

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DETERMINAR LA RELACIÓN ENTRE PERFORACIÓN,
VOLADURA, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y LOS COSTOS
UNITARIOS EN LAS PARTIDAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS A
NIVEL DE ROCA FIJA PARA CARRETERAS**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADA POR:

Bach. ESPINOZA HUARACA, EDINTSON ANGEL

Bach. BENITES QUISPECAHUANA, LUIS ALBERTO

ASESOR: Mg. Ing. ARÉVALO LAY, VÍCTOR ELEUTERIO

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, hermanas, y a mi hija; quienes me han acompañado y me han dado la fuerza para mantenerme firme en el objetivo de concluir esta etapa

Luis Alberto Benites Quispecahuana

Esta tesis está dedicada a todos mis seres amados; quienes, en conjunto, han sido el soporte perfecto para nunca decaer y siempre mantenerme firme en cada etapa del proceso del desarrollo de esta tesis.

Edintson Angel Espinoza Huaraca

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera; a todas personas que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos docentes y familiares.

Benites | Quispecahuana y Espinoza Huaraca

INDICE GENERAL

RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos	2
1.2 Objetivo general y específico.....	6
1.2.1. Objetivo principal:.....	6
1.2.2. Objetivos secundarios:.....	6
1.3 Delimitación de la Investigación: temporal, espacial y temática	7
1.3.1. Delimitación espacial	7
1.3.2. Delimitación temporal	7
1.3.3. Delimitación poblacional.....	7
1.3.4. Delimitación temática.....	7
1.4 Justificación e importancia.....	8
1.4.1. Justificación Teórica.....	8
1.4.2. Justificación Práctica	8
1.4.3. Justificación Social	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes del estudio de investigación:.....	9
2.1.1. Investigaciones Internacionales.....	9
2.1.2. Investigaciones Nacionales	12
2.2. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	23

2.2.1. Geológica y geotécnica de las rocas	23
2.2.2. Propiedades mecánicas de las rocas	27
2.2.3. Características físicas de las rocas	28
2.2.4. Principales tipos de roca y su influencia en la perforación y voladura:	33
2.2.5. Definición de roca suelta y roca fija	35
2.2.6. Perforación	37
2.2.7. Clasificación de material de excavación en obras de construcción	49
2.2.8. Mallas de perforación	50
2.2.9. Voladura	59
2.2.10. Especificaciones técnicas Manual del MTC	77
2.2.11. Costos Unitarios	80
2.3. Definición de términos	83
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	84
3.1 Hipótesis	84
3.1.2 Hipótesis secundaria	84
3.2 Variables	84
3.2.1 Definición conceptual de variables	84
3.2.2 Operacionalización de variables	85
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	86
4.1 Tipo y nivel	86
4.2 Población de estudio.	86
4.3 Diseño muestral	86
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	86
4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos	86
4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos	87

4.4.3 Procedimiento para la recolección de datos	87
CAPITULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	88
5.1 Diagnóstico y situación actual	88
5.2 Desarrollo de la investigación	88
5.3 Presentación de resultados	126
5.4 Análisis de Resultados	165
5.5 Contrastación de Hipótesis:.....	168
5.5.1. Hipótesis General	168
5.5.2 Hipótesis específica 1	169
5.5.3 Hipótesis específica 2	170
5.5.4 Hipótesis específica 3	171
CONCLUSIONES	172
RECOMENDACIONES.....	173
BIBLIOGRAFÍA	174

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Análisis de costos unitarios para perforación y voladura.....	3
Tabla N° 2: Análisis de costos unitarios para excavación, desquinche y peinado de taludes	3
Tabla N° 3: Clasificación de las rocas por su origen.....	27
Tabla N° 4: Relación de dureza, carga puntual y resistencia a la compresión simple.....	48
Tabla N° 5: Propiedades según el Origen de la Roca	48
Tabla N° 6: Velocidad Sísmica.....	49
Tabla N° 7: Estimción de parámetros de taladro de acuerdo a la resistencia de la roca.....	53
Tabla N° 8: Operacionalización de variables	81
Tabla N° 9: Clasificación Geológica expediente N°1.....	86
Tabla N° 10: Clasificación Geológica del expediente 3	96
Tabla N° 11: Clasificación Geológica del Expediente Técnico 4	100
Tabla N° 12: Clasificación Geológica del Expediente Técnico 5	105
Tabla N° 13: Clasificación Geológica del Expediente Técnico 6	109
Tabla N° 14 Clasificación Geológica del Expediente N°8.....	116
Tabla N° 15: Clasificación geológica Expediente Técnico N°9.....	120
Tabla N° 16: Clasificación geológica Expediente Técnico N°14.....	137
Tabla N° 17: Resumen de la revisión de Expedientes Técnicos.....	143
Tabla N° 18: Cálculo del coeficiente de reajuste.....	154
Tabla N° 19: Base de datos para actividades de perforación y voladura.....	155
Tabla N° 20: Análisis de precios unitarios de peroración	157
Tabla N° 21: Cálculo de explosivos para voladura.....	158
Tabla N° 22: Diseño de voladura.....	159
Tabla N° 23: Cálculo de explosivos para voladura.....	160
Tabla N° 24: Análisis del costo final para la parida de perforación y voladura (caliza)....	162
Tabla N° 25: Análisis del costo final para la parida de perforación y voladura (andesita)	163
Tabla N° 26: Análisis del costo final para la parida de perforación y voladura (cuarcita).	164
Tabla N° 27: Cuadro comparativo de costos unitarios	165

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Forma de Rotura	32
Figura N° 2: Roca Caliza	33
Figura N° 3: Roca Pizarra	34
Figura N° 4: Rocas graníticas	34
Figura N° 5: Rocas volcánicas	35
Figura N° 6: Roca suelta	36
Figura N° 7: Roca fija	36
Figura N° 8: Principios de perforación mecánica de las rocas	38
Figura N° 9: Potencia de percusión	39
Figura N° 10: Dispositivo de elementos de perforación neumática	41
Figura N° 11: Martillo neumático	42
Figura N° 12: Equipos de perforación con martillo de cabeza Neumática (izquierda), Hidráulica (derecha)	43
Figura N° 13: Equipos de perforación manual	46
Figura N° 14: Equipos de perforación hidráulica (Track drill)	46
Figura N° 15: Equipos de perforación hidráulica (Rock drill)	47
Figura N° 16: Malla de perforación	50
Figura N° 17: Malla cuadrada de perforación	51
Figura N° 18: Perfiles típicos para cortes en media ladera	55
Figura N° 19: Trazos para excavación de trincheras viales	58
Figura N° 20: Trazos para excavación de trincheras viales	59
Figura N° 21: Tipo de reacción en función a la cinética química	60
Figura N° 22: Cartuchos de dinamita de diferentes calibres	62
Figura N° 23: Explosivo tipo anfo	63
Figura N° 24: Explosivo tipo hidrogel	64
Figura N° 25: Tipos de emulsiones en función de su proporción (emulsión/anfo)	65
Figura N° 26: Cordón detonante	66
Figura N° 27: Relé de microretardo	67

Figura N° 28: Multiplicadores (boosters)	68
Figura N° 29: Mecha lenta.....	69
Figura N° 30: Detalle de perforación.....	77
Figura N° 31: Grado de fragmentación de la roca	81
Figura N° 32: Presupuesto expediente técnico N°1	89
Figura N° 33: Partida de excavación en roca fija expediente N°1	92
Figura N° 34: Subpartida de perforación y disparo expediente N°1	93
Figura N° 35: Presupuesto expediente técnico N°2.....	94
Figura N° 36: Mapa geológico expediente técnico N°2	95
Figura N° 37: Partida y subpartidas de excavación en roca fija del expediente N°2	98
Figura N° 38: Presupuesto expediente técnico N°3.....	99
Figura N° 39: Partida y subpartidas de excavación en roca fija del expediente N°3	102
Figura N° 40: Presupuesto expediente técnico N°4.....	103
Figura N° 41: Partida de excavación en roca fija del expediente técnico N°4	106
Figura N° 42: Subpartida de perforación y disparo expediente técnico N°4.....	107
Figura N° 43: Presupuesto del expediente técnico N°5.....	108
Figura N° 44: Subpartida de perforación y disparo del expediente N°5	111
Figura N° 45: Presupuesto del expediente técnico N°6.....	112
Figura N° 46: Subpartida de perforación y disparo del expediente técnico N°6.....	115
Figura N° 47: Presupuesto del expediente técnico N°7.....	116
Figura N° 48: Mapa geológico del expediente técnico N°7	117
Figura N° 49: Subpartida de perforación y disparo expediente técnico N°7.....	119
Figura N° 50: Subpartida de perforación y disparo del expediente técnico N°8.....	122
Figura N° 51: Presupuesto expediente técnico N°9.....	123
Figura N° 52: Subpartida de perforación y disparo expediente técnico N°9.....	126
Figura N° 53: Presupuesto del expediente técnico N°10.....	127
Figura N° 54: Subpartida de perforación y disparo del expediente técnico N°10.....	129
Figura N° 55: Presupuesto del Expediente Técnico N°11	130
Figura N° 56: Subpartida de perforación y disparo del expediente N°11	132
Figura N° 57: Presupuesto del expediente técnico N°12.....	133
Figura N° 58: Mapa Geológico expediente N°12.....	134

Figura N° 59: Subpartida de perforación y disparo expediente N°12	136
Figura N° 60: Presupuesto del expediente N°13	137
Figura N° 61: Subpartida de perforación y disparo expediente N°13	139
Figura N° 62: Presupuesto expediente N°14	140
Figura N° 63: Presupuesto expediente N°14	140
Figura N° 64: Presupuesto expediente N°15	140
Figura N° 65: Sub partida de perforación y disparo expediente N°15	140
Figura N° 66: Tipo de roca en los expedientes técnicos.....	143
Figura N° 67: Propuesta de malla de perofracción en los expedientes técnicos	143
Figura N° 68: Propuesta de técnica de voladura en los expedientes técnicos	144
Figura N° 69: Especificaiones Técnicas que consideran perforación y voladura.....	146
Figura N° 70: Sub partida de perforación y disparo expediente N°3	148
Figura N° 71: Fórmula polinómica expediente N°3	149
Figura N° 72: Índices unificados 2012	149
Figura N° 73: Índices unificados 2020	149
Figura N° 74: Distribución del costo total de perforación y voladura.....	150
Figura N° 75: Sub partida de peroforación y disparo expediente N°2	151
Figura N° 76: Sub partida de perforación y disparo	164

RESUMEN

La presente investigación titulada “Determinar la relación entre perforación, voladura, especificaciones técnicas y los costos unitarios en las partidas de movimiento de tierras a nivel de roca fija para carreteras” tuvo como objetivo determinar en qué medida, el considerar la teoría de perforación y voladura en las partidas de movimiento de tierras a nivel de roca fija, influye al momento de elaborar los costos unitarios.

