida o considerada de dos formas:

Potencia absoluta por peso, RWS son sus iniciales en inglés (relative weight strength). Es la máxima energía teórica del Anfo y se basa en la reacción de los ingredientes (materias primas) de su composición. La energía por unidad

de peso expresada en calorías o joules por gramo (cal/g o J/g) para un Anfo elaborado con 94% de nitrato de amonio y 6% de petróleo es 3,730 J/gr ó 890,90 cal/gr.

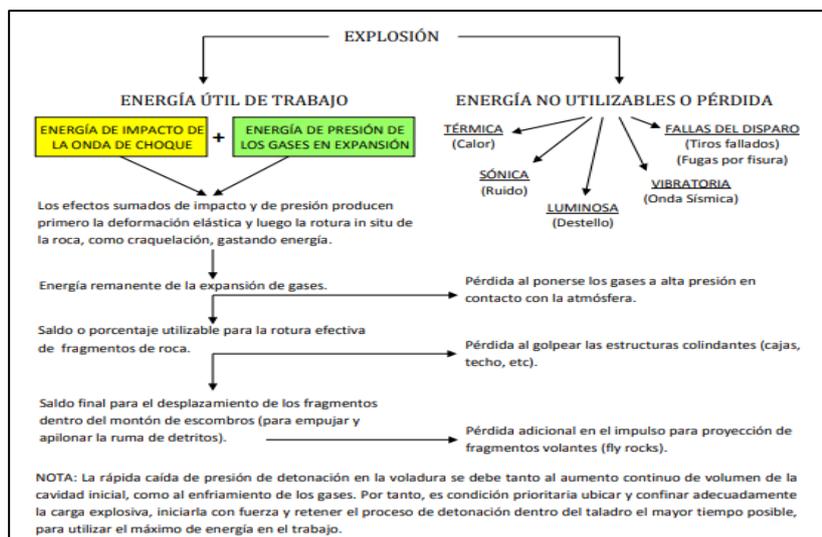
Potencia absoluta por volumen, RBS son sus iniciales en inglés (relative bulk strength). Es la energía del Anfo por unidad de volumen expresado en calorías por centímetro cúbico (cal/cm³). La potencia absoluta por volumen del Anfo es igual a la potencia absoluta por peso, multiplicado por la densidad del Anfo. Esta potencia es igual a 3,170 J/cm³ (3,730 x 0,85 = 3,170).

La adición de aluminio o anfo a una emulsión puede utilizarse con el fin de aumentar su energía (cal/g), el aluminio no aumenta significativamente la sensibilidad de las emulsiones, de modo que se puede emplear un aluminio mucho más grueso y menos costoso en lugar del aluminio fino, y caro, que se emplea para alcanzar la sensibilidad en algunos hidrogeles. En teoría, un incremento de 5% de aluminio aumentará la energía de la emulsión en aproximadamente un 25% a 35%. Un incremento de 10% de aluminio aumenta la energía en un 40% a 60%. Un incremento mayor al 10% de aluminio puede resultar inconveniente en cuanto a costo.

En el caso de añadir anfo en las emulsiones puede aumentar la energía de éstas en un 5% por cada 10% de

incremento que se agregue. El anfo también tiene la ventaja adicional de generar solo productos de detonación gaseosos lográndose, por lo tanto, también un aumento en el volumen de gas. Esto último por lo general conduce a un mejor levantamiento de roca que se está rompiendo. La proporción de la cantidad de energía liberada en relación a la energía termoquímica calculada es la medida de la eficiencia del explosivo; sin embargo debemos mencionar que no toda la energía liberada por un explosivo se transforma en trabajo útil; no obstante también se da lugar a pérdidas en energías no utilizadas, como observamos en el siguiente Cuadro 3.

Cuadro 3: Energía suministrada por los explosivos.



Fuente: Ramírez. A - UNI 2009

e) Presión de Detonación

La presión de detonación es un significativo indicador de la capacidad de trabajo para fragmentación que posee un

explosivo. Esta presión de detonación es producida en la zona de reacción del explosivo expresada en megapascales (Mpa). Es también función principalmente del cuadrado de la velocidad de detonación por la densidad así:

$$PD = \rho_e \times VOD^2 \times 250 \times 10^{-6}$$

Donde:

PD : presión de detonación (en Mpa)

ρ_e : densidad del explosivo (en g/cc)

VOD : velocidad de detonación (en m/s)

La presión de detonación del primer (cebo) debe ser superior a la presión de detonación del ANFO, para obtener mejores resultados, se debe emplear el cebo con mayor presión de detonación disponible, esto garantiza un desempeño eficiente al lograr que el Anfo alcance su velocidad estable a una distancia mínima desde el punto de vista de iniciación. Las composiciones de altos explosivos fundidos, tales como la pentolita y las composiciones tipo “B”, han demostrado ser cebos efectivos para Anfo. La eficiencia del cebo para iniciar el Anfo mejora cuando su diámetro se aproxima al diámetro del taladro.

Las emulsiones tienen una velocidad de detonación bastante alta y una densidad considerable, también tienen una presión de detonación relativamente alta. Como resultado de esto, las emulsiones son particularmente apropiadas para mejorar la fragmentación en roca masiva

dura, romper fondos de roca dura, y para su empleo como booster en mezclas de Anfo y otros agentes de voladura, por ejemplo, la presión de detonación para una emulsión explosiva cuya densidad es $1,13 \text{ gr/cm}^3$ y una velocidad de detonación de $5\,800 \text{ m/s}$ es de:

$$PD = 1,13 \times (5,800)^2 \times 250 \times 10^{-6}$$

$$PD = 9,503 \text{ MPa}$$

f) Resistencia al agua

La capacidad de resistencia al agua de un explosivo se puede definir en líneas generales como la habilidad de un producto para aguantar la penetración del agua, o la desensibilización del mismo por efecto de ésta. En términos más específicos, la resistencia al agua se explica usualmente como el número de horas que un producto puede estar sumergido en agua estática y aún pueda detonar con certeza. La eficiencia de muchos explosivos que han sido penetrados por agua se deteriora ligeramente al comienzo, pero después de una exposición prolongada o cuando se trata de grandes cantidades de agua, pueden desensibilizarse hasta un punto en el que ya no detonarán.

Experiencias de campo han demostrado que los resultados buenos y constantes sólo se pueden obtener cuando el Anfo descubierto se utiliza únicamente en taladros secos.

Las emulsiones de “agua en aceite” tienen una fase oleosa continua, no soluble en agua, y son extremadamente resistentes a ésta, la resistencia al agua de las emulsiones no depende de la integridad de su envoltura. Las emulsiones son una opción cuando se encuentran taladros con agua, debido a que tendrán un mejor desempeño después de permanecer bajo el agua durante semanas o incluso meses.

Hoy en día las mezclas explosivas de Anfo y Emulsión tienen un rango de resistencia al agua. Estos varían, desde poca resistencia para las mezclas con porcentaje bajo (30% Emulsión: 70% Anfo), a muy buena resistencia para las mezclas con porcentaje alto (80% Emulsión: 20% Anfo). A una proporción de 40:60 de Emulsión/Anfo, la mezcla es esencialmente impermeable, y a medida que se agrega más emulsión, la mezcla se vuelve más líquida hasta que, al alcanzar una proporción de 60:40 de Emulsión/Anfo, ésta es fácil de bombear. Cuando más de un 45% de emulsión se agrega a una mezcla, es necesario mejorar la sensibilidad de la preparación agregando una sustancia de control de densidad. Sin embargo, a pesar de esta resistencia inherente al agua, algunas condiciones de campo severas pueden desensibilizar estos productos.

g) Categoría de humos

La detonación de todo explosivo comercial produce polvo, vapor de agua (H_2O), nitrógeno (N_2), óxidos de nitrógeno (NO y NO_2), óxidos de carbono (CO ó CO_2) y eventualmente gases sulfurosos (H_2S , SO_3 ó AlO_2) si contienen azufre o aluminio. Entre los gases inocuos generados hay siempre cierto porcentaje de productos irritantes tóxicos ó letales llamados en conjunto “humos”, como el monóxido de carbono (CO) y el bióxido de nitrógeno (NO_2). La naturaleza y cantidad total de gases venenosos y humo, varían según el tipo de explosivo del que se trate.

La detonación de explosivos en emulsión puede producir significativamente menos humo que el Anfo, e incluso menos que la dinamita. En la industria de los explosivos los gases tóxicos se conocen como “humos” (gases venenosos, (CO y NO_x)). Estos “humos” no deben confundirse con el humo común y corriente, el mismo que se compone mayormente de vapor (vapor de agua), dióxido de carbono (CO_2), nitrógeno (N_2) y de los productos sólidos provenientes de la combustión o detonación, mezclados con aire éstos son, en el sentido común del término, no tóxicos. A pesar de que el humo común y corriente no es tóxico, una exposición excesiva a éste, especialmente al producido por

la dinamita, puede ocasionar severos dolores de cabeza y debe evitarse. Dicho dolor de cabeza (cefalea) puede ser el resultado de la presencia de partículas pequeñas de nitroglicerina/nitroglicol contenidas en el humo, que no reaccionaron o que reaccionaron sólo parcialmente. Los humos también pueden variar de acuerdo con las condiciones de uso. Cualquier cosa que tienda a enfriar los gases rápidamente aumenta la formación de óxidos de nitrógeno. En voladuras abiertas, los humos usualmente constituyen poca preocupación si se pueden dispersar rápidamente por el movimiento del aire, pero en las operaciones subterráneas el tipo y cantidad del explosivo, las condiciones de voladura, la ventilación y otros factores deben tomarse en consideración.

h) Iniciación

El término “sensibilidad” indica la absoluta o relativa facilidad con la que un explosivo puede ser inducido para reaccionar químicamente; en otros lugares prefieren el término “susceptibilidad” para describir lo mismo. El estímulo al que se expone el explosivo debe incluirse en cualquier referencia a la sensibilidad, ya sea que se trate de una onda de choque, impacto de baja velocidad, fricción, descarga electrostática, u otra fuente de energía. La sensibilidad de iniciación de la onda de choque de un

explosivo es la facilidad con la que este puede ser inducido para detonar. La sensibilidad de iniciación de la onda de choque de un explosivo dado depende de la intensidad o del tamaño de la carga de iniciación. Algunos explosivos pueden iniciarse solo con un detonador, mientras que los agentes de voladura (Anfo y Emulsión) requieren de un booster más grande.

Las emulsiones contienen un elemento sensibilizador propio como las microesferas que garantizan la iniciación inmediata del explosivo, directamente en su régimen de velocidad de detonación. El aire contenido en las microesferas al ser violentamente comprimido (adiabáticamente) por la presión de la onda de choque iniciadora, se inflama, produciendo un efecto denominado de puntos calientes “hot spots”, que hacen detonar a la emulsión (equivaliendo a la nitroglicerina de las dinamitas).