Se realizó una investigación cuantitativa, cualitativa, descriptiva y explicativa; que consistió en el estudio de manuales y libros de perforación y voladura; tesis y artículos que nos permitiera tener una idea más clara sobre estas actividades, y así poder elaborar una hoja de cálculo que nos permita estimar los costos unitarios. Se revisaron 10 expedientes técnicos aprobados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones bajo la modalidad de consultoría de obra, y otros 5 aprobados por gobiernos locales; siendo estos proyectos de la costa, sierra y selva del Perú. Así determinamos cuantos de estos expedientes consideraban las técnicas de perforación y voladura en la elaboración de los costos unitarios, y con la ayuda de la hoja de cálculo, determinamos que estos costos podían optimizarse hasta en un 64%.

Palabras clave: malla de perforación, técnica de voladura, costos unitarios.

ABSTRACT

The present investigation entitled "Determining the relationship between drilling, blasting, technical specifications and unit costs in the items of earthmoving at fixed rock level for roads" aimed to determine to what extent, considering the theory of drilling and blasting in the items of earthmoving at the fixed rock level, it influences when preparing the unit costs.

A quantitative, qualitative, descriptive and explanatory research was carried out; which consisted of the study of drilling and blasting manuals and books; thesis and articles that would allow us to have a clearer idea about these activities, and thus be able to develop a spreadsheet that allows us to estimate unit costs. 10 technical files approved by the Ministry of Transport and Communications were reviewed under the modality of work consultancy, and another 5 approved by local governments; These projects are on the coast, mountains and jungle of Peru. Thus, we determined how many of these files considered drilling and blasting techniques in the elaboration of unit costs, and with the help of the spreadsheet, we determined that these costs could be optimized by up to 64%.

Keywords: drilling mesh, blasting technique, unit costs.

INTRODUCCIÓN

Dado que el estado invierte importantes recursos económicos en proyectos de inversión pública, la evaluación de estos en su fase de ejecución se convierte en un proceso muy relevante por la importancia que las obras representan en el crecimiento y desarrollo económico de una región y en el impacto sobre el bienestar de su población.

Algunos proyectos de infraestructura vial demandan un movimiento de roca fija, que en su gran mayoría son de una gran envergadura física y económica, dado que el costo referencial en las partidas del presupuesto en ocasiones suele ser excesivo, motivo por el cual conllevan a un sobrecosto en su ejecución.

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar en qué medida el considerar la perforación y voladura en las partidas de movimiento de tierras a nivel de roca fija, incide en los costos unitarios; para lo cual se estudió la teoría de libros, manuales, tesis nacionales, tesis internacionales y 2 artículos científicos, para así poder contrastar esta información con la revisión de 10 expedientes técnicos aprobados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y otros 5 de gobiernos locales.

El desarrollo de esta investigación se resume en cinco capítulos:

En el primer capítulo se presenta el planteamiento del problema, objetivos, delimitación, justificación e importancia.

En el segundo capítulo se presenta los antecedentes tanto internacionales como nacionales, la base teórica y el marco conceptual.

En el tercer capítulo se presentan las hipótesis, así como las variables de nuestra investigación.

En el capítulo cuatro se detalla la metodología del estudio, tipo y nivel, población de estudio, diseño muestral, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo cinco se presenta el diagnóstico de la situación actual, el desarrollo de la investigación. Finalmente se contrastan las hipótesis y se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos

En los trabajos de excavación en roca para obras mineras y obras de construcción (viales, energéticos, industriales, eléctricos, etc.) las operaciones de perforación y voladura de rocas tienen un gran campo de aplicación técnica, esto fundamentalmente a los diversos tipos de diseños de excavación, los cuales se aplican básicamente con dos finalidades:

- Utilizar el material rocoso excavado (mineral, enrocado, relleno)
- Utilizar el espacio excavado (carreteras, alojar estructuras)

La perforación y voladura de rocas son actividades primarias que determinan la productividad e influyen en gran medida en el análisis de precios unitarios de un proyecto. En los trabajos de excavación en roca, las operaciones unitarias de mayor importancia son la perforación y voladura; que en promedio alcanzan hasta el 40% del costo total de operación (Ponce, 2011).

Para la perforación algunos de los factores a tener en cuenta para su realización son los siguientes:

- Tipo de aplicación del trabajo (masivo, diseño de mallas de perforación)
- Tipo de roca (dureza, resistencia, abrasividad)
- Tipo de equipo de perforación (neumático, hidráulico)

En cuanto a voladura:

- Características de la roca
- Tipos y propiedades del explosivo
- Parámetros de carga

Con respecto a los costos unitarios la teoría nos muestra que los componentes que intervienen en el análisis son los siguientes: Mano de Obra, Materiales y Equipo. Walter Ibañez (2010), nos muestra en su libro que, para el caso de carreteras, las actividades de perforación y voladura se encuentran dentro de la partida de Excavación no Clasificada para Explanaciones y esta a su vez cuenta con las siguientes sub partidas: corte de material suelto, corte roca suelta, corte roca fija, conformación de terraplenes y perfilado

Lo que hemos podido observar es que a pesar de toda la teoría que se acaba de describir, los costos finales de las operaciones de perforación y voladura en proyectos de carreteras tienden a ser superiores a los planteados en el expediente técnico inicial; esta afirmación basada en un conocimiento empírico, ya que hemos tenido la oportunidad de participar en proyectos que involucran estas partidas, por ejemplo el proyecto: “Rehabilitación mejoramiento del camino vecinal Emp, PE-18 puente Choque Colcapampa, distrito de Cochamarca -Oyón-Lima”- 2017, Proyecto: Fraccionamiento y Actualización del estudio Definitivo para el Mejoramiento de la Carretera Ayón – Ambo. Tramo I: Oyón – Desvío Cerro de Pasco (km 134+977,92-km 181+100); además de información obtenida en las clases del curso taller “Perforación y Voladura de rocas en minería y construcción” a cargo del Ing. Fredy Ponce R.

En los expedientes técnicos se pueden observar que los costos en perforación y voladura tienden a ser elevados, esto debido a que en ocasiones solo se hace uso de conocimientos empíricos para realizar dichos estudios, prescindiendo de especificaciones técnicas adecuadas para ejecutar de forma correcta esta actividad. Es por eso que a la fecha existen estudios que proponen técnicas de modelos de perforación y voladura para optimizar los costos en dichas actividades.

Para el caso de esta investigación centraremos el estudio del problema en la perforación y voladura para carreteras.

Del 2015 a la fecha se tiene aún la necesidad de estudiar los costos en las actividades de perforación y voladura, por ejemplo, Morales (2019) en Huancayo, estudió la reducción de costos mediante la optimización de la malla de perforación y voladura, logrando determinar mediante un estudio experimental que el cálculo de la malla de perforación utilizando un modelo matemático, permite reducir los costos de perforación en un 30.03%.

Guamán (2016) en Ecuador, en su investigación propone también la optimización de los procesos de perforación y voladura en el proyecto hidroeléctrico Sopladora para evitar que se generen voladuras secundarias y esto a su vez mayores costos en la operación; los resultados de la investigación concluyeron que producto de dicha optimización se dio un ahorro del 66% a nivel de explosivos y un ahorro del 50% en tiempos de perforación. Por

lo tanto, se demuestra que en la realidad aún existe un problema y que desde el punto de vista teórico existe información que nos permite determinar las variables.

Entre las probables causas que hemos podido observar respecto a nuestro problema tenemos las siguientes:

- Crecen de un diseño adecuado de malla de perforación
- Carece de un mapeo geo mecánico y datos para conocer las propiedades de la roca.
- Carecen de un control en tipos y propiedades de los explosivos.

Teniendo como consecuencia la falla en el proceso de perforación y voladura, ya que al no existir un adecuado diseño ni tener claras las características de la roca, no se puede decidir por la mejor opción para tipo perforación y explosivo adecuado; además todos estos errores generan que los rendimientos de los equipos de acarreo y transporte disminuyan al tener que trasladar bolones produciendo que el factor de llenado de los equipos disminuya también, por lo que los costos terminan elevándose.

Refiriéndonos ya a los trabajos de perforación y voladura de carreteras, pudimos observar que la posible causa que origina que los costos sean elevados, está en que los estudios de geología y geotecnia no tienen el alcance necesario para determinar las características de la roca lo dificulta realizar una correcta técnica de perforación, generando que el tipo de explosivo tampoco sea el adecuado.

El problema descrito afecta principalmente a empresas en general, que como cualquier otra buscan rentabilidad en sus operaciones, pero además afecta al Estado y a empresas contratistas que se dedican a la construcción de carreteras que al contar con una correcta técnica de perforación y voladura tendrían un sobre costo que conllevaría a una mala ejecución del proyecto.

Finalmente, como una posible solución se puede sugerir en primer lugar que los expedientes técnicos de carreteras incluyan en sus estudios de geología y geotecnia un mayor alcance para determinar las características y propiedades de la roca; en segundo

lugar, la implementación de memorias de cálculo para optimizar las operaciones de voladura.

Otra solución sería capacitar en las universidades mediante cursos especializados en movimiento de tierras mediante el uso de explosivos, y diseño de mallas de perforación en función a las características geotécnicas de las rocas, y su incidencia en los costos unitarios.