Existen numerosas medidas de sensibilidad relacionadas a la facilidad de iniciación, incluyendo la sensibilidad al detonador, las pruebas de caída, pruebas de bala, de fricción, u otras. Una de las pruebas de sensibilidad que se emplea con mayor frecuencia es la prueba de sensibilidad al detonador. Esta prueba, con frecuencia denominada la “Prueba de Sensibilidad al Detonador o Fulminante”, no sólo sirve para caracterizar la facilidad de iniciación de un

explosivo mediante un detonador estándar, sino que también se usa para clasificar los productos desde el punto de vista de su seguridad en las operaciones de almacenaje, transporte, y uso. La prueba de sensibilidad al detonador o fulminante N° 8 es la que se usa de forma estándar en la industria de los explosivos. Un detonador de prueba N° 8 se define específicamente como aquel que contiene dos gramos de una mezcla de 80% de fulminato de mercurio y 20% de clorato de potasio, o cualquier detonador de igual fuerza.

i) Efecto de la Temperatura

Dependiendo del tipo de explosivo empleado, los cambios en la temperatura inicial tienen un efecto en la velocidad de detonación. Un descenso en la temperatura reducirá la sensibilidad de cualquier explosivo. Esto se debe a que la energía requerida para elevar la temperatura al nivel en donde sucede la reacción rápida es mayor.

La velocidad de detonación de explosivos menos sensibles que contienen líquidos en determina cantidad como las emulsiones, resultan más afectadas por la baja temperatura; sin embargo, se pueden diseñar fórmulas para minimizar este efecto en aplicaciones prácticas.

j) Inflamabilidad

Esta propiedad se refiere a la facilidad con la que un explosivo o agente de voladura se puede encender por calor. La mayoría de las dinamitas se encienden rápidamente y se queman de manera violenta. Esta combustión se puede transformar en una detonación si la misma se realiza en un espacio confinado. Las emulsiones son más difíciles de inflamar que la dinamita y, en muchos casos, debe aplicarse una fuente externa o llama constante para mantener la combustión en un espacio abierto. Sin embargo, después de que la mayor parte de agua se evapora por efecto de dicha fuente de llama externa, estos productos pueden mantener la combustión sin confinamiento. Los productos de nitrato de amonio y las emulsiones tienen una menor tendencia que la dinamita a convertir la combustión en una detonación.

2.3 DEFINICIÓN DE TERMINOS BÁSICOS

Anfo

Del término inglés Ammonium Nitrate - Fuel Oil, el anfo es un explosivo que se compone de una mezcla de los prills de nitrato de amonio poroso y combustible derivado de petróleo, estas mezclas son muy utilizadas en terrenos secos supeditado también al menor precio del producto, además son muy seguras y sus componentes se pueden adquirir con mucha facilidad.

Los porcentajes ideales para la mezcla de ANFO es de 94% de nitrato de amonio y 6 % de combustible; las cantidades de nitrato de amonio poroso y combustible diésel siempre se deben mantener para evitar desbalance en la mezcla.

Acoplamiento

Esta referido al grado de contacto e intimidad entre el diámetro del explosivo y el diámetro del taladro que recepciona el explosivo, normalmente si el diámetro del explosivo es bastante menor que el diámetro del taladro la carga esta desacoplada para ello se realiza el cálculo de la relación de desacoplamiento es también definido como la razón entre el volumen de la carga explosiva y el volumen del taladro; sin embargo los explosivos cargados a granel tienen un factor de acoplamiento igual a 1 a diferencia de los explosivos encartuchados que no llegan a 1.

Costo de operación

Los costos de operación, también llamados de costo producción son los gastos o erogaciones que hace el o los contratistas por concepto de mano de obra, materiales, equipos y de todos los otros gastos relacionados para el desarrollo de la operación.

Densidad de encartuchado

Está referido a la característica de los explosivos manufacturados y empacados expresados en número y cantidad de cartuchos por caja de 25 kilogramos; no obstante considerar que el número de cartuchos es aproximado con una variabilidad de más o menos 3%.

Densidad de carga

Está referido a la cantidad de explosivo por unidad de longitud de taladro se puede expresar en kg/m ó lb/pie.

Densidad del explosivo

Es la cantidad en peso de la mezcla explosiva por unidad de volumen. Se expresa en gr/cm³ ó tn/m³ su rango varía de 0.8gr/cm³ a 1.6 gr/cm³ para la mayoría de explosivos, en los explosivos moleculares (dinamitas) la densidad y la energía están correlacionadas, es decir la energía es directamente proporcional con la densidad, en los explosivos en base acuosa, la densidad y la energía no están relacionadas, dos emulsiones con la misma densidad pueden variar considerablemente en la capacidad energética, en rocas densas se deben usar también explosivos densos.

Desacoplamiento

El desacoplamiento de los explosivos en el taladro generalmente esta técnica es utilizada para la voladura controlada, con la finalidad de reducir la sobre rotura en el límite final de la excavación en taludes de las paredes de los tajos en minas a tajo abierto; en minería subterránea en piques, galerías, cruceros, en obras civiles como cortes de carretera es importante la precisión de los taladros para evitar exceder la resistencia a la compresión dinámica de la roca, esto podría ser reducido para evitar un daño extenso. Los tres modos principales de fallamiento de la roca ocurren por el exceso a la resistencia dinámica de la compresión, tensión y corte. Idealmente la presión de taladro debería estar relacionado con la resistencia a la compresión y tensión de la roca de modo que

se pueda evitar algún deslizamiento extenso en la pared del taladro y podría proveer suficiente presión para extender fracturas predominantes entre sus taladros perimetrales en la línea de control de los taladros.

Diámetro crítico

Esta referido al diámetro de una carga cilíndrica donde, debajo del diámetro mínimo la onda de detonación no se propaga o se propaga con una velocidad de detonación inferior al nominal.

Dinamitas

Son conocidos como explosivos moleculares, además estas mezclas explosivas contienen nitroglicerina y nitroglicol coagulado como elemento sensibilizador, también contiene nitrato de amonio como elemento oxidante y pulpa de madera como combustible; la cantidad de nitroglicerina y nitroglicol determina la fuerza de las dinamitas, la resistencia al agua es satisfactoria porque los cartuchos usualmente son protegidos por una capa de cera fundida y el explosivo se presenta resistencia moderada al agua. Las dinamitas son usadas en las cargas de fondo (cebo) y con menor frecuencia como cargas de columna; otros usos son para voladura controlada y amortiguada (smooth blasting) en la forma de cargas prefabricadas.

Emulsión explosiva

Son mezclas inversados que se presentan de dos tipos “agua en aceite” o “aceite en agua” estas mezclas están compuestas de dos fases líquidas una fase acuosa constituido principalmente por nitrato de amonio que son agentes

comburentes salinos oxidantes y otra fase oleosa constituida básicamente por una mezcla de hidrocarburos compuestos de combustibles y aceites.

Estándar

Sirven de patrón, modelo o referencia para medir y valorar; además puede ser un documento establecido por consenso aprobado por equipos de trabajo y que ofrece protocolos, reglas, guías a seguir. En minería se aplica a los estándares de gestión de los procesos operacionales automatizando procesos de perforación, procesos de carguío y voladura, planes de minado, control y dimensionamiento de flota de carga y acarreo.

Factor de Carga

Es un indicador de consumo de explosivos en rotura de desmonte; está referido a la cantidad de explosivo utilizado dividido entre los metros cúbicos producidos cuya unidad de medida es esta expresado en kg/m^3

Factor de Potencia

Es un indicador de consumo de explosivos en rotura de mineral, está referido a la cantidad de explosivo se necesita para romper una tonelada métrica de mineral se expresa en kg/ton .

Fulminante

Es una capsula o casquillo metálico, cerrado en un extremo, que contiene una carga explosiva primaria de gran sensibilidad, como el fulminato de mercurio, ácida de plomo, etc.; que están diseñados para detonar con el fogonazo de las chispas de la mecha de seguridad.

Fuerza de un explosivo

La fuerza de un explosivo suele estar referido a la capacidad de trabajo útil de un determinado explosivo; también se le denomina potencia y tuvo su origen en los primeros métodos para clasificar los grados y fuerza de las dinamitas, los explosivos moleculares o las dinamitas puras fueron medidas y dimensionados por el porcentaje de nitroglicerina en peso que contenía cada tipo de dinamita, por ejemplo, la dinamita de 40% de fuerza, contiene un 40% de nitroglicerina; una dinamita de 60% de fuerza contiene un 60% de nitroglicerina, la fuerza de acción de la dinamita se toma como base para la comparación de todas las demás. Así pues, la fuerza de cualquier otro tipo de explosivo, expresada en porcentaje.

Gases de explosión

Todas las voladuras generan gases tóxicos producto de la reacción química de las mezclas explosivas que ocurren durante una voladura, los gases en altas o bajas concentraciones son muy peligrosas y mortales.

Gases tóxicos en minería.

Gases nocivos para el organismo por su acción tóxica y venenosa, estos gases de monóxido de carbono (CO), gases nitrosos (NOx), sulfuro de hidrógeno (H₂S), ácido sulfhídrico y anhídrido sulfuroso que cuando la concentración es mayor del 15% en volumen es mortal.

Heavy ANFO

Es un término inglés que traducido al español es denominado anfo – pesado, es decir son mezclas de anfo y emulsión matriz en proporciones de 80/20, 70/30, 60/40, 50/50 dependiendo de las condiciones y necesidades de operación.

Labor (industria minera subterránea)

Es el lugar físico, es decir es una excavación dentro de una mina subterránea que se denomina galería, crucero, by pass, etc, por donde se extraen los materiales de minerales económicos.

Labores permanentes

Son referidos a las labores mineras subterráneas que son de larga duración, por ello se denomina permanente y estará presente durante la vida de la mina; asimismo estas labores requieren de un sostenimiento pesado y adecuado para que garantice un factor de seguridad bastante alto porque en estas labores se tendrá un constantemente tránsito de personas y equipos.

Labores temporales

Son excavaciones o labores que no requieren un sostenimiento pesado más bien se utilizan elementos de fortificación ocasional y esporádica, pues estas labores servirán temporalmente hasta culminar algún proyecto puntual de explotación.

Macizo rocoso

Es un conjunto de bloques de la matriz rocosa donde incluyen las discontinuidades, fracturas, etc.

Matriz rocosa

Esta referido a la roca intacta, el material de roca está exento de discontinuidades y fracturas.

Microtrap

Software analítico avanzado para monitoreo de la velocidad de detonación de MREL Group Companies, el microtrap es capaz de monitorear el perfil continuo de la velocidad de detonación a lo largo de toda la columna explosiva usando el método de cable de resistencia lineal continua (ohm/mt); a medida que el frente de detonación consume la sonda (probe-cable) la resistencia del circuito disminuirá registrando la disminución resultante del voltaje a través de la sonda en comparación con el tiempo, el software transforma automáticamente los datos registrados en un gráfico de distancia versus tiempo y la gradiente de esta grafica es la velocidad de detonación del explosivo.

Operación Unitaria

Se trata de cada uno de los procesos o etapas que se necesitan durante el procesamiento y recuperación de minerales económicos.

Perforación (taladros)

Es el proceso de ejecutar la barrenación de un orificio circular denominado taladro con una (perforadora manual neumática o mecánico eléctrico - hidráulico), los taladros sirven para alojar los explosivos con lo cual se pueden aperturar cruceros, galerías o cámaras de explotación.

Potencia explosiva

Es una de las características de los explosivos comerciales, la potencia está referido a la capacidad de trabajo de un determinado explosivo para fracturar, fragmentar y proyectar la matriz de rocosa.

Presión de taladro

La presión de taladro es ejercida sobre las paredes de los orificios – taladros durante el proceso de detonación – explosión por acción de la expansión de la energía de gases de explosión; la presión de taladro depende del grado de confinamiento de los explosivos.

Presión de Detonación

Es la presión que se anticipa a la presión de taladro y esta mide la presión de la onda de detonación; esta presión varía entre 5 kbar a 150 kbar, para el cálculo y aproximación de la presión de detonación se debe considerar el cuadrado de la velocidad de detonación y la densidad del explosivo estos cálculos son posibles utilizando la teoría de termo-hidrodinámica.

Rendimiento

En un contexto negocios el rendimiento está referido al resultado deseado efectivo obtenido por cada unidad realizada por la actividad logrando un beneficio o provecho.

Sensibilidad del explosivo

La sensibilidad de un explosivo es la facilidad que presentan los explosivos para ser detonados bajo ciertos impulsos o fuente.

Velocidad de detonación

La velocidad de detonación es conocida también como velocidad explosiva, es una de las características más importantes de los explosivos, mientras más alta es la velocidad de detonación más alto será la potencia.

Voladura controlada

La voladura controlada está referida en términos simples, en ejecutar los controles en el diseño de carguío para evitar superar la resistencia dinámica de compresión de la roca, si esta es superada se crean fracturas y se alteran los parámetros resistivos del macizo rocoso generando daños en el macizo rocoso, en consecuencia la roca se fractura produciendo colapsos, para reducir el daño periférico en la matriz rocosa nos basamos en los efectos que tiene un determinado diseño de carga explosiva es por ello se debe contemplar y dimensionar la cantidad de energía de la onda de choque y la acción de la energía de gases de expansión.

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1 VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

3.1.1 Validez de los Instrumentos:

El contenido del formulario para validar el instrumento referido a la disciplina operativa durante el carguío fue analizado mediante juicio experto.

La validez del instrumento se ha medido a través de la validez de su contenido, el mismo que tuvo por objetivo captar opiniones, sugerencias y recomendaciones de ingenieros expertos en ingeniería de explosivos y voladura de rocas con grados académicos de magíster.

En este proceso de validación cada ingeniero experto emitió su juicio valorativo de un conjunto de aspectos referidos al formulario de verificación sobre la disciplina operativa.

El rango del juicio valorativo osciló entre 0% a 100% teniendo como resultado un puntaje de 83% en promedio de los juicios emitidos por cada experto, se consideró como calificación superior a 70% como un indicador que la lista de verificación reúne la categoría de adecuado en el aspecto evaluado, detallado en la Tabla 5.

Tabla 5: Validez del contenido por juicio experto.

EXPERTOS	DISCIPLINA OPERATIVA
Mg. Clever Carlos de la Vega	100%
Mg. Miguel Bringas Vasquez	80%
Mg. Oscar Mauro Ovando	70%
PROMEDIO DE LA VALIDEZ	83%

Fuente: Elaboración propia.

Los valores resultantes post tabulación, la valoración y calificación emitida por los ingenieros expertos, para determinar el nivel de validez de los instrumentos se pueden comprender en la siguiente Tabla 6.

Dada la validez de los instrumentos por juicio de expertos, el formulario y cuestionario sobre la disciplina operativa obtuvo un promedio de 83%; por lo tanto podemos deducir que el instrumento tiene un nivel de validez en escala de “muy bueno”.

Tabla 6: Niveles de validez.

NIVELES DE VALIDEZ	VALORES
Excelente	91 - 100
Muy Bueno	81 - 90
Bueno	71 - 80
Regular	61 - 70
Malo	51 - 60

Fuente: Hernández, Fernández y Baptista 2010.

3.1.2 Confiabilidad del instrumento.

Para esta investigación los cálculos de confiabilidad se realizaron por el método de consistencia interna, partiendo de la premisa de que la lista de verificación contiene varias opciones y/o posibles escenarios, para este caso de estudio se ha utilizado el coeficiente de confiabilidad de ALFA CRONBACH para determinar el grado de confiabilidad de los instrumentos.

En tal sentido se siguieron los siguientes pasos:

- a) Se ha determinado la muestra piloto de cinco (05) observaciones realizadas, a continuación se aplicó el instrumento, para determinar el nivel de confiabilidad acorde a la Figura 10.

Items	(a)	(b)	Suma Items
1	3	5	8
2	5	4	9
3	4	4	8
4	4	5	9
5	1	2	3
VAR (a)	1.84		S_T^2 : 5.04
VAR (b)		1.20	
Sumatoria Varianzas	ΣS_i^2 :	3.04	
K: El número de ítems			2
ΣS_i^2 : Sumatoria de las Varianzas de los Items			3.04
S_T^2 : La Varianza de la suma de los Items			5.04
α : Coeficiente de Alfa de Cronbach			0.794

Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Desarrollo del coeficiente Alfa Cronbach

- b) A partir de los cálculos se estimó el coeficiente de confiabilidad para los instrumentos utilizando el método de consistencia interna que consistió en hallar la varianza de cada ítem, acorde el instrumento.
- c) Finalmente se cuantifica los valores obtenidos sumándolos, hallando la varianza total y se estableció el nivel de confiabilidad coeficiente ALFA DE CRONBACH acorde a la siguiente formula.

$$\alpha = \frac{k}{k - 1} \left[1 - \frac{\sum s_i^2}{s_T^2} \right]$$

Por lo tanto entre más próximo de 1 el coeficiente, más alto es el grado de confiabilidad como se demuestra en la Tabla 7

Tabla 7: Método de consistencia interna para los instrumentos

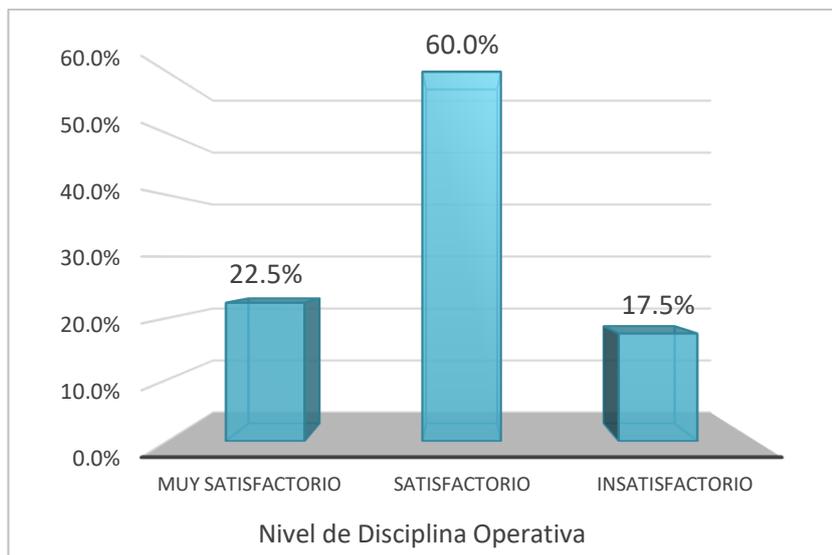
Lista de Verificación	Nro de Ítems	Nro de casos	Alfa de Cronbach
Disciplina Operativa	2	5	0.794

Fuente: Elaboración propia.

Los valores después de la aplicación del instrumento al grupo piloto a nivel de las dos variables para determinar el nivel de confiabilidad, se pueden comprender en el Cuadro 4, debido a que en la aplicación de la lista de verificación de la disciplina operativa se obtuvo un coeficiente de 0,794 a partir de este valor podemos deducir que el instrumento presenta una excelente confiabilidad.

La Tabla 8 y Gráfico 1 muestran el nivel de disciplina operativa de los operadores de carguío donde:

- En nivel “Satisfactorio” el 60%
- En nivel “Muy satisfactorio” el 22.5%
- En nivel “Insatisfactorio” el 17.5%



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1. Histograma de la disciplina operativa

Los niveles de disciplina operativa en la preparación de la carga explosiva se basan en el porcentaje según el nivel como se detalla en la Tabla 9.

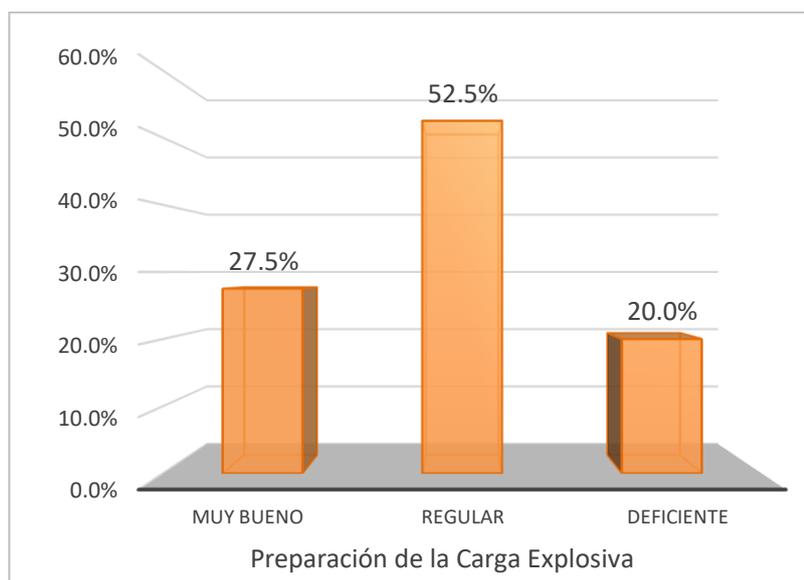
Tabla 9: Dimensión preparación de la carga explosiva.

NIVEL	FRECUENCIA	%
MUY BUENO	11	27.5%
REGULAR	21	52.5%
DEFICIENTE	8	20.0%
TOTAL	40	100.0%

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 9 y Gráfico 2 indican el nivel de disciplina operativa - preparación de la carga explosiva donde:

- En nivel “Regular” el 52.5%
- En nivel “Muy bueno” el 27.5%
- En nivel “Deficiente” el 20%



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2. Histograma preparación de la carga explosiva

Los niveles de disciplina operativa en el acoplamiento de los explosivos se basan en el porcentaje según el nivel como se detalla en la Tabla 10.

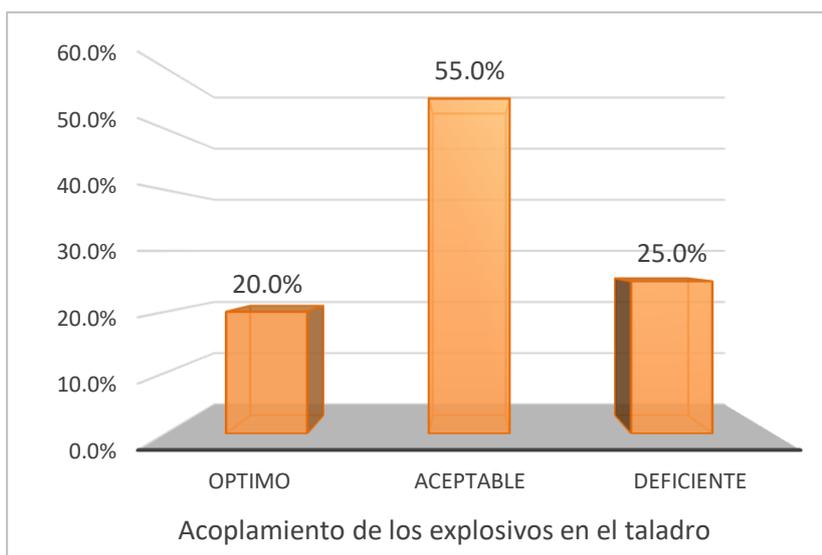
Tabla 10. Dimensión Acoplamiento de los explosivos.