Problema principal:

¿En qué medida el considerar la perforación y voladura en las partidas de movimiento de tierras a nivel de roca fija para carreteras, influye en la formulación de los costos unitarios?

Problemas secundarios:

- a) ¿En qué medida el considerar una propuesta de malla de perforación en los estudios de geología y geotecnia, en las partidas de movimiento de tierras a nivel de roca fija para carreteras, influye en los costos unitarios?
- b) ¿En qué medida el considerar la técnica de voladura en las partidas de movimiento de tierras a nivel de roca fija para carreteras, influye en el análisis de costos unitarios?
- c) ¿Las especificaciones técnicas toman en consideración la malla de perforación y las técnicas de voladura para la elaboración de los costos unitarios?

1.2 Objetivo general y específico

1.2.1. Objetivo principal:

Determinar si el considerar las técnicas de perforación y voladura en las partidas de movimiento de tierras a nivel de roca fija para carreteras influye al momento de elaborar los costos unitarios y, mediante una hoja de cálculo cuantificar dicha influencia.

1.2.2. Objetivos secundarios:

- a) Revisar si los estudios de geología y geotecnia en los expedientes de carreteras consideran o proponen la malla de perforación, y determinar la influencia que esto tiene en el análisis de costos unitarios.

- b) Revisar y documentar si los expedientes técnicos de carreteras consideran la técnica de voladura, y determinar la influencia que ésta tiene en el análisis de costos unitarios.
- c) Revisar si las especificaciones técnicas toman en consideración la malla de perforación y las técnicas de voladura para la elaboración de los de costos unitarios.

1.3 Delimitación de la Investigación: temporal, espacial y temática

1.3.1. Delimitación espacial

La investigación estará basada en la información obtenida de 15 expedientes técnicos de la sierra, costa y selva del Perú, de forma más específica los expedientes serán de los departamentos de Apurímac, Cajamarca, Lima, Ayacucho, Ancash, Huanuco, Arequipa, Junín y Amazonas; 10 de estos expedientes fueron aprobados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y elaborados por la modalidad de consultoría de obra y los otros 5 fueron aprobados por los gobiernos locales. Esta muestra fue determinada mediante el “punto de saturación”.

1.3.2. Delimitación temporal

Los expedientes técnicos encontrados han sido elaborados entre los años del 2012 el más antiguo y 2019 el más reciente.

1.3.3. Delimitación poblacional

Dentro de los proyectos de infraestructura vial, este estudio se centrará en la construcción de carreteras y en particular las partidas de movimiento de tierras a nivel de roca fija.

1.3.4. Delimitación temática

Determinar la relación entre perforación, voladura, especificaciones técnicas y los costos unitarios en las partidas de movimiento de tierras a nivel de roca fija para carreteras.

1.4 Justificación e importancia

1.4.1. Justificación Teórica

De acuerdo con Ponce F.R. (2011), un diseño inadecuado en las operaciones de perforación y voladura conduce a problemas como: mala fragmentación, costosa voladura secundaria, y que adicionalmente influye en el incremento de costos en las actividades siguientes (remoción, carguío, acarreo, chancado y molienda, según sea el caso). En algunos estudios como el de Degollar D.A (2012) se menciona que una partida mal planteada en los análisis de costos unitarios implica errores en el presupuesto general, rendimientos y elección de equipos. Además, lleva a formular un presupuesto irreal o que se tenga como consecuencia una mala calidad de los trabajos, el fracaso de la empresa contratista o el no cumplimiento del objetivo del proyecto. Por lo tanto, el presente estudio cuenta con una justificación teórica, ya que resume el aporte teórico de los autores más importantes que hacen referencia a las variables en estudio.

1.4.2. Justificación Práctica

De la misma manera la presente investigación tiene una justificación práctica, ya que busca, a partir de un estudio bibliográfico, describir y determinar cuál es la incidencia que tienen estas actividades (perforación y voladura) a la hora de elaborar los análisis de costos unitarios en proyectos de carreteras.

Asimismo, los resultados de la investigación expondrán de manera más clara que tanto influye un adecuado diseño en las operaciones de perforación y voladura en los costos de un proyecto vial. Esto a su vez dará pie a que se continúen los estudios en este campo, con la posibilidad de que se puedan estudiar otras variables que no fueron consideradas en esta investigación.

1.4.3. Justificación Social

Finalmente cuenta con una justificación social, esto ya que como se sabe las obras de infraestructura vial para un país, son sinónimo de desarrollo y crecimiento, en ese sentido el no poder concluir de manera óptima la ejecución de una, es perjudicial para la sociedad en general.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio de investigación:

Konya (1972) en su Manual de Perforación y Voladura, nos describe que el uso de explosivos data de 1627 tanto en la minería como en la construcción, y que hasta 1865 el explosivo que se utilizaba era la pólvora negra. En este mismo año Alfredo Nobel, en Suecia, inventó la dinamita sobre la base de la nitroglicerina y en 1866 inventó las dinamitas gelatinosas.

Para mediados de los años 50, surgió un producto novedoso llamado ANFO (Ammonium Nitrate – Fuel oil), que en español es el nitrato de amonio y diésel. Este nuevo producto resultó ser mucho más económico que la dinamita, convirtiéndose en la actualidad en la base de la industria de los explosivos, ya que alcanzó un 80% de uso en Estados Unidos. Entre la década de 1960 y 1970 surgieron en el mercado nuevos explosivos llamados suspensiones o hidrogeles, llegando a remplazar a la dinamita en casi todos sus campos de acción, es así que en los años 70 aparecieron las emulsiones como una variante de los hidrogeles.

En cuanto a la perforación López (2014), en su libro Manual de perforación y voladura en rocas, nos habla de cómo los barrenos progresaron debido a los acontecimientos suscitados en 1861, que fueron la aplicación de aire comprimido como fuente de energía en los equipos rotopercutivos; la utilización de las grandes perforadoras rotativas desde la década de los 50, así como el desarrollo de los martillos hidráulicos a fines de los 70.

2.1.1. Investigaciones Internacionales

Romero, F. (2015), en su tesis explica que: el objetivo principal de su investigación es el proponer y elaborar un manual que sirva de guía cuando se necesiten realizar trabajos de explosivos en obras viales, como es la construcción de carreteras, esto considerando los diversos factores que se puedan presentar en el terreno.

Así mismo, analizó los diferentes tipos de explosivos, por ejemplo las distintas clases de dinamitas que se pueden encontrar en el mercado, sus características físicas; además de realizar una comparación entre las dinamitas, las emulsiones y los anfos.

Finalmente estudió los agentes de voladuras, proceso de perforación, diseño de las mallas, las características del macizo rocoso, y resultados de la voladura en fragmentación, ruido, proyecciones y vibraciones. Un estudio de las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, con la selección de rocas para voladuras, la geología y sus efectos en la voladura, los factores relacionados con la distribución de la carga explosiva para concluir con la voladura en obras viales, su optimización y la aplicación con ejemplos prácticos. (pág. 12).

Guamán, M. (2016), plantea lo siguiente: esta investigación tiene como objetivo proponer: la optimización de los procesos de perforación y voladura que se están empleando en el túnel fase A-B en el proyecto hidroeléctrico sopladora, y así evitar que se produzca voladuras secundarias o sobrevoladuras. Para esto, se estudiará las condiciones del macizo rocoso, de esta manera aprovechar al máximo el consumo de explosivos; para la perforación se utilizará el método de Rune Gustafsson y así elaborar el cálculo de la nueva malla de perforación optimizada y el método de Bieniawski para el levantamiento geológico del túnel. El punto de partida es la bibliografía e informes realizados del proyecto, posteriormente se llevará a cabo el respectivo trabajo de aporte de campo, tomando los rumbos y direcciones de las discontinuidades para después en gabinete realizar la descripción del macizo rocoso, planos geológicos, cálculos para el diseño de la malla de perforación optimizada; realizar el cálculo de aporte de cantidad de explosivo necesario para realizar la voladura, utilizando como carga el fondo Explogel Amon y sugiriendo que se utilice como carga de columna anfo para reducir costos, la aplicación de la malla de perforación propuesta en este trabajo, significa para la Hidroeléctrica Sopladora ahorro de explosivos del 66% para cada voladura, debido a la optimización del proceso

de perforación y voladura, perforando con Jumbo se reduce un 50% en tiempos de perforación, se concluye que utilizando a la perforación Jumbo se reduce el tiempo de perforación y realizando un correcto carguio del barreno se mejora el proceso de voladura, se recomienda que en el cargui del barreno conste carga de fondo, carga de columna y retacado. (pág. 105).

Correa, P. & Martinez, A. (2017), presenta en su tesis como parte fundamental en el desarrollo de las diferentes actividades en el proceso de explotación de la roca, se estudiara la etapa de arranque la cual se realiza con la técnica de perforación y voladura con el fin de indicar un diseño adecuado que esté acorde a las características técnicas que definen los criterios y parámetros en voladura, por lo cual se tienen en cuenta; aspectos geológicos, estructurales, diseño de la explotación, propiedades físicas y mecánicas; así como las necesidades de la empresa para la obtención de un esquema de perforación y voladura donde se contempla una malla que garantiza: fragmentación adecuada, proyección de rocas y vibraciones dentro de los estándares que marcan las normas. Una vez evaluada la información obtenida se propone un esquema de perforación que encuentra un equilibrio entre las posibles afectaciones ambientales la rentabilidad en el desarrollo de la operación de perforación y voladura, que favorece el costo por metro cubico de roca extraída. Dentro de la propuesta de diseño se encuentra un equipo de perforación acorde a las dimensiones de la operación y con características adecuadas para este tipo de proyectos, la relación geométrica de la malla de perforación acorde a las características de la roca. (pág.13).

Ortega, Jaramillo & Molina. (2016), en su articulo concluyen que en labores de minería subterránea es de gran importancia tener una adecuada caracterización del macizo rocoso con el fin de tomar las decisiones correctas en términos de fortificación y de otras labores, como lo es caso del arranque con perforación y voladura. Se plantea la construcción de una tabla geomecánica basada en el GSI a través de la cual se pueda tomar la decisión de que configuración de

mallas de perforación que se aplica para cada tipo de roca. Ello permite mejorar los ciclos de producción y consumo de explosivos en las voladuras. Dicha tabla se crea a partir de ensayos experimentales en voladuras de los paneles con distintas configuraciones geométricas de mallas de perforación que oscilan entre espaciamentos de 60x60cm y 80x80 cm; y su principal parámetro a garantizar es una granulometría máxima de 30 cm tras la voladura logrando reducir los costos en un 24,6% (pág. 38).

Nguema, A. (2020), presenta en su artículo que se perfeccionó el pasaporte de perforación y voladura en la cantera Al Baraka para racionalizar el uso de los explosivos, disminuir la presencia de repié, la mala conformación del paramento y el porcentaje de pedazos de sobre-medida. Los indicadores propuestos parten del análisis de diferentes metodologías de cálculos como la de Otaño, de López, de Konya y de Langefors y Kihlstrom. Se consideró la metodología de cálculos de Otaño como la más idónea a los requerimientos de esa investigación. El patrón propuesto permite alcanzar pedazos de rocas dimensionados, pisos nivelados y paramentos regulares y estables (pág.19).

2.1.2. Investigaciones Nacionales

Ayamamani (2016), Presenta en su tesis que el objetivo de la presente investigación es mejorar el diseño de operación unitaria de perforación y voladura que reduzcan los costos, para lograr estos objetivos se realiza una supervisión, capacitación, y control de las operaciones unitaria de perforación y voladura. Es muy importante tener en forma detallada los procedimientos de cálculo de los costos de operación para obtener un control. La introducción de nuevas tecnologías, así como la necesidad de obtener superficies de corte regular que reduzcan la necesidad del sostenimiento, son de suma importancia el desquinche y peinado de taludes en roca fija ya que es una actividad muy riesgosa en carreretas. Inicialmente se expone un alto costo de perforación y voladura, por unas falencias en el diseño de malla de perforación, distribución de explosivos, además de un mal perfilado del contorno de la mina. Con el

nuevo diseño de malla de perforación se reduce en cuatro (4) taladros, además de incrementar en 5 pies del barrenado de 4 pies, mejorando el avance, reduciendo el tiempo con un costo de 4.86 US\$/m. y con la nueva distribución de explosivos se obtiene un costo de 5.91 US\$/m. mejorando el perfil de la sección de la Galería 325, además de reducir los costos en total de 3.58 US\$/TM de la Galería 325. Como perspectiva de futuro se sugiere mantener un adecuado control operacional de la perforación y voladura en la Galería 325 de Balcón III, para obtener mejores tasas de rentabilidad de los procesos de minado, es decir los resultados obtenidos en esta investigación serán recogidos de acuerdo a la política de la empresa. (pág. 11)

Joyo (2019), en su investigación indica que el presente trabajo de investigación, en la construcción de la Carretera Kimbiri- Kepashiato, tramo Cielo Punku-Quebrada Honda (km 1+000 al km 5+000), se encuentran zonas totalmente inestables, con presencia de rocas sedimentarias (Arenisca y Limolita), ubicadas en las progresivas km 1+380 y km 3+280 respectivamente. Para lo cual se tuvo que realizar un estudio geotécnico detallado, trabajos de campo (calicatas) y los respectivos Ensayos de Laboratorio, con aplicación de los softwares RocData v 4.0 y Slide en su versión 6.0, fijando condiciones geotécnicas estables, y los principales resultados son: Valores del Ensayo de Corte Directo para la Arenisca su Cohesión = 0.93 kg/cm², fricción= 23.4° y para la Limolita, su Cohesión = 0.61 kg/cm², fricción = 21.2°. Cabe resaltar que, estos valores de Cohesión y fricción, corresponden a una superficie de discontinuidad. Con la aplicación del Software RocData v 4.0, se obtuvieron los valores de Resistencia equivalentes de Cohesión y Fricción, Arenisca Disturbado 299.5 KPa, 57.3° y Limolita 47.5 KPa, 34.5° y Arenisca No Disturbado 416.3 KPa, 63.7° y limolita 59.7 KPa, 45.9° respectivamente, utilizados en los cálculos de Factor de Seguridad (modelamiento numérico). Para los trabajos de voladura de rocas se tomaron en cuenta el Índice RMR (Bienawski, 1989). Arenisca = 50 y Limolita = 40, los cuales se encuentran dentro de la clase de roca III, macizo de regular calidad. Se ha realizado el

Análisis de Estabilidad y el cálculo de Factor de Seguridad, como se muestra en la tabla N° 7, donde los resultados del Factor de seguridad (FS) con valores altos, cumplen con los criterios de estabilidad FS mín.Estático ≥ 1.40 y FS mín. (Pseudo) ≥ 1.10 que es la condición actual en la que se encuentra el talud, sin perturbaciones de voladura. Las dos unidades litológicas (Arenisca y Limolita), junto con las propiedades asignadas a cada una de ellas, conforman el Modelo Geológico-Geotécnico, resulta fundamental y ser aplicado para la planificación y diseño de campañas de investigación, previa a la ejecución de obras viales.(pág. 12)

Morales (2019), en su tesis concluye lo siguiente: la Empresa Minera Vicus SAC. está realizando labores de exploraciones el inclinado - 180 de Valeria Norte, con el objeto de aumentar sus reservas y posteriormente explotar de la Veta Valeria, para lo cual dicho inclinado se encuentran en ejecución por la misma empresa minera Vicus SAC. Las pruebas se realizaron en el mismo inclinado con el objetivo de llegar al nivel -180 en menor tiempo y costos, se estuvo llevando con una sección de 2.20m x 2.20m, en una roca tipo muy dura como la Diorita, siendo su principal problema el avance lineal que está por debajo de lo programado que es de 1.65m/disparo, y esto afecta en un elevados costos de perforación y voladura por el exceso de consumo de explosivos, con la finalidad de reducir estos costos se estudió las mallas de perforación y voladura con las que se venían utilizando la cual se tomó mediciones diarias y posteriormente se realizó la reformulación de dicho diseño, el método utilizado para el cálculo de la nueva malla de perforación y voladura fue el modelo del Algoritmo de Holmberg con un arranque tipo corte quemado y voladura. Para poder obtener datos y poder comparar, se llevó a cabo el seguimiento y control de la perforación y voladura de 60 disparos en el inclinado -180 de Valeria norte, obteniéndose una longitud promedio de perforación de 1. 81m y un avance promedio de 1.46m/disparo que representa el 80% de eficiencia, gracias la implementación de una nueva malla de perforación y voladura calculada con el modelo matemático del Algoritmo de

Holmberg en condiciones iguales se monitorio 10 disparos obteniendo un avance promedio de 1.70m/disparo. Y posteriormente de las pruebas realizadas en campo se logró demostrar con los datos obtenidos previamente procesados en hojas de cálculo las ventajas de la malla calculada por el modelo matemático del Algoritmo de Holmberg y ajustada en campo durante el desarrollo de las pruebas, con la cual se logró aumentar en 23.97% de avance lineal por disparo, la reducción del factor de carga se redujo en 1.32kg/m³ por disparo, lo que corresponde al 30.41%, y se disminuyó en costos de perforación y voladura por metro lineal en un 30.03%. (pág. 3)

Mamani, I. (2016), en su investigación indica lo siguiente: esta tesis tiene como objetivo exponer como y mediante qué medios se puede optimizar los costos de perforación y voladura, realizando el análisis de cada proceso. Recolectando datos en campo, tomando en cuenta rendimientos y eficiencias de cada actividad involucrada e identificando la variación de rendimientos a lo largo del canal. El desarrollo del trabajo expone inicialmente las características del macizo rocoso como se sabe es una variable aleatoria que influye directamente en las demás variables, para lo cual se realizó el mapeo geomecanico utilizando el método RMR; también se consideró el diseño del canal y de esta forma poder elegir la maquina más adecuada para realizar la perforación y los agentes de voladura a utilizarse; de esta forma realizar un trabajo donde se gaste menos recursos económicos, diseñar la malla de perforación más adecuada sin que sea necesario invertir en voladura secundaria y acelerar el ritmo de producción de la plataforma y zanja para la construcción del canal. Finalmente se darán a conocer los resultados que se obtienen al tomar en cuenta los parámetros de perforación y voladura e integrarlos demostrando de esta manera cómo influyen en la operación, para hacerlos conocer al personal mediante estándares, de esta manera se vean reflejados en la reducción de costos operativos en base a los datos considerados. Al exponer el ritmo de producción óptimo considerando tiempo nos da una herramienta muy útil para la toma de decisiones y se espera que

esta tesis pueda servir como guía a los ingenieros dedicados a esta rama de la ingeniería basada en costos.(pág. 14)

Quispe (2019), nos presenta en su tesis lo siguiente : el propósito de la presente investigación es mejorar en el proceso de extracción de mineral, en el ciclo de minado, la operación unitaria binomial de perforación y voladura con el mejor diseño así también se reducirá los costos.

Para lograr este propósito se realiza una supervisión, capacitación, y control de las operaciones unitaria de perforación y voladura. Es muy importante realizar un adecuado diseño de las mallas de perforación y voladura para tener en forma detallada los procedimientos de cálculo de los costos de operación para obtener un control; por eso se realiza el presente trabajo de investigación denominado “Diseño de mallas de perforación y voladura y su incidencia en los costos unitarios en la unidad minera Chalhuane”, desde el punto de vista económico y la necesidad de optimizar los recursos e insumos de la perforación y voladura. La introducción de nuevas tecnologías, así como la necesidad de obtener superficies de corte regular que reduzcan la necesidad del sostenimiento, son de suma importancia. Inicialmente se expone un alto costo de perforación y voladura, por unas falencias en el diseño de malla de perforación, distribución de explosivos, además de un mal perfilado del contorno de la mina. Con el nuevo diseño de malla de perforación se reduce el número de taladros cuatro (4) taladros, también se logrará incrementar el avance de 4 pies de avance a 5 pies con un incremento aproximado de 1 pie por disparo. Mejorando el avance, reduciendo el tiempo de ciclo de perforación y voladura a un costo de 4.86 US\$/m. reduciendo en 1.05 US\$/m. con la nueva distribución de explosivos.