NIVEL	FRECUENCIA	%
OPTIMO	8	20.0%
ACEPTABLE	22	55.0%
DEFICIENTE	10	25.0%
TOTAL	40	100.0%

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 10 y Gráfico 3 indican el nivel de disciplina operativa en el acoplamiento de explosivos donde:

- En nivel “Aceptable” el 55%
- En nivel “Deficiente” el 25%
- En nivel “Optimo” el 20%



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3. Histograma acoplamiento de los explosivos.

1.11.2 Niveles de la Variable Rendimiento de la Emulsión Encartuchada 1¼”

El rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” se basan en el porcentaje como se detalla en la Tabla 11.

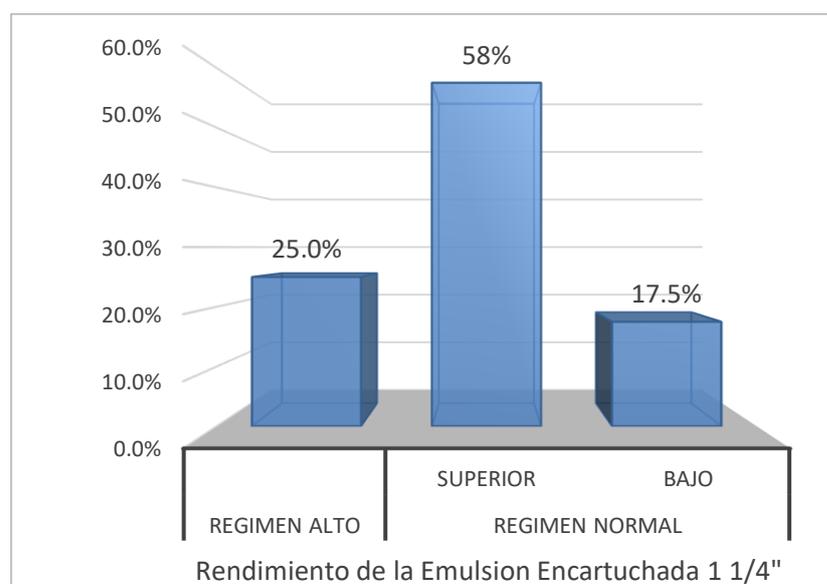
Tabla 11. Rendimiento Emulsión Encartuchada 1¼”

NIVEL	FRECUENCIA	% VALIDO
REGIMEN ALTO	10	25.0%
REGIMEN NORMAL SUPERIOR	23	58%
REGIMEN NORMAL BAJO	7	17.5%
TOTAL	40	100%

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 11 y Gráfico 4 indican el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” donde:

- En “Régimen normal superior” el 58%
- En “Régimen alto” el 25%
- En “Régimen normal bajo” el 17.5%



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4. Rendimiento Emulsión Encartuchada 1¼”

1.12 PRUEBAS DE NORMALIDAD

Para el análisis de los resultados obtenidos se determinará, inicialmente, el tipo de distribución que presentan los datos, tanto a nivel de la variable 1, como de la variable 2 para ello utilizamos la prueba Kolmogorov-Smirnov (a) de bondad de ajuste. Esta prueba permite medir el grado de concordancia existente entre la distribución de un conjunto de datos y una distribución teórica específica. Su objetivo es señalar si los datos provienen de una población que tiene la distribución teórica específica, considerando el valor obtenido en la prueba de distribución, se determinará el uso de estadísticos paramétricos (r de Pearson) y no paramétricos (Chi cuadrado), los pasos para desarrollar la prueba de normalidad son los siguientes:

Paso 1:

Plantear las Hipótesis nula (H0) y alterna (H1):

Hipótesis Nula (H0):

No existen diferencias significativas entre la distribución ideal y la distribución normal de los datos.

Hipótesis Alternativa (H1):

Existen diferencias significativas entre la distribución ideal y la distribución normal de los datos

Paso 2:

Seleccionar el nivel de significancia, para efectos de la presente investigación se ha determinado un $\alpha = 0,05$

Paso 3:

Escoger el *valor* estadístico de prueba; el valor estadístico de prueba considerado para la presente hipótesis es Kolmogorov-Smirnov(a) acorde a la Tabla 12.

Tabla 12 Pruebas de Normalidad

	Kolmogorov - Smirnov (a)		
	Est. Obtenido	gl	Est. Teorico
Disciplina Operativa durante el carguío	0.2150	40	0.14544
Redimiento de las Emulsiones encartuchadas 1 1/4"	0.2150	40	0.14544

Fuente: Elaboración propia

Paso 4:

Formulamos la regla de decisión, es un enunciado de las condiciones según las que se acepta o se rechaza la hipótesis nula, para lo cual es imprescindible determinar el *valor* crítico, que es un número que divide la región de aceptación y la región de rechazo.

Interpretación:

Estadístico Obtenido = 0.2150

Estadístico Teórico = 0.1454 (acorde $gl = 40$ y tabla de valores)

Si Estadístico obtenido $>$ Estadístico teórico entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1):

Así tenemos: $0.2150 > 0.1454$

Paso 5:

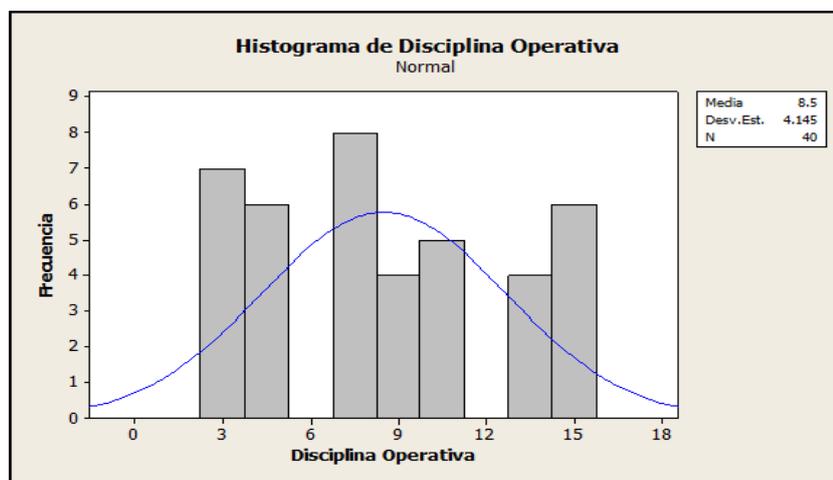
Toma de decisión, entonces se puede inferir que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1). Esto quiere decir que; según los resultados obtenidos podemos afirmar que los datos de la muestra de estudio no provienen de una distribución normal.

Así, mismo según se observa en los gráficos que la curva de distribución difiere de la curva normal.

Mediante el uso del software Minitab se observa la distribución de frecuencias de los puntajes obtenidos de las observaciones de disciplina operativa en los operadores de carguío el cual presenta los siguientes datos:

- Nro de datos = 40
- Media = 8.5
- Desv. Estándar = 4.1448
- Asimetría = 0.24335 sesgo positivo.
- Curtosis = -1.229

La Gráfico 5 muestra que la distribución de los datos difiere de la curva normal.



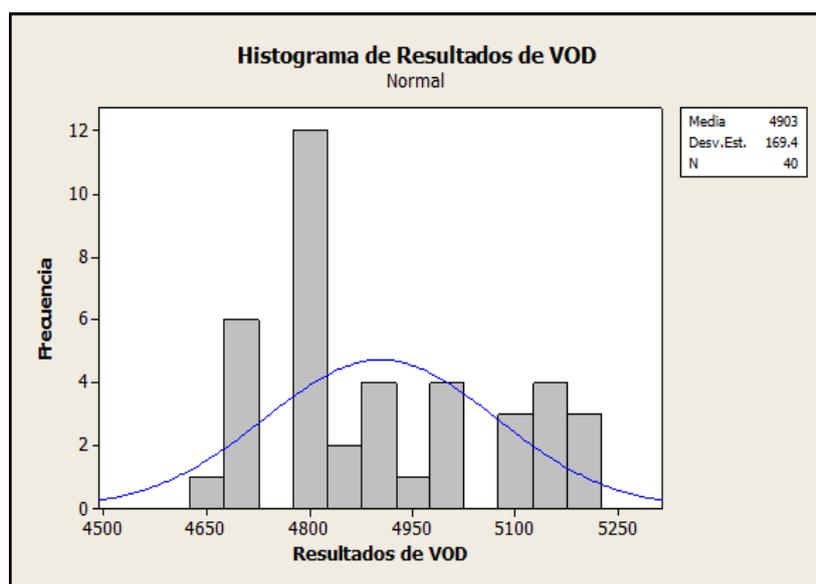
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5. Histograma de normalidad de los resultados en la disciplina operativa.

Del mismo modo mediante el uso del software Minitab se observa la distribución de frecuencias de los resultados obtenidos del rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” información obtenida a través de los registros de velocidad de detonación los cuales presentan los siguientes datos:

- Nro de datos = 40
- Media = 4903.1
- Desv. Estándar = 169.4
- Asimetría = 0.3704 con sesgo positivo.
- Curtosis = -1.102

La Gráfico 6 muestra que la distribución de frecuencias difiere de la curva normal.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6. Histograma de normalidad del rendimiento de la emulsión encartuchada

1¼”

CAPÍTULO IV

PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

En el presente capítulo se pone de manifiesto la relación existente entre las variables en estudio, se presenta cada una de las hipótesis puestas a prueba, contrastándolas en el mismo orden que han sido formuladas, con el fin de facilitar la interpretación de los datos.

4.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL

Existe influencia significativa de la disciplina operativa durante el carguío en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Ticlio 2018.

Paso 1: Planteamiento de las hipótesis nula (H0) y alterna (H1)

Hipótesis Nula (H0)

No existe influencia significativa de la disciplina operativa durante el carguío en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Ticlio 2018.

Hipótesis Alternativa (H1):

Existe influencia significativa de la disciplina operativa durante el carguío en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Ticlio 2018.

Paso 2: Selección del nivel de significancia

La selección del nivel de significancia consiste en la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadero, a ello se le denomina error de tipo 1, algunos investigadores consideran que es conveniente utilizar el término nivel de riesgo, a cambio de nivel de significancia; a este nivel de riesgo se le denota mediante la letra griega alfa (α).

Para la presente investigación se determinó que: $\alpha = 0.05$

Paso 3: Clasificar el valor estadístico de la prueba

Con la finalidad de establecer el grado de correlación entre cada una de las variables objeto de estudio se ha utilizado la Tabla 13 de contingencia.

Tabla 13. Contingencia Disciplina Operativa por Rendimiento emulsiones encartuchadas de 1¼”

Disciplina Operativa	Rendimiento de la Emulsión Encartuchada 1¼”						Total	
	REGIMEN NORMAL				REGIMEN ALTO			
	BAJO (4600 - 4800)		SUPERIOR (4801 - 5000)		(5001 - 5200) (m/s)			
	n	%	n	%	n	%		
Insatisfactorio	9	22.50%					9	22.5%
Satisfactorio			24	60%			24	60.0%
Muy Satisfactorio					7	18%	7	17.5%

Fuente: Elaboración propia

Paso 4: Interpretación

Interpretando la Tabla 13 de contingencia de la disciplina operativa de los operadores de carguío y el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” se observó lo siguiente:

- El nivel de disciplina operativa **“SATISFACTORIO”** con 60% tiene relación con el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” en **“REGIMEN NORMAL SUPERIOR”** con velocidades de detonación en rango de 4800 a 5000 m/s.
- El nivel de disciplina operativa **“INSATISFACTORIO”** con 22.5% tiene relación con el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” en **“REGIMEN NORMAL BAJO”** con velocidades de detonación en rango de 4600 a 4800 m/s.
- El nivel de disciplina operativa **“MUY SATISFACTORIO”** con 17.5% tiene relación con el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” en **“REGIMEN ALTO”** con velocidades de detonación en rango mayor a los 5000 m/s.