Se mejorará el perfil de la sección de la Galerías, además de reducir los costos en total de 3.58 US\$/Tm. (pág. 3)

Huatuco, O.E. (2018), en su tesis indica lo siguiente: el presente trabajo de investigación trata sobre la operación minera unitaria de voladura de rocas; la cual es fundamental e importante en el ciclo total de minado donde el resultado, que es la fragmentación, es la variable determinante en el incremento y/o reducción de costos operacionales y por ende en la rentabilidad de cualquier empresa minera. Es por ello por lo que en esta mina superficial se aplicó el modelo matemático de Pearse para diseñar las mallas de perforación y voladura de rocas ($B \times S$), el cual hace intervenir las características físico-mecánicas del macizo rocoso, los parámetros del explosivo a usarse, el diámetro del taladro y el índice de volabilidad de Borquez. Por otro lado, los resultados de la voladura de esta mina superficial no eran los adecuados, incrementándose sus costos operacionales significativamente en la perforación y voladura secundaria; para reducir estos costos se eligió el modelo matemático de Pearse. Lográndose obtener buenos resultados en la fragmentación de la roca. El costo de la perforación y voladura secundaria en el semestre del 2016 fue de 0.2270 US\$/Tm, y cuando se aplicó el modelo de Pearse en el semestre 2017 fue de 0.0696 US\$/Tm, significando un ahorro de 0.1574, que corresponde al 31% de los costos del periodo 2016.

Antayhua, F.A. (2017) en su proyecto de investigación identificó que uno de los principales problemas que se tiene en la mina y que influye directamente en los procesos subsiguientes son las operaciones unitarias de perforación y voladura de rocas las cuales muestran muchas deficiencias en relación con no seguir las prácticas correctas de trabajo dando como resultado una fragmentación inadecuada y una sobrerotura excesiva tanto en hastiales como en la corona de la excavación. Todos estos malos resultados conllevan a incrementar nuestros costos operativos (perforación, voladura, carguío, acarreo, sostenimiento, chancado y molienda) lo cual en la coyuntura que se está viviendo es un tema perjudicial tanto para la mina como para todos sus colaboradores. El objetivo general del proyecto es reducir el daño al macizo rocoso mediante la aplicación de la voladura controlada en los frentes de

avance, haciendo uso de las buenas prácticas de perforación y voladura de rocas. A largo plazo la mejora no sólo se verá reflejada en el ahorro alcanzado; sino que, además, en cuanto a seguridad nuestros índices de accidentabilidad por caída de roca se verán reducidos por presentar terrenos más estables y seguros. Para el desarrollo del trabajo, se comenzó con un estudio de línea base en donde se detalla la situación inicial que presentan las labores antes de cualquier implementación, aquí se resalta las buenas y malas prácticas ejecutadas en la operación; así como también, las mediciones de sobrerotura, eficiencias y factores de voladura. Posterior a ello, se optó por diseñar una malla de perforación el cual se ajuste a la calidad de roca, parámetros operativos y dimensión de la sección con el propósito de distribuir de mejor manera los taladros de producción en el frente de trabajo para que finalmente, éste sea puesto en prueba y ajustado de acuerdo con los resultados obtenidos en campo. Posterior a la implementación del proyecto y ajustes de este, en promedio, se obtuvo una reducción de la sobrerotura en 65%, la eficiencia de voladura se incrementó en 2,5%, el factor de carga se redujo en 20% y se alcanzó el cumplimiento total de los estándares durante los disparos ejecutados. El propósito a largo plazo de este proyecto es que los trabajadores no dependan de la supervisión para obtener resultados de excelencia en su operación, lo cual se logrará con el seguimiento a primera instancia y la capacitación al personal en sus labores.

Vilca, Y.E. (2019), en su tesis identificó en su investigación que La Minera Aurífera Retamas S.A., actualmente está explotando el yacimiento aurífero, mediante el método de explotación de Corte y Relleno Ascendente Convencional y que mediante la evaluación realizada en los tajeos de producción se detectó la mala selección del explosivo Semexsa 65 % para la voladura convencional, debido a su mayor potencia de detonación, ocasiona como resultado problemas de sobre rotura y aumento de altura de minado, mayor porcentaje de dilución, y elevados costos de sostenimiento y limpieza de mineral, cuyo objetivo es, aplicar la voladura controlada usando Exsablock para la reducción porcentual

de dilución y costos en tajeo de la Minera Aurífera Retamas S.A. La metodología para desarrollar el estudio ha consistido en su primera etapa en el control y seguimiento de los disparos realizados con la voladura convencional con el explosivo Semexsa 65 % los datos se han registrado en sus respectivas fichas de control y posteriormente se ha realizado la voladura controlada con Exsablock, cuyos resultados se han recopilado en las fichas de control, finalmente se ha realizado el análisis comparativo, llegando como resultado en la voladura controlada con Exsablock, la dilución se ha reducido de 52 % a 47 %, con una diferencia de 5 %, los costos en perforación y voladura se ha reducido de 208,40 \$/m³ a 192,78 \$/m³, con una diferencia de 15,62 \$/m³, los costos de sostenimiento se ha reducido de 671,58 \$/m a 655,40 \$/m con una diferencia de 16,17 \$/m. y los costos de limpieza se ha reducido de 69,38 \$/m³ a 62,60 \$/m³. Con una diferencia de 6,78 \$/m³, en los tajeos de la Minera Aurífera Retamas S.A. - 2019.

Rojas, K y Flores, Y.P. (2017), en su proyecto de investigación se planteó la siguiente: ¿En qué medida el diseño de malla de perforación y voladura adecuada reduce los costos en el nivel 1590 crucero 520?, su objetivo fue determinar el diseño de malla de perforación y voladura adecuado para la reducción de costos, siendo la hipótesis: El diseño de malla de perforación y voladura adecuada reduce los costos significativamente en el nivel 1590 crucero 520. La investigación es aplicada, con nivel explicativo, comprende un diseño cuasi experimental de un solo grupo, con una población única del frente del crucero 520, nivel 1590 y una muestra en la misma labor mencionada. Además de ello se ha empleado instrumentos como datos de campo insitu, comparaciones estadísticas de rendimiento entre diseños de mallas anterior y propuesto; bajo las consideraciones descritas la investigación realizada conlleva a los siguientes resultados: Basado en el modelo matemático Método Holmberg, adecuada para diseñar mallas en galerías y túneles, según menciona López Jimeno, en efecto: con la malla anterior se aplicaba 33 taladros de 8 pies de profundidad y un taladro de alivio de 38 mm (menor diámetro); mientras con

la investigación se diseñó una malla de perforación propuesta con 26 taladros y un taladro de alivio de 55 mm (mayor diámetro), respecto al anterior; esta aplicación nos dio como resultado, reducir 7 taladros por voladura, que representa disminuir costos de 181.11 US\$ / metro de avance lineal a 157.97 US\$ / metro de avance lineal (cambio 3.367 S/ por \$), de igual modo se llegó a obtener una voladura controlada. Por otro lado, se determinó una reducción de costos de explosivos de voladura del diseño de malla anterior que fue 78.92 US\$ / metro lineal de avance a 62.92 US\$ / metro lineal; obteniendo una reducción de 15.76 US\$ / metro lineal de voladura. Se ha determinado el porcentaje que reduce los costos de voladura por metro lineal de avance en el crucero 520, Nivel 1590 de la U.E.A. Capitana llegó a ser 12.78%. (pag.10)

Cruz, K. (2019), la presente tesis de investigación tiene como objetivo establecer el diseño más óptimo en las operaciones de perforación y voladura para optimizar los costos en la ejecución de By pass 260. Se tiene que los costos unitarios de perforación y voladura son muy elevados por tener una inadecuada diseño de perforación y voladura, que no se ajusta a las características del macizo rocoso, por ello se utiliza demasiada carga explosiva en los taladros, teniendo como consecuencia mala fragmentación. Para obtener los resultados óptimos se realizó los cálculos de perforación y voladura con diferentes diseños de malla de perforación, llegando a los siguientes resultados antes se ha utilizado 39 taladros de longitud de 6 pies , arranque quemado de 5 alivios como un consumo de explosivo de 21.07 kg/disparo y un avance lineal de 1.44 m, con costo de 399.83 US\$/disparo y actualmente se utiliza 33 taladros con arranque cilindro 4 alivios con un consumo de explosivo de 17.27 kg/disparo y un avance lineal de 1.55 m, con un costo de 348.52 US\$/disparo. (pág. 5)

Llaccolla, G.A (2019) plantea que el objetivo de esta investigación es exponer la factibilidad de la reducción de los costos operativos, aplicando para ello estándares óptimos de trabajo en las principales operaciones unitarias de minado que son la perforación y voladura, para de esta manera asegurar el éxito del ciclo de minado. Lo que se logra con un sistema de control y medición en cada una de las operaciones, que se sintetizan en la supervisión y capacitación continua en la aplicación de estándares óptimos de trabajo. La implementación y aplicación en campo, de estos estándares garantizan una operación más rentable, permitiendo un orden y estandarización de las operaciones que intensifica por la seguridad. Este trabajo expone la situación de la Contrata Minera Cristóbal E.R.L.T. (Unidad Minera Horizonte) donde no existe un adecuado sistema de productividad, control y optimización para la reducción de costos operativos mina. Las operaciones de minado están en función a estándares como objetivos de trabajo, obteniéndose una visión preliminar de la situación mediante la supervisión y control de las operaciones, la revisión de los presupuestos dados por la Cía. En las operaciones y proyectos. La segunda parte es la aplicación de estándares operacionales en función a estudios y pruebas ingenieriles ya realizados, relacionados al método de explotación, la perforación y voladura, el análisis de costos, la geomecánica y a la seguridad, considerando como procesos que integran un solo sistema siendo las operaciones de perforación y voladura el pilar del sistema. Finalmente se exponen los beneficios obtenidos con la optimización de estándares operacionales, con el control continuo de los estándares, Los beneficios se reflejan en la reducción de los costos operativos y en general, los costos de las diversas áreas que integran una mina. Se acota como una de las recomendaciones de suma importancia que representa la capacitación continua al personal en las técnicas de perforación y voladura, sobre el rol que juegan estas operaciones unitarias como pilar de todo el sistema. (pág. 4)

Carrasco, C.A (2016), plantea como objetivo en su tesis optimizar los costos operativos en mina, mediante la aplicación de los estándares operacionales de perforación y voladura asegurando de esta manera el éxito de todo el ciclo de minado. Éxito que se logra con un sistema de control y medición exhaustiva de las operaciones y que se sintetizan en la supervisión y capacitación continua en lo concerniente a la aplicación de estándares óptimos de trabajo en la operación. Debido a la caída de los precios en especial el oro, todas las empresas mineras buscan de una manera u otra optimizar los costos operacionales en sus actividades, desarrollándose de esta forma la captación de personas competitivas y de amplia experiencia, así mismo esta tesis busca dentro del ciclo de minado la operación más importante, que es la perforación y voladura una actividad en la cual es la matriz fundamental para tener una rentabilidad adecuada, mayor a lo propuesto, aplicando el estándar de perforación solo con barreno de 8 pies en labores convencionales mejorando el rendimiento en el avance, cumpliendo el metraje programado durante el mes por la compañía Minera, y por tanto generando mayor utilidad. La implementación y aplicación continua de estos estándares de trabajo aseguran una operación económicamente más rentable, permiten tener un orden y estandarización de las operaciones e intensifica la seguridad en los trabajos. Sumándose a ello un "cambio" y compromiso del personal por mejorar el desempeño de su trabajo. La mina en estudio tiene una geografía muy accidentada, las formaciones geológicas para dar a la mineralización mesotermal, se dieron en el complejo Marañón precámbrico, cámbrico al ordovícico. Dando lugar a la mineralización de la formación de oro. La geología económica es en vetas típicamente mesotermal con buenos valores de oro, el buzamiento de la mineralización alcanza unos 25° a 80° de inclinación lo cual se emplea el método de explotación con corte y relleno ascendente con una ley mínima explotable de 4 gr/tn. El desarrollo de este trabajo expone la situación de una mina piloto donde no existe un adecuado sistema de productividad, control y reducción de costos operativos mina y de optimización de las operaciones de minado en función a estándares objetivos

de trabajo, obteniéndose un primer diagnóstico de la situación mediante la supervisión y control en campo de las operaciones y la revisión de los presupuestos existentes de las operaciones y proyectos. Consiste en la propuesta de estándares objetivos de trabajo en función a estudios y pruebas ingenieriles relacionados al método de explotación de minado, la perforación y voladura idónea, el análisis de costos, la mecánica de rocas y a la seguridad laboral, considerando a todas las etapas del trabajo en mina como procesos que integran un solo sistema en el cual las operaciones de perforación y voladura son el núcleo básico del sistema. Finalmente se exponen los beneficios que se obtienen con la implementación y el control continuo de los estándares adecuados de trabajo, beneficios reflejados en una reducción de los costos directos operativos y en general de todos los costos de las diversas áreas que integran una mina, acotándose como una de las recomendaciones la vital importancia que representa la capacitación continua al personal en las técnicas de perforación y voladura y sobre todo el rol que juegan estas como el núcleo de todo el sistema, del mismo modo la importancia de la motivación y retroalimentación al personal que ejecutan este núcleo sobre los avances que se obtienen y lo importante de su desempeño. (Pág. 1)

2.2. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.2.1. Geológica y geotécnica de las rocas

Solo como referencia se presenta una descripción elemental de los tres grupos o familias de rocas en los que se las ha clasificado, por su origen y características: Igneas, Sedimentarias y Metamórficas. (Manuel practico de voladura – Exsa)

- Rocas ígneas

Proviene del magma ígneo, que es una masa de roca fundida, formada de silicatos, gases y vapor de agua, ubicada en la zona más externa del manto y en la zona inferior de la corteza terrestre. Las rocas ígneas en general, son densas, duras y competentes, Las rocas ígneas en general, son densas, duras y competentes, pero tienden a descomponerse por acción del intemperismo y otros procesos de

alteración que paulatinamente las transforman en arcilla, caolín, sílice y otros detritos. Su enfriamiento dio lugar a la formación de sistemas de fisuras de contracción (disyunción) que muchas veces son típicos para cada tipo de roca (cúbica, columnar, tubular, etc.) los que inciden directamente en el resultado de las voladuras, con la preformación de bolonería. Por su origen y textura se clasifican en:

- a) Rocas Intrusivas o Plutónicas: Se enfriaron lentamente a profundidad por lo que se presentan como grandes cuerpos subyacentes (batolitos), muestran textura granular gruesa. Ejemplo: granito, gabro, diorita, diabasa.
- b) Rocas Volcánicas, Extrusivas o Lavas: Salieron a superficie de la tierra en estado de fusión, y se enfriaron bruscamente a poca profundidad o en superficie, quedando como una matriz de grano fino que engloba a algunos cristales mayores dispersos (fenocristales), por lo que también se les denomina rocas pórfidas o porfiríticas. Algunas son muy densas como el basalto, otras son ligeras como el tufo volcánico, e incluso porosas como la pómez.
- c) Rocas Filonianas o Hipabisales: Son aquellas formadas en condiciones intermedias entre la intrusiva y la extrusiva. La roca filoniana, de textura granular fina e intermedia, densa y generalmente oscura, se presentan como interstratificación y dique por inyección en grietas o fallas preexistentes en rocas más antiguas. Ejemplo: diques de turmalina, de pegmatita, y otros. (Manuel práctico de voladura – Exsa)

- Rocas sedimentarias

Se han formado por desintegración de rocas preexistentes, cuyos detritos fueron transportados, acumulados y compactados en extensas cuencas marinas durante muy largos períodos de tiempo. También por la descomposición y acumulación de vegetales y vida animal o por la precipitación química y decantación de soluciones minerales.

Las rocas sedimentarias no muestran cristales sino fragmentos irregulares o granos redondeados, de tamaños y distribución variables. Se clasifican en:

- a) Sedimentarias Detríticas o Clásticas:(clasto = partícula). Proviene de rocas desintegradas y arrastradas por ríos y depositadas en capas que son sometidas durante un considerable período de tiempo a elevadas temperaturas y presiones. Se clasifican por el tamaño de sus granos en: - Gruesas: brechas, conglomerados, gravas. -Medias: arenisca,arcosas. - Finas: pizarras, lutitas, arcillas, filitas.

- b) Sedimentarias Químicas:Proviene del transporte de partes duras de organismos marinos mezclados con arena y arcillas, este transporte es provocado por las corrientes costeras. Se clasifican en:
 - Calcáreas: calizas, dolomita, travertinos,
 - Silíceas: sílex, diatomita.
 - Alumínicas: laterita, bauxita.
 - Ferruginosas: limonita, taconita.
 - Salinas: sal, yeso, anhidrita, gema
 - Fosfáticas.

- c) Sedimentarias Orgánicas:Están formadas por restos orgánicos. Ejemplos: carbón (lignito, antracita), diatomita. (Manuel practico de voladura – Exsa)

- Rocas metamórficas

Resultan de la transformación profunda de rocas ígneas o sedimentarias por calor, grandes presiones y cambios químicos, debidos a fenómenos geológicos de gran magnitud, como los de granitización.

Estas rocas permanecieron esencialmente sólidas durante el proceso de cambio, reteniendo algunas de sus características originales, por lo que suele decirse que han sido "recocidas" (cuando el fenómeno es esencialmente térmico, a alta

presión y sin cambios de composición, se denomina Metamorfismo Isoquímico, pero cuando además se producen cambios de composición por migración y sustitución de materiales mediante procesos de alteración, como los de silicificación, propilización o cloritización, se denomina metasomático). (Manuel practico de voladura – Exsa)

Para propósitos de voladura las rocas se clasifican en 2 grupos:

1. Rocas ígneas y metamórficas

Son usualmente las más duras de perforar y difíciles de volar. Por su origen plutónico o volcánico están asociadas a disturbios tectónicos que las han contorsionado y fisurado, mostrando planos de clivaje no regulares y amplia variación de su estructura granular. Se clasifican bajo 2 subdivisiones:

- a) Rocas de granulometría fina.- y aquellas cuyas propiedades elásticas tienden a absorber la onda de shock generada por la voladura antes que a quebrarse. Ejemplos: filitas, gneiss, micasquitos, hornfels.
- b) Rocas de granulometría gruesa.-como el granito, diorita y cuarcita silicificada, algunas veces difíciles de perforar y muy abrasivas por su contenido de sílice, pero que usualmente se fragmentan con facilidad en la voladura.

2. Rocas sedimentarias

En estas rocas el espesor del bandeamiento varía de acuerdo al tiempo de acumulación y la naturaleza de origen. Cuanto más masivas sean y cuanto más definido y amplio el bandeamiento, más difíciles son de volar eficientemente.

La perforabilidad dependerá más de sus propiedades abrasivas que de su misma dureza. Algunas areniscas y calizas pueden presentar problemas difíciles de voladura.

En particular, las rocas de grano grueso con una matriz débil requieren consideraciones especiales porque en los disparos tienden más a compactarse o abovedar antes que a romperse claramente.