En tal sentido, asumiendo el valor $p = 0,05$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de alterna; por lo tanto la disciplina operativa durante el carguío se relaciona significativamente con el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Ticlio 2018.

Acorde a la Tabla 14, se realizó la correlación entre las variables de la disciplina operativa durante el carguío y el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” obteniendo un alto coeficiente de correlación ($R^2 = 0.985$), de

donde se afirma que a mayores niveles de la disciplina operativa existirán mayores niveles de rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼”.

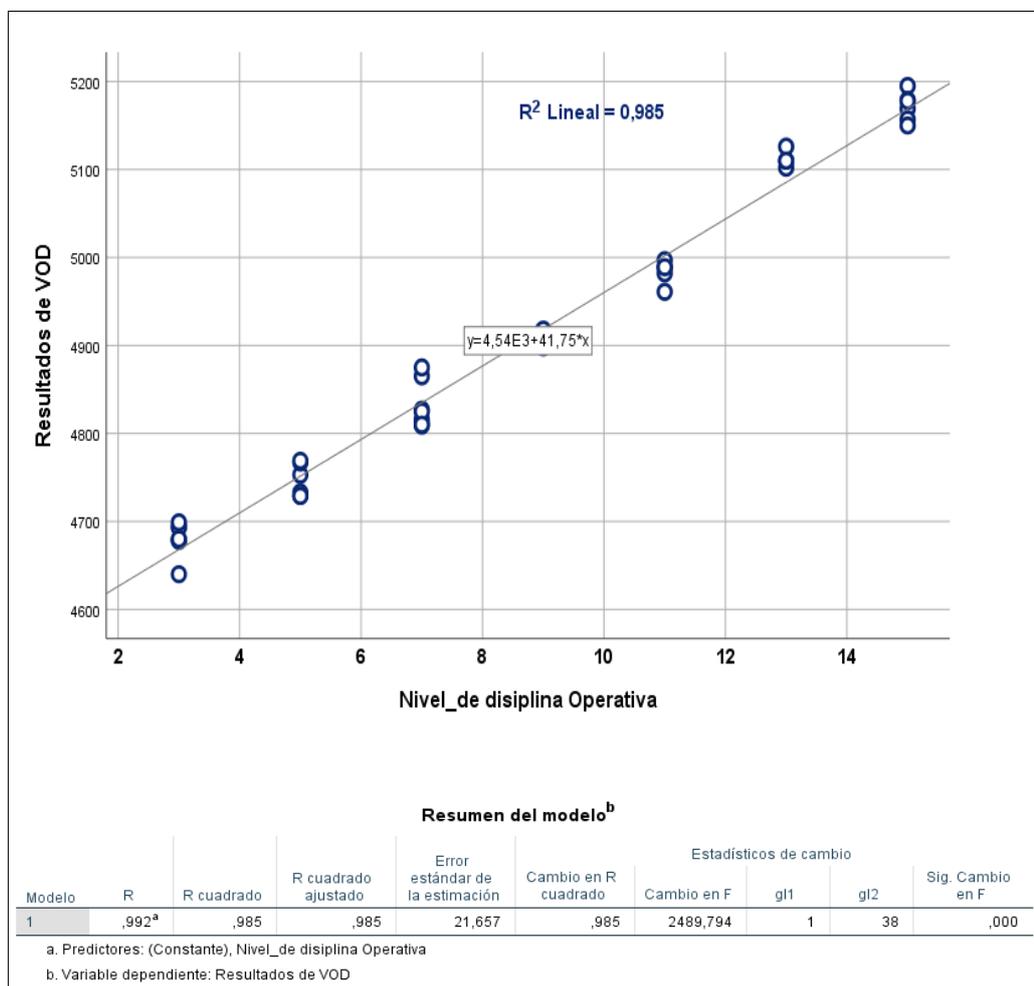
Tabla 14. Datos para la prueba de hipótesis general.

Número de observaciones	Nivel de Disciplina Operativa	Resultados de VOD
1	15	5169
2	3	4694
3	11	4989
4	9	4918
5	7	4809
6	15	5157
7	7	4827
8	13	5102
9	11	4961
10	7	4865
11	15	5195
12	3	4679
13	13	5110
14	3	4678
15	7	4816
16	15	5150
17	9	4905
18	11	4982
19	5	4753
20	3	4693
21	15	5179
22	5	4729
23	11	4997
24	13	5126
25	5	4767
26	5	4733
27	15	5178
28	5	4729
29	5	4769
30	7	4812
31	13	5110
32	11	4989
33	7	4875
34	3	4640
35	7	4825
36	3	4680
37	7	4810
38	9	4898
39	3	4699
40	9	4907

Fuente: Instrumentos de medición.

Paso 5: Decisión

Se verifica en el siguiente Gráfico 7 que existe influencia significativa de la disciplina operativa en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Ticlio 2018.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7. Correlación entre la disciplina operativa y el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼”

4.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

4.2.1 Hipótesis específica 1

Existe influencia significativa de la preparación de la carga explosiva en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Ticlio 2018.

Paso 1: Planteamiento de las hipótesis nula (H0) y alterna (H1)

Hipótesis nula (H0)

No existe influencia significativa de la preparación de la carga explosiva en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Ticlio 2018.

Hipótesis alternativa (H1)

Existe influencia significativa de la preparación de la carga explosiva en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 – Ticlio 2018.

Paso 2: Seleccionar el nivel de significancia

El nivel de significancia consiste en la probabilidad de rechazar la hipótesis nula, cuando es verdadera, a esto se le denomina error de tipo 1, algunos investigadores consideran que es conveniente utilizar el término nivel de riesgo, en lugar de nivel de significancia; a este nivel de riesgo se le denota mediante la letra griega alfa (α).

Para la presente investigación se ha determinado que: $\alpha = 0.05$

Paso 3: Clasificar el valor estadístico de la prueba

Con la finalidad de establecer el grado de correlación entre cada una de las variables objeto de estudio, se ha utilizado la siguiente Tabla 15 de contingencia.

Tabla 15. Contingencia preparación de la carga explosiva por el rendimiento de las emulsiones encartuchadas de 1¼”

Dimensión Preparación de la carga explosiva	Rendimiento de la Emulsion Encartuchada 1 ¼”						Total	
	REGIMEN NORMAL				REGIMEN ALTO			
	BAJO (4600 - 4800)		SUPERIOR (4801 - 5000)		(5001 - 5200) (m/s)			
	n	%	n	%	n	%		
Deficiente	8	20.00%					8	20.0%
Regular			21	53%			21	52.5%
Muy Bueno					11	28%	11	27.5%

Fuente: Elaboración propia.

Paso 4: Interpretación.

Interpretando la Tabla 15 contingencia de la disciplina operativa de los operadores de carguío - preparación de la carga explosiva con el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” se observó lo siguiente:

- El nivel de disciplina operativa - preparación de la carga explosiva **“REGULAR”** con 53% tiene relación con el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” en **“REGIMEN NORMAL SUPERIOR”** con velocidades de detonación en rango de 4800 a 5000 m/s.
- El nivel de disciplina operativa - preparación de la carga explosiva **“MUY BUENO”** con 28% tiene relación con el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” en **“REGIMEN ALTO”** con velocidades de detonación en rango superior a 5000 m/s.

- El nivel de disciplina operativa en preparación de la carga explosiva “DEFICIENTE” con 20% tiene relación con el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” en “REGIMEN NORMAL BAJO” con velocidades de detonación en rango 4600 a 4800 m/s.

En tal sentido, asumiendo el valor $p = 0,05$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de alterna; por lo tanto la preparación de la carga explosiva se relaciona significativamente con el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Ticlio 2018.

Acorde a la Tabla 16, se realizó la correlación entre las variables de la disciplina operativa en la dimensión 1 preparación de la carga explosiva y el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” obteniendo un buen coeficiente de correlación ($R^2 = 0.8402$) de donde se afirma que a mayores niveles de disciplina operativa en la preparación de la carga explosiva existirán mayores niveles de rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼”.

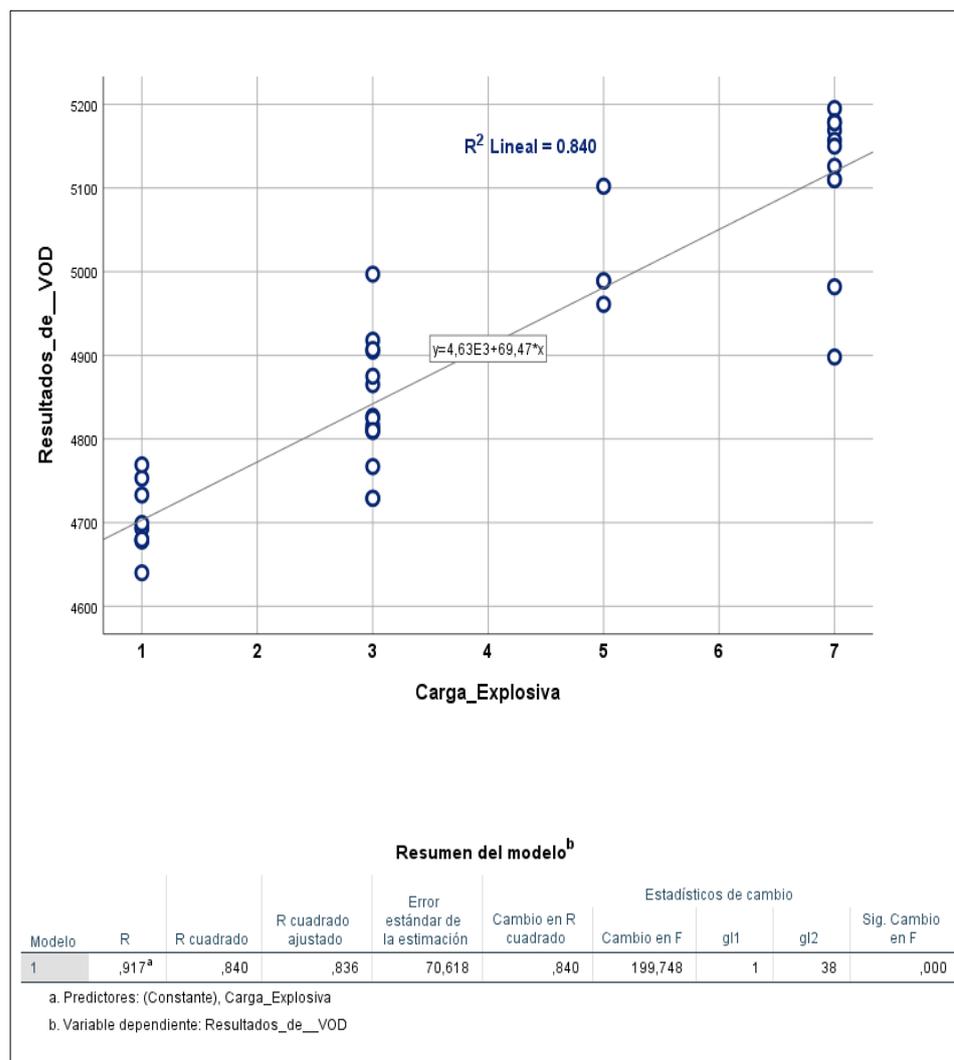
Tabla 16 Datos para la prueba de hipótesis específica 1

Numero de observaciones	Preparación Carga explosiva	Resultados de VOD
1	7	5169
2	1	4694
3	5	4989
4	3	4918
5	3	4809
6	7	5157
7	3	4827
8	5	5102
9	5	4961
10	3	4865
11	7	5195
12	1	4679
13	7	5110
14	1	4678
15	3	4816
16	7	5150
17	3	4905
18	7	4982
19	1	4753
20	1	4693
21	7	5179
22	3	4729
23	3	4997
24	7	5126
25	3	4767
26	1	4733
27	7	5178
28	3	4729
29	1	4769
30	3	4812
31	7	5110
32	5	4989
33	3	4875
34	1	4640
35	3	4825
36	1	4680
37	3	4810
38	7	4898
39	1	4699
40	3	4907

Fuente: Instrumentos de medición.