Tabla N° 3: Clasificación de las rocas por su origen

CLASIFICACION DE LAS ROCAS POR SU ORIGEN	TIPO DE ROCA	ASPECTO FISICO	FAMILIA DE ROCAS
IGNEAS	Plutónicas o intrusitas	Textura granular, gruesa. Cristalización gruesa, a profundidad	Granito Diorita
	Hipoabasiales o filonianas	Textura media Cristalización cerca de superficie	Pegmatitas Dikes
	Volcánicas o efusivas	Textura fina Cristalización en superficie Lavas o derrames Piroclastos o cenizas	Vítrea: Obsidiana Felsíticas: Riolitas Porfíricas: Andesitas Fragmentales: Brechas
SEDIMENTARIAS	Mecánicas	Formadas por transporte y deposición mecánica de detritos	Areniscas Gravas
	Químicas	Por solución y deposición o precipitación química	Calizas
	Orgánicas	Por deposición de restos orgánicas	Calizas Diatomitas
METAMORFICAS	Regionales por orogénesis		Gneiss
	De contacto o locales	Térmico, hidrotermal (acción de soluciones y calor)	Mármol

Fuente: Manuel práctico de voladura – Exsa

2.2.2. Propiedades mecánicas de las rocas

Estas propiedades referidas al comportamiento de las rocas al ser sometidas a esfuerzos mecánicos son normalmente determinadas en laboratorios mediante prensas y equipos especiales. Definen medidas o valores aplicables para tener un criterio previo sobre las condiciones de estabilidad de la roca después de haber sido excavada, por lo que son difíciles de correlacionar con los resultados de la voladura pero proporcionan un medio de comparación entre diferentes rocas.

a) Resistencia a la Compresión

Define la fuerza o carga por unidad de superficie bajo la cual una roca fallará por corte o cizalla. En otros términos, es la resistencia a ser sobrepasada para llegar a la rotura por presión, dada en psi.

b) Resistencia a la Tensión

Es la facultad de resistir a ser torsionada o tensada hasta llegar al punto de rotura. También se define como resistencia al Arranque.

c) Radio de Poison o Radio de Precorte

Es el radio de contracción transversal a expansión longitudinal de un material sometido a esfuerzos de tensión, o sea, es una medida de su fragilidad. Cuanto menor el radio de Poisson, mayor la propensión a rotura.

d) Módulo de Young o de Elasticidad (E)

Es una medida de la resistencia elástica o de la habilidad de una roca para resistir la deformación. Cuanto mayor el módulo de Young mayor dificultad para romperse., se expresa en psi.

2.2.3. Características físicas de las rocas

Las características geológicas y mecánicas, además de las condiciones del estado de las rocas a volar, determinan realmente el tipo de explosivo que deberá emplearse para fracturarlas eficiente y económicamente. Por ello, es muy importante que además de conocer las propiedades del explosivo se tenga en cuenta el grado de afectación que puedan presentar algunos parámetros de la roca como:

a) Densidad o peso específico

Característica importante y resolutive de las rocas y minerales inherentes a su propia estructura molecular. Se define como la relación entre la masa del material y su volumen, siendo un factor ampliamente usado como indicador general de la mayor o menor dificultad que pueda encontrarse para romper a una roca, y en la práctica se relaciona con la macicez y dureza, por tanto con el grado de compacidad o porosidad.

Como regla general, las rocas densas para fracturarse adecuadamente requieren de explosivos de alta presión de detonación, mientras que las menos densas requieren de explosivos de menor rango. Sin embargo, algunas rocas relativamente densas y porosas parecen absorber la energía de la explosión haciendo difícil su fracturación.

b) Dureza y Tenacidad

La dureza y cohesión de las rocas y minerales dependen de los enlaces entre moléculas constituyentes. En general la dureza aumenta con la densidad del empaquetamiento atómico y la disminución del tamaño de los iones. Técnicamente por “dureza” se entiende a la resistencia al corte y penetración que presentan las rocas a la perforación, pero en la práctica se ha hecho común emplear el término para indicar su comportamiento en la voladura clasificándolas como: duras, intermedias y blandas. Es la “tenacidad” realmente la resistencia a la rotura, aplastamiento o doblamiento por lo que deberíamos procurar el empleo de los términos de: tenaces, intermedias y friables para indicar su comportamiento ante los explosivos.

c) Humedad e inhibición

Todos los materiales pétreos poseen cierta humedad natural como resultado del contenido de agua retenida en sus poros e intersticios. El grado de esta humedad puede determinarse hallando la diferencia de peso entre la roca tal como se presenta en su estado natural (p_h) y el peso de la misma muestra después de someterla a un proceso de desecación. Grado de humedad = $(p_h - p_s)$ Donde: p_h : peso húmedo p_s : peso seco. Se denomina “imbibición” a la capacidad de las rocas para saturarse de agua, la misma que se determina mediante un recipiente de saturación en el que se coloca una muestra seca a la que se agrega agua a determinados intervalos de tiempo (hasta 1/3 de su altura al inicio, luego hasta 2/3 a las 2 h y cubriéndola totalmente a las 20 h) para después efectuar una serie de pesadas hasta llegar a encontrar entre ellas diferencias menores a 0,1 g punto en el que se considera que el material está embebido a peso constante. Normalmente la humedad natural de las rocas no

presenta mayor problema para el empleo de la mayoría de los explosivos, pero si el nivel de saturación es alto será necesario emplear explosivos con resistencia al agua, como las gelatinas y los slurries. En muchos casos el nivel de saturación es incrementado por agua freática que discurre a través de las fisuras, diaclasas o planos de estratificación de la roca la que de inmediato se acumula en los huecos que se perforan para la voladura, lo que sí obliga a emplear explosivos del mayor nivel de resistencia al agua. La porosidad y la humedad influyen en el rango de transferencia de las ondas de detonación de la voladura, por lo general amortiguándolas, lo que deberá tenerse en cuenta al momento de planificar el disparo.

d) Compacidad y porosidad.

La compacidad es la relación de la densidad aparente a la densidad real:

$$C = (d_a/d_r) = (V_r/V_a).$$

Cuyo valor se aproximará más a la unidad cuanto más densa sea la roca.

La porosidad es la relación del volumen total de los huecos existentes en una roca a su volumen aparente.

$$P = 1 - C = 1 - (d_a/d_r) = (d_r - d_a)/d_r = (V_a - V_r)/V_a$$

Al aumentar la compacidad hacia 1, que es el valor límite, la porosidad tenderá a cero. La porosidad se expresa siempre en porcentaje del volumen aparente del sólido tomado como unidad, llamándose "coeficiente de porosidad" a la siguiente expresión: $[(d_r - d_a) \times 100]/d_r = \% \text{ de porosidad}$, Que también se denomina "absoluta" porque considera a todos los huecos existentes en la roca. Pero se debe distinguir entre los huecos inaccesibles o internos y los huecos accesibles o externos. La diferencia de los dos tipos es el volumen total de huecos $(V_a - V_r)$. Según se considere solamente los huecos accesibles o la diferencia de ambos, se tendrá dos clases de porosidad, una absoluta o real y otra aparente. El volumen de poros accesibles se expresa por la diferencia: $P_e - P_s$, donde P_e es el peso del

material embebido en agua a peso constante y P_s es el peso del material desecado a peso constante. La porosidad “aparente” se obtiene dividiendo esta diferencia por el volumen aparente.

e) Frecuencia sísmica.

La velocidad con la que se propagan las ondas de tensión en las rocas es muy importante, primero porque afecta a la distribución y al tiempo de aplicación de los esfuerzos de tensión impuestos sobre la roca por la detonación del explosivo, y segundo porque es una medida de su capacidad elástica, dando una idea de su capacidad de resistencia o tenacidad (“dureza” comúnmente). Luego también de sí es necesario o no emplear explosivos de alta velocidad para fracturarla.

El producto de velocidad y densidad es un parámetro útil de la roca para canalizar la transferencia de energía de la onda de detonación en el explosivo hasta la onda de tensión de la roca.

Puede decirse que para romper adecuadamente una roca de alta frecuencia sísmica se deberá emplear un explosivo también de alta velocidad de detonación.

f) Resistencia mecánica a la compresión y tensión.

La resistencia al esfuerzo de compresión simple es el ensayo más importante para las rocas ya que tienen muy baja resistencia a cualquier otro tipo de esfuerzo. Se mide con probetas cúbicas sometidas a una presión constante (140 kg/cm² /minuto) en prensa hidráulica hasta su rotura. Las dimensiones de la muestra con variables según la dureza estimada (5, 7 y 10 cm de arista).

La forma de rotura varía según la naturaleza de la roca, las muy tenaces se rompen según columnillas o prismas rectos (figura A), y débiles o friables según planos que pasan por las aristas del cubo desprendiendo en cierto momento cuatro casquetes que la dejan como dos troncos de pirámide unidos por sus bases menores, hasta su rotura total (figura B).

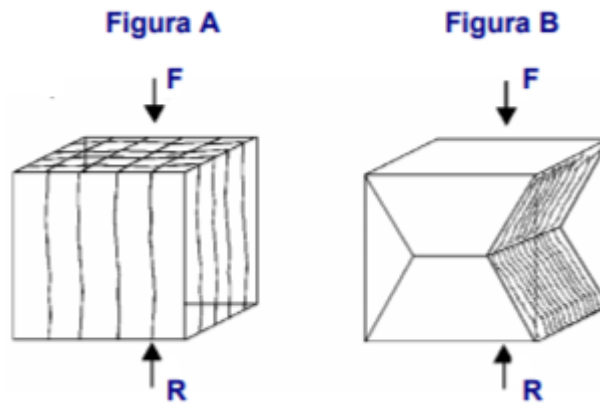


Figura N° 1: Forma de Rotura

Fuente: Manual Práctico de Voladura- Exsa

La resistencia a la compresión se indica como: P/S (en kg/cm^2); donde “P” es la carga o fuerza en kg y “S” la superficie en cm^2 de una de las caras de la muestra, promediando por lo menos seis ensayos, teniendo en consideración el estado de sequedad o saturación de la muestra (probetas embebidas en agua o desecadas a peso constante).

Para otros esfuerzos se considera la siguiente escala de valores:

- Flexión o doblado : 1/10 del coeficiente de compresión
- Corte o cizalla : 1/15 del coeficiente de compresión
- Tensión o tracción : 1/30 del coeficiente de compresión

Se dice que un material es “elástico” cuando tiende a volver a su forma original después de haber sido sometido a una deformación por aplicación de algún tipo de esfuerzo. Algunas rocas se comportan de tal manera aunque sin llegar a ser realmente "elásticas", pero si son difíciles de fracturar adecuadamente tendiendo más bien a apelmazarse, como es el caso del Yeso o la Sal gema cuando son dinamitados.

2.2.4. Principales tipos de roca y su influencia en la perforación y voladura:

- a) Caliza: Fácil de excavar; consumo reducido de explosivos y barrenos. Pueden encontrarse cavernas, a veces de grandes dimensiones, y manantiales de agua importantes.