Paso 5: Decisión.

Se verifica en el siguiente Gráfico 8 que existe influencia significativa de la preparación de la carga explosiva con el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Mina Ticlio 2018.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8. Correlación entre la preparación de la carga explosiva y el rendimiento de la emulsión encartuchada 1 ¼”

4.2.2 Hipótesis Específica – 2

Existe influencia significativa del acoplamiento del explosivo en el taladro, en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1 ¼” - Acceso 575 Ticlio 2018.

Paso 1: Planteamiento de hipótesis nula (H0) y alterna (H1)

Hipótesis Nula (H0)

No existe influencia significativa del acoplamiento del explosivo en el taladro, en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Ticlio 2018.

Hipótesis Alternativa (H1)

Existe influencia significativa del acoplamiento del explosivo en el taladro, en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Ticlio 2018.

Paso 2: Seleccionar el nivel de significancia

El nivel de significancia consiste en la probabilidad de rechazar la hipótesis nula, cuando es verdadera, a esto se le denomina error de tipo 1, algunos autores consideran que es más conveniente utilizar el término nivel de riesgo, en lugar de significancia; a este nivel de riesgo se le denota mediante la letra griega alfa (α).

Para la presente investigación se ha determinado que: $\alpha = 0.05$

Paso 3: Escoger el valor estadístico de la prueba

Con el propósito de establecer el grado de relación entre cada una de las variables objeto de estudio, se ha utilizado la siguiente Tabla 17 de contingencia.

Tabla 17. Contingencia del acoplamiento de los explosivos en el taladro y el rendimiento de las emulsiones encartuchadas de 1¼”

Dimensión Acoplamiento de los explosivos en el taladro	Rendimiento de la Emulsion Encartuchada 1 1/4"						Total	
	REGIMEN NORMAL			REGIMEN ALTO				
	BAJO (4600 - 4800)		SUPERIOR (4801 - 5000)	(5001 - 5200)		(m/s)		
	n	%	n	%	n	%		
Deficiente	10	25.00%					10	25.0%
Aceptable			22	55%			22	55.0%
Optimo					8	20%	8	20.0%

Fuente: Elaboracion propia

Paso 4: Interpretación

Interpretando la Tabla 17 de contingencia de la disciplina operativa en el acoplamiento de los explosivos en el taladro con el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” se observó lo siguiente:

- El nivel de disciplina operativa – en acoplamiento de los explosivos “**ACEPTABLE**” con 55% tiene relación con el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” en “**REGIMEN NORMAL SUPERIOR**” con velocidades de detonación en rango de 4800 a 5000 m/s.
- El nivel de disciplina operativa – en acoplamiento de los explosivos “**DEFICIENTE**” con 25% tiene relación con el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” en “**REGIMEN NORMAL BAJO**” con velocidades de detonación en rango de 4600 a 4800 m/s.
- El nivel de disciplina operativa – en acoplamiento de los explosivos “**OPTIMO**” con 20% tiene relación con el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” en “**REGIMEN ALTO**” con velocidades de detonación que en rango superior a los 5000 m/s.

En tal sentido, asumiendo el valor $p = 0,05$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de alterna, por lo tanto existe influencia significativa del acoplamiento del explosivo en el taladro, en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Mina Ticlio 2018.

Acorde a la Tabla 18, se realizó la correlación entre las variables de la disciplina operativa - acoplamiento del explosivo en el taladro y el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” obteniendo un buen coeficiente de correlación ($R^2 = 0.8321$) de donde se afirma que a mayores niveles de disciplina operativa en el acoplamiento del explosivo en el taladro, existirán mayores niveles de rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼”.

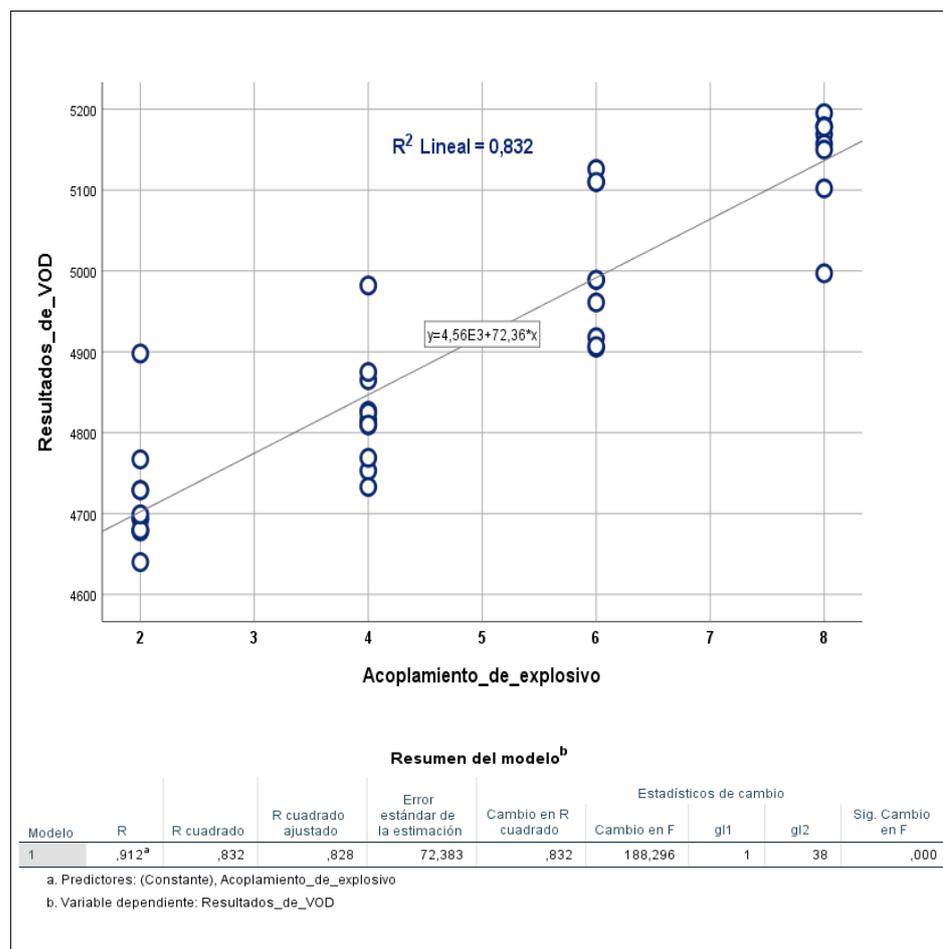
Tabla 18. Datos para la prueba de hipótesis específica 2

Número de observaciones	Acoplamiento de explosivos	Resultados de VOD
1	8	5169
2	2	4694
3	6	4989
4	6	4918
5	4	4809
6	8	5157
7	4	4827
8	8	5102
9	6	4961
10	4	4865
11	8	5195
12	2	4679
13	6	5110
14	2	4678
15	4	4816
16	8	5150
17	6	4905
18	4	4982
19	4	4753
20	2	4693
21	8	5179
22	2	4729
23	8	4997
24	6	5126
25	2	4767
26	4	4733
27	8	5178
28	2	4729
29	4	4769
30	4	4812
31	6	5110
-32	6	4989
33	4	4875
34	2	4640
35	4	4825
36	2	4680
37	4	4810
38	2	4898
39	2	4699
40	6	4907

Fuente: Instrumentos de medición.

Paso 5: Decisión

Se verifica en el siguiente Gráfico 9 que existe influencia significativa del acoplamiento del explosivo en el taladro, en el rendimiento de las emulsión encartuchada 1¼” - Acceso 575 Mina Ticlio 2018.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 9. Correlación entre acoplamiento de los explosivos en el taladro y el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼”

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Luego de realizar los análisis a los resultados se pudo hallar que la disciplina operativa se relaciona significativamente con el rendimiento de las emulsiones encartuchadas de 1¼” en el acceso 575 Mina Ticlio 2018; se define disciplina operativa como el cumplimiento riguroso y continuo de todos los procedimientos e instrucciones de trabajo, tanto operativos, administrativos y de mantenimiento de un centro de trabajo, a través del proceso de tenerlos disponibles con la mejor calidad, cumplimiento y comunicarlos de forma efectiva a quienes lo aplican y de exigir su cumplimiento estricto (Guía de disciplina operativa PEMEX – Petróleos Mexicanos - 1983), durante nuestro estudio de observación respecto a la preparación de la carga explosiva y el acoplamiento de los explosivos se ha verificado hasta cuatro escenarios posibles supeditado a las prácticas y conductas operacionales teniendo como resultado una variación cualitativa en la disciplina operativa durante el carguío y sus efectos en el rendimiento de las emulsiones encartuchadas 1¼”, como apreciación del desempeño durante el estado de detonación se tiene como indicador de rendimiento la velocidad de

detonación, al respecto Calderon (2015) realizó un estudio sobre la optimización de las prácticas de perforación y voladura quien concluye que es importante asumir los compromisos desde el último trabajador hasta el gerente de mina, ya que uno de los principales objetivos es ejecutar la perforación así como el carguío y voladura de manera correcta y sin riegos; es decir las buenas prácticas tiende a niveles aceptables en la perforación y voladura; en relación con nuestro caso la voladura es un término genérico utilizado para referirse a la actividad de carguío y disparo (procedimientos antes, durante) en tal sentido se deduce que se han presentado dificultades en las dimensiones de preparación de la carga explosiva y acoplamiento de los explosivos dado que un porcentaje alto de trabajadores no cumplen con los procedimientos adecuados.

En nuestro caso en el acceso 575 de la Mina Ticlio 2018 el nivel de disciplina operativa de los operadores de carguío se ha segmentado en la preparación de la carga explosiva donde predominantemente se ubican en nivel “Regular” con 53% y nivel “Muy bueno” con 28%; asimismo respecto al acoplamiento de los explosivos en el taladro predominantemente se ubican en nivel “Aceptable” con 55% y nivel “Deficiente” con 25%. Por otra parte respecto al rendimiento en la emulsión encartuchada 1¼” en su estado de detonación se ha segmentado en niveles de régimen de velocidad de detonación y predominantemente se ubican en “Régimen normal superior” con 58% y “Régimen alto” con 25%.

Finalmente se halló que existe relación significativa de la disciplina operativa y sus dimensiones (1) preparación de la carga explosiva y (2) acoplamiento de los explosivos en el taladro en el rendimiento de las emulsiones encartuchadas 1¼” en el acceso 575 de la Mina Ticlio 2018.

CONCLUSIONES

- a) Se concluye que la influencia de la disciplina operativa durante el carguío en el rendimiento de la emulsión encartuchada de 1¼” en el acceso 575 Ticlio 2018 ha sido positiva; sin embargo debemos mencionar que sólo el 22.5% han alcanzado el nivel máximo deseado “MUY SATISFACTORIO”; en tanto que el 60% de las pruebas alcanzó el nivel de progreso “SATISFACTORIO”; por lo tanto a medida que mejora el nivel de disciplina operativa durante el carguío, mejora el rendimiento de la emulsión encartuchadas en 1¼”.
- b) Se identificó que la influencia de la preparación de carga explosiva en el rendimiento de la emulsión encartuchada de 1¼” fue positiva, determinándose que sólo un 28% de las pruebas ha alcanzado un nivel de progreso de “MUY BUENO” y un 53% un nivel de progreso “REGULAR”; por lo que podemos afirmar que en función al diseño de la emulsión encartuchada, es necesario alcanzar el nivel máximo deseado para garantizar la transmisión de onda de detonación y facilitar el acoplamiento del explosivo en el taladro.
- c) Se ha demostrado la influencia del acoplamiento de los explosivos en el taladro en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼” igualmente ha sido positiva; puesto que un 20% ha alcanzado el nivel “OPTIMO” y el 55% el nivel de “ACEPTABLE”, debido a sus componentes de la masa explosiva, el elemento sensibilizador es vital para inducir la detonación-explosión; siendo necesario alcanzar el nivel “Optimo” minimizando la destrucción y reducción del elemento sensibilizador durante el atacado.

RECOMENDACIONES

- a) Los resultados del rendimiento de las emulsiones encartuchadas 1¼” están supeditados al nivel de disciplina operativa durante el carguío; por lo tanto se recomienda a los operadores mineros aplicar e implementar las mejores prácticas y conductas operacionales cuando en sus operaciones utilicen para el carguío cartuchos de emulsión de 1¼”.
- b) Para mejorar la disciplina operativa, se recomienda a los ejecutivos de las operaciones mineras implementar estrategias planificadas con programas de capacitación y entrenamiento en uso y manipuleo de emulsiones encartuchadas en sus diferentes diámetros, fomentando principalmente los atributos del producto como el diseño robusto de los cartuchos, sus propiedades de baja sensibilidad, simpatía y trasmisión de onda, sus características de velocidad de detonación en función al diámetro del explosivo, densidad y presión de taladro.
- c) Se recomienda a la supervisión continuar con los trabajos de observaciones planeadas durante el carguío con emulsiones encartuchadas 1¼” con mayor frecuencia; asimismo la data debe ser procesada, analizada y mostrada estadísticamente a través de indicadores con la finalidad de tener visibilidad en la tendencia y evolución de la disciplina operativa de los operadores de carguío.

- d) Se recomienda a la supervisión fomentar las buenas prácticas y el liderazgo con el ejemplo, es muy importante que la supervisión comprometa a los operadores de carguío para uniformizar las mejores prácticas y disciplinas operacionales durante el carguío de taladros, a partir de esta información estén conscientes de mejorar la disciplina operativa con la ayuda y apoyo de especialistas en ingenierías de explosivos y voladuras de ser necesario para demostrar de manera tangible los resultados en el rendimiento de las emulsiones encartuchadas y sus efectos colaterales.

REFERENCIA

- Caisaguano, J., & Armando, M. (2000). *Caracterización del poder de iniciación de multiplicadores*. Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral .
- Fideas, A. (2006). *Proyecto de la investigación científica*. Caracas: Episteme.
- Johansson, L. (2011). *Numerical Study of Non Ideal Explosive Detonation*. USA: Luleå University of Tecnology.
- Linares Carrasco, N. S. (2013). *Estudio sobre la medida de la velocidad de detonacion*. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid.
- Linares Carrasco, N. S. (2013). *Estudio sobre la medida de la velocidad de detonación*. España: Universidad Politecnica de Madrid .
- Linares Carrasco, N. S. (2013). *Estudio sobre la medida de la velocidad de detonación*. España: Universidad Politecnica de Madrid.
- Medina Cortez, R. O. (2014). *Evaluación tecnico económico ecológico de los resultados de las pruebas realizadas usando emulsiones gasificadas en Cuajone*. Perú: Universidad Nacional de Ingenieria .
- MREL GROUP OF COMPANIES LIMITED. (01 de FEBRERO de 2013). *mrel.com/blasting.../files/manuals/MicroTrap_Operations_Manual_Spanish.pdf*.
Obtenido de mrel.com/blasting.../files/manuals/MicroTrap_Operations_Manual_Spanish.pdf.
- Rodriguez Polo, L. S. (2009). *Sistema de medición de velocidad y tiempo de detonación para explosivos usando el método de fibras ópticas*. Perú: Pontificia Universidad Católica.
- Scherpenisse, C. (2006). *Formula de calculo de la presion de taladro. Curso Internacional de análisis y modelamiento de vibraciones para el control de daño al macizo rocoso*. Chile: ASP Blastronics.

ANEXOS

ANEXO 1
Matriz de Consistencia

TÍTULO: “INFLUENCIA DE LA DISCIPLINA OPERATIVA DURANTE EL CARGUÍO EN EL RENDIMIENTO DE LA EMULSION ENCARTUCHADA 1 ¼” – ACCESO 575 TICLIO 2018”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	INDEPENDIENTE:	DISEÑO: Cuasi-experimental. POBLACIÓN Y MUESTRA: Población: Eventos de voladura en avances lineales del nivel 200 Acceso 575 de la Mina Ticlio 2018. Muestra: 40 Eventos de voladura en avances lineales en el Acceso 575 durante los meses marzo, abril y mayo 2018.
¿Cuál es la influencia de la disciplina operativa durante el carguío en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼" - Acceso 575 Ticlio 2018?	Determinar la influencia de la disciplina operativa durante el carguío en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼" - Acceso 575 Ticlio 2018.	Existe influencia significativa de la disciplina operativa durante el carguío en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼" – Acceso 575 Ticlio 2018.	Disciplina operativa durante el carguío Dimensiones: Preparación de la carga explosiva Acoplamiento del explosivo en el taladro	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICAS	DEPENDIENTE:	
a) a) ¿De qué manera la preparación de la carga explosiva influye en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼" – Acceso 575 Ticlio 2018?	a) Identificar de qué manera influye la preparación de la carga explosiva en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼" – Acceso 575 Ticlio 2018.	a) Existe influencia significativa de la preparación de la carga explosiva en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼" - Acceso 575 Ticlio 2018.	Rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼" Dimensiones: Liberación de la energía en el estado de detonación.	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS Observacional (observación planeada de tareas) Muestreo y medición de resultados.
b) b) ¿De qué manera el acoplamiento del explosivo en el taladro influye en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼" – Acceso 575 Ticlio 2018?	b) Demostrar de qué manera influye el acoplamiento del explosivo en el taladro, en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼" – Acceso 575 Ticlio 2018.	b) Existe influencia significativa del acoplamiento del explosivo en el taladro, en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1¼" – Acceso 575 Ticlio 2018.		
				ANÁLISIS DE DATOS El análisis matemático y estadístico se realizó con el software Mini Tab y SPSS V. 22

Fuente : Elaboración propia

ANEXO 2

Formatos de Validación de Instrumento.

**VALIDACION DE INSTRUMENTO**

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Mg Carlos de la Vega, Clever
- 1.2 Institución que labora: EXSA SA.
- 1.3 Cargo: Ingeniero Sr. En Explosivos y Voladura.
- 1.4 Autor del instrumento: Armando Picoy Almerco – Alumno de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas.
- 1.5 Instrumento motivo de evaluación: "Influencia de la disciplina operativa durante el carguo en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1 X"

II. ASPECTOS DE VALIDACION

CRITERIOS	ENTREVISTA	INDICADOR				
		DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
		50 - 60 (%)	60 - 70 (%)	70 - 80 (%)	80 - 90 (%)	90 - 100 (%)
1.- CLARIDAD	¿Esta formulado con lenguaje apropiado?					X
2.- OBJETIVIDAD	¿Esta expresado para determinar la relación entre disciplina operativa y el rendimiento del explosivo?					X
3.- ACTUALIDAD	¿Esta adecuado al alcance de la ciencia y tecnología?					X
4.- ORGANIZACIÓN	¿Existe relación entre las variables? (independiente y dependiente)					X
5.- SUFICIENCIA	¿Los instrumentos son suficientes?					X
6.- INTENCIONALIDAD	¿Esta adecuada para valorar los aspectos de disciplina operativa?					X
7.- CONSISTENCIA	¿Esta basado en aspectos técnicos científicos?					X
8.- COHERENCIA	¿Existe coherencia entre los indicadores y dimensiones?					X
9.- METODOLOGIA	¿La estrategia responde al propósito de la investigación?					X
10.- PERTENENCIA	¿Instrumento es adecuado al problema de investigación?					X
						100%

2.1 Opinión y/o observación: Ninguno

2.2 Promedio de valoración Final: 100%

ANEXO 3

Validación de Instrumentos

**VALIDACION DE INSTRUMENTO**

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Mg Bringas Vásquez, Miguel
 1.2 Institución que labora: EXSA SA.
 1.3 Cargo: Ingeniero Sr. En Explosivos y Voladura.
 1.4 Autor del instrumento: Armando Picoy Almerco – Alumno de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas.
 1.5 Instrumento motivo de evaluación: "Influencia de la disciplina operativa durante el carguio en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1 X"

II. ASPECTOS DE VALIDACION

CRITERIOS	ENTREVISTA	INDICADOR				
		DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
		50 - 60 (%)	60 - 70 (%)	70 - 80 (%)	80 - 90 (%)	90 - 100 (%)
1.- CLARIDAD	¿Esta formulado con lenguaje apropiado?					x
2.- OBJETIVIDAD	¿Esta expresado para determinar la relación entre disciplina operativa y el rendimiento del explosivo?				x	
3.- ACTUALIDAD	¿Esta adecuado al alcance de la ciencia y tecnología?				x	
4.- ORGANIZACIÓN	¿Existe relación entre las variables? (independiente y dependiente)				x	
5.- SUFICIENCIA	¿Los instrumentos son suficientes?			x		
6.- INTENCIONALIDAD	¿Esta adecuada para valorar los aspectos de disciplina operativa?			x		
7.- CONSISTENCIA	¿Está basado en aspectos teóricos científicos?				x	
8.- COHERENCIA	¿Existe coherencia entre los indicadores y dimensiones?					x
9.- METODOLOGIA	¿La estrategia responde al propósito de la investigación?				x	
10.- PERTENENCIA	¿Instrumento es adecuado al problema de investigación?				x	
					80%	

2.1 Opinión y/o observación: Ninguno

2.2 Promedio de valoración Final: 80%

VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Mg Mauro Obando, Oscar
 1.2 Institución que labora: EXSA SA.
 1.3 Cargo: Ingeniero Sr. Capacitación CTVE.
 1.4 Autor del instrumento: Armando Picoy Almerco – Alumno de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas.
 1.5 Instrumento motivo de evaluación: "Influencia de la disciplina operativa durante el carguo en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1 X"

II. ASPECTOS DE VALIDACION

CRITERIOS	ENTREVISTA	INDICADOR				
		DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
		50 - 60 (%)	60 - 70 (%)	70 - 80 (%)	80 - 90 (%)	90 - 100 (%)
1.- CLARIDAD	¿Esta formulado con lenguaje apropiado?				x	
2.- OBJETIVIDAD	¿Esta expresado para determinar la relación entre disciplina operativa y el rendimiento del explosivo?			x		
3.- ACTUALIDAD	¿Esta adecuado al alcance de la ciencia y tecnología?		x			
4.- ORGANIZACIÓN	¿Existe relación entre las variables? (independiente y dependiente)				x	
5.- SUFICIENCIA	¿Los instrumentos son suficientes?			x		
6.- INTENCIONALIDAD	¿Esta adecuada para valorar los aspectos de disciplina operativa?			x		
7.- CONSISTENCIA	¿Esta basado en aspectos teóricos científicos?			x		
8.- COHERENCIA	¿Existe coherencia entre los indicadores y dimensiones?			x		
9.- METODOLOGÍA	¿La estrategia responde al propósito de la investigación?		x			
10.- PERTENENCIA	¿Instrumento es adecuado al problema de investigación?			x		
				70%		

2.1 Opinión y/o observación: Ninguno

2.2 Promedio de valoración Final: 70%

ANEXO 4

Instrumento para recolección de datos de observación

		OBSERVACION PLANEADA DE TAREAS				VERSION	
		CONTROLES OPERACIONALES				1.0	
Unidad:		Área:		Nivel:		Fecha:	
Lugar:				Zona:		N° asistentes:	
ÍTEM A EVALUAR						Valoración	
						(x)	
1 Preparación de los cartuchos para el carguío							
1.1 Corte lateral + 2 cortes axiales							
1.2 Corte lateral + 1 corte axial							
1.3 Corte lateral mínimo							
1.4 Cartucho Intacto							
2 Carguío y atacado de los cartuchos							
2.1 Empuja el cartucho							
2.2 Empuja y golpea levemente							
2.3 Golpea el cartucho							
2.4 Atacado severo							
NOMBRE DEL EVALUADOR						FIRMA	
NOMBRE DEL EVALUADO						FIRMA	

ANEXO 5

Muestreo de observaciones.

(a) Preparación de la carga

TRATAMIENTO (a)

Numero de Observaciones	Corte lateral + 2 cortes axial	Corte lateral + 1 corte axial	corte lateral minimo	Cartucho Intacto	PUNTAJE (a)	MUY BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	NIVEL
						7 a 6	5 a 3	2 a 1	
1	x				7	1			MUY BUENO
2				x	1			1	DEFICIENTE
3		x			5		1		REGULAR
4			x		3		1		REGULAR
5			x		3		1		REGULAR
6	x				7	1			MUY BUENO
7			x		3		1		REGULAR
8		x			5		1		REGULAR
9		x			5		1		REGULAR
10			x		3		1		REGULAR
11	x				7	1			MUY BUENO
12				x	1			1	DEFICIENTE
13	x				7	1			MUY BUENO
14				x	1			1	DEFICIENTE
15			x		3		1		REGULAR
16	x				7	1			MUY BUENO
17			x		3		1		REGULAR
18	x				7	1			MUY BUENO
19				x	1			1	DEFICIENTE
20				x	1			1	DEFICIENTE
21	x				7	1			MUY BUENO
22			x		3		1		REGULAR
23			x		3		1		REGULAR
24	x				7	1			MUY BUENO
25			x		3		1		REGULAR
26				x	1			1	DEFICIENTE
27	x				7	1			MUY BUENO
28			x		3		1		REGULAR
29				x	1			1	DEFICIENTE
30			x		3		1		REGULAR
31	x				7	1			MUY BUENO
32		x			5		1		REGULAR
33			x		3		1		REGULAR
34				x	1			1	DEFICIENTE
35			x		3		1		REGULAR
36				x	1		1		REGULAR
37			x		3		1		REGULAR
38	x				7	1			MUY BUENO
39				x	1		1		REGULAR
40			x		3		1		REGULAR

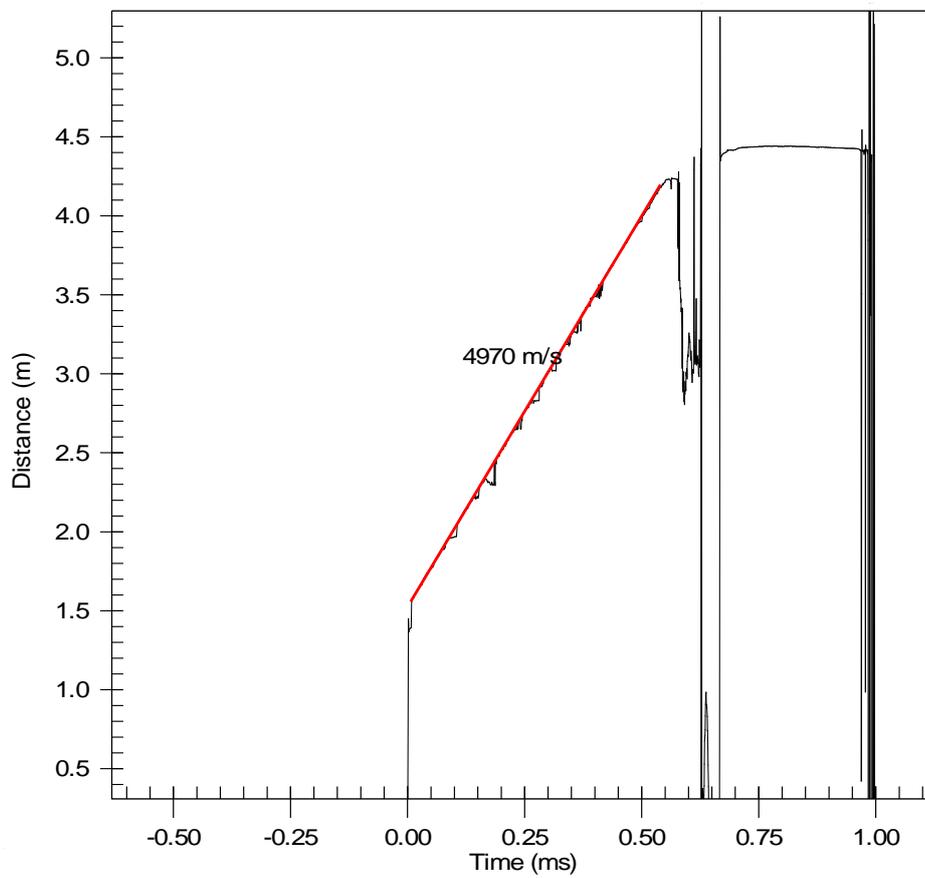
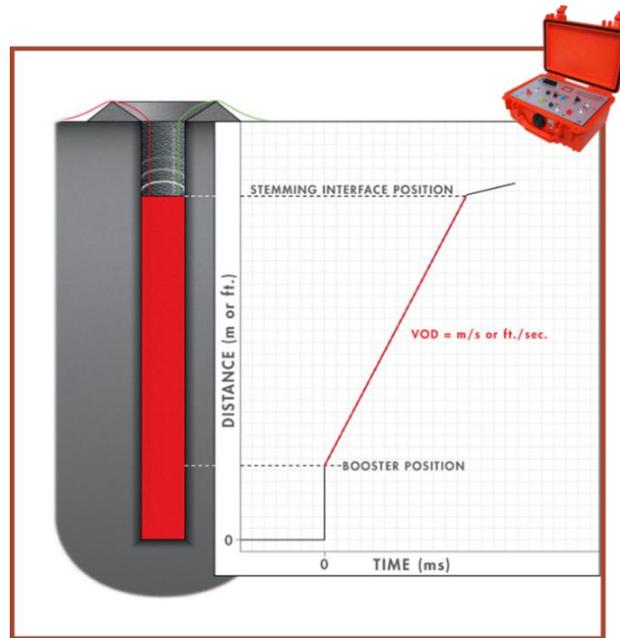
(b) Acoplamiento de los explosivos

TRATAMIENTO (b)

Numero de Observaciones	Empuja cartucho	Empuja y Golpea levemente	Golpea el cartucho	Atacado severo	PUNTAJE (b)	OPTIMO	ACEPTABLE	DEFICIENTE	NIVEL
	8 a 7	6 a 3	2 a 1						
1	x				8	1			OPTIMO
2				x	2			1	DEFICIENTE
3		x			6		1		ACEPTABLE
4		x			6		1		ACEPTABLE
5			x		4		1		ACEPTABLE
6	x				8	1			OPTIMO
7			x		4		1		ACEPTABLE
8	x				8	1			OPTIMO
9		x			6		1		ACEPTABLE
10			x		4		1		ACEPTABLE
11	x				8	1			OPTIMO
12				x	2			1	DEFICIENTE
13		x			6		1		ACEPTABLE
14				x	2			1	DEFICIENTE
15			x		4		1		ACEPTABLE
16	x				8	1			OPTIMO
17		x			6		1		ACEPTABLE
18			x		4		1		ACEPTABLE
19			x		4		1		ACEPTABLE
20				x	2			1	DEFICIENTE
21	x				8	1			OPTIMO
22				x	2			1	DEFICIENTE
23	x				8	1			OPTIMO
24		x			6		1		ACEPTABLE
25				x	2			1	DEFICIENTE
26			x		4		1		ACEPTABLE
27	x				8	1			OPTIMO
28				x	2			1	DEFICIENTE
29			x		4		1		ACEPTABLE
30			x		4		1		ACEPTABLE
31		x			6		1		ACEPTABLE
32		x			6		1		ACEPTABLE
33			x		4		1		ACEPTABLE
34				x	2			1	DEFICIENTE
35			x		4		1		ACEPTABLE
36				x	2			1	DEFICIENTE
37			x		4		1		ACEPTABLE
38				x	2			1	DEFICIENTE
39				x	2		1		ACEPTABLE
40		x			6		1		ACEPTABLE

ANEXO 6

Instrumentos de recolección de datos de Velocidad de Detonación.



ANEXO 7

Mediciones de Velocidad de detonación

Numero de Observaciones	Resultados de Velocidad de Detonación	REGIMEN ALTO	REG. NORMAL SUPERIOR	REG. NORMAL BAJO
		5200 - 5000	5000 - 4800	4800 - 4600
1	5169	1		
2	4694			1
3	4989		1	
4	4918		1	
5	4809		1	
6	5157	1		
7	4827		1	
8	5112	1		
9	4961		1	
10	4805		1	
11	5195	1		
12	4679			1
13	5110	1		
14	4678			1
15	4816		1	
16	5150	1		
17	4905		1	
18	4982		1	
19	4796		1	
20	4693			1
21	5179	1		
22	4890		1	
23	4997		1	
24	5126	1		
25	4801		1	
26	4895		1	
27	5178	1		
28	4897		1	
29	4888		1	
30	4812		1	
31	5110	1		
32	4989		1	
33	4815		1	
34	4640			1
35	4825		1	
36	4680			1
37	4810		1	
38	4898		1	
39	4699			1
40	4907		1	