Figura N° 2: Roca Caliza

Fuente: Minetec S.R.L

- b) Arenisca: Fácil de excavar; consumo de explosivos normalmente menor que en la caliza; mayor consumo de barrenos. No suele presentar discontinuidades ni se encuentran grandes manantiales de agua.
- c) Pizarras: De excavación fácil; según su naturaleza e inclinación de los estratos, suele encontrarse poca agua, aunque a veces se presentan manantiales importantes cuando la capa freática está sobre la excavación. La pizarra pueden ir asociada al yeso y al carbón.



Figura N° 3: Roca Pizarra

Fuente: Pixebay

- d) Rocas graníticas: Generalmente fáciles de excavar; el consumo medio de los explosivos es más del doble que en la arenisca normal; el de brocas depende de la naturaleza de la roca, que varía entre límites muy amplios; aunque, normalmente, las condiciones de esta roca son favorables, de vez en cuando pueden encontrarse manantiales de agua con grandes caudales.



Figura N° 4: Rocas graníticas

Fuente: Ecepa R.R.L

- e) Rocas volcánicas: Las rocas volcánicas son costosas de perforar y precisan importante consumo de explosivos; suelen encontrarse estratos de tobas descompuestas que dan lugar a grandes manantiales.



Figura N° 5: Rocas volcánicas

Fuente: Amigos de los volcanes- Blogger

2.2.5. Definición de roca suelta y roca fija

Roca suelta: denominado también como Roca Fracturada ó Roca Fragmentada, se puede considerar como roca suelta:

- a) Roca Fracturada a Muy Fracturada
- b) Roca Alterada a Muy alterada
- c) Roca estratificada de origen sedimentario y/o Metamorfico, con esratificacion delda $\leq 0.15\text{m}$ de espesor.
- d) Roca de Origen sedimentario y/o metmorfico de constitución mayormente arcillosa y limosa; y
- e) Material que requiere provio aflojado con uno moderado y/o de pequeñas cargas controladas de explosivos.



Figura N° 6: Roca suelta

Fuente: Elaboración propia

Roca fija:

- a) Macizo Rocoso conformado por Afloramientos de Roca de Origen Intrusiva, Volcánica, Sedimentario y/o Metamórfico que debido a su cementación y consolidación, requieren el EMPLEO SISTEMATICO DE EXPLOSIVOS.
- b) El método de excavación debe ser el de Perforación y Voladura, por ningún motivo se debe considerar Sistema de Plasteo, ni otro sistema similar.



Figura N° 7: Roca fija

Fuente: Elaboración propia

2.2.6. Perforación

La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blast holes. Se basa en principios mecánicos de percusión y rotación, cuyos efectos de golpe y fricción producen el astillamiento y trituración de la roca en un área equivalente al diámetro de la broca y hasta una profundidad dada por la longitud del barreno utilizado. La eficiencia en perforación consiste en lograr la máxima penetración al menor costo.

En perforación tienen gran importancia la resistencia al corte o dureza de la roca (que influye en la facilidad y velocidad de penetración) y la abrasividad. Esta última influye en el desgaste de la broca y por ende en el diámetro final de los taladros cuando ésta se adelgaza (brocas chupadas).

La perforación se efectúa por los siguientes medios:

1. Percusión, con efecto de golpe y corte como el de un cincel y martillo. Ejemplo, el proporcionado por los martillos neumáticos pequeños y rompe pavimentos.
2. Percusión/rotación, con efecto de golpe, corte y giro, como el producido por las perforadoras neumáticas comunes, trackdrills, jumbos hidráulicos.
3. Rotación con efecto de corte por fricción y rayado con material muy duro (desgaste de la roca, sin golpe), como el producido por las perforadoras diamantinas para exploración.
4. Fusión (jet piercing) mediante un dardo de llama que funde roca y mineral extremadamente duro como la taconita (hierro), método aplicado en algunos yacimientos de hierro de Norteamérica.

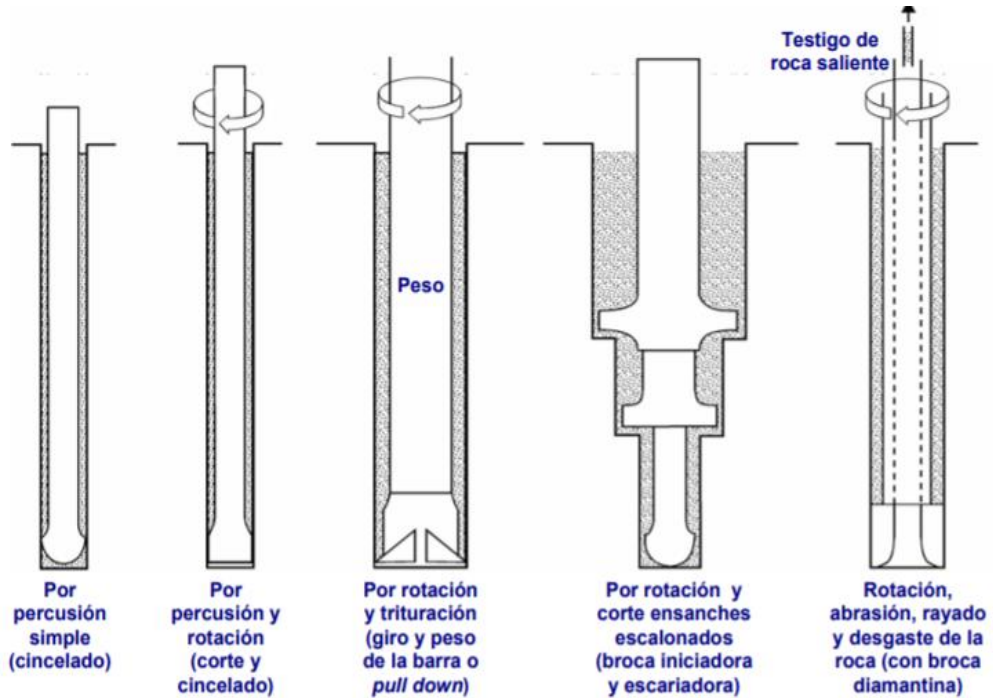


Figura N° 8: Principios de perforación mecánica de las rocas

Fuente: Manual Práctico de Voladuras - Exsa

❖ Potencia de percusión

Dado que la única forma técnicamente aceptable de valorar un martillo perforador es su potencia de percusión y su eficiencia, es conveniente describir y analizar los aspectos que definen ésta potencia, las distintas formas que existen de medirla y los parámetros de los que depende.

La figura N°9 representa esquemáticamente el mecanismo de percusión de un martillo. Este mecanismo consta de una pieza móvil (pistón) que se desplaza con un movimiento de vaivén en el interior de una cámara (cilindro) por la acción que un fluido a presión (aire ó aceite) ejerce sobre una determinada superficie (área de trabajo). La longitud de este desplazamiento que en general es una constante de diseño se denomina carrera.

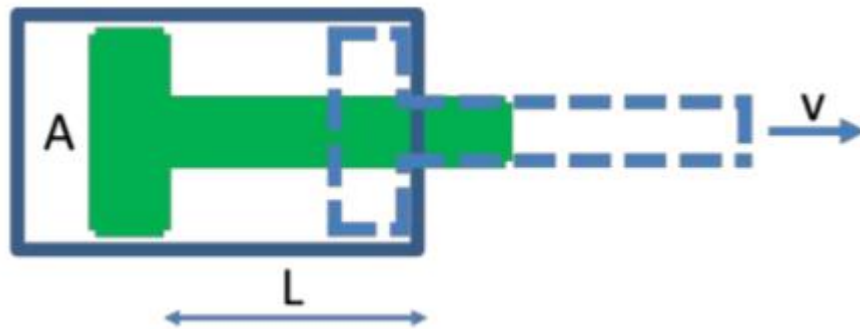


Figura N° 9: Potencia de percusión

Fuente: Bernaola Alonso-Castilla Gómez-J. Herrera Herbert

El cálculo de la energía de impacto “E” podría hacerse de la siguiente manera:

$$E1 = Pm \cdot A$$

Siendo:

Pm = Presión media efectiva del fluido.

A = Área de trabajo del pistón.

L = Carrera.

❖ Equipos de perforación

Actualmente se emplean tres tipos de máquinas perforadoras:

1. Manuales

De percusión con aire comprimido, para huecos pequeños (25 a 50 mm de diámetro), para trabajo horizontal o al piso (pick hammer) o para huecos verticales al techo (stoppers). Emplean barrenos de acero integrales terminados en una broca fija tipo bisel, o barrenos con broca acoplable.

2. Mecanizadas

De percusión y de rotopercusión, montadas en chasis sobre ruedas u orugas. Para huecos hasta 150 mm (6" de diámetro) y 20 m de profundidad. Ejemplo los wagondrill, track drill y jumbos neumáticos o hidráulicos, que emplean barrenos acoplables con brocas intercambiables.

3. Mecanizadas rotatorias

Generalmente de grandes dimensiones para uso en tajos abiertos, montadas sobre camión o sobre orugas con traslación propia, con motor rotatorio independiente y perforación por presión (pull down o presión de barra) con brocas rotatorias tricónicas de 6" a 15" de diámetro, siendo las más comunes de 6", 9 7/8", 11 1/4" y 12 5/8".

Un equipo normal de perforación está compuesto por:

- Perforadora o martillo.
- Soporte y carro portador.
- Compresora y bombas hidráulicas.
- Brocas y barrenos.
- Accesorios (mangueras, aceitadoras, etc.)

a) Perforadoras Neumáticas

El fluido de accionamiento en el caso de la perforación neumática es aire comprimido a una determinada presión, normalmente de valores comprendidos entre 7 y 25 bar.

Existen dos alternativas:

- Que la percusión se produzca fuera del taladro y se transmita a la broca a través de la sarta de varillaje (martillo en cabeza).
- Que el martillo se sitúe en el fondo del taladro, golpeando así el pistón directamente sobre la broca (martillo de fondo).

La disposición de los distintos elementos en cada una de estas alternativas es la que se indica en la figura 10.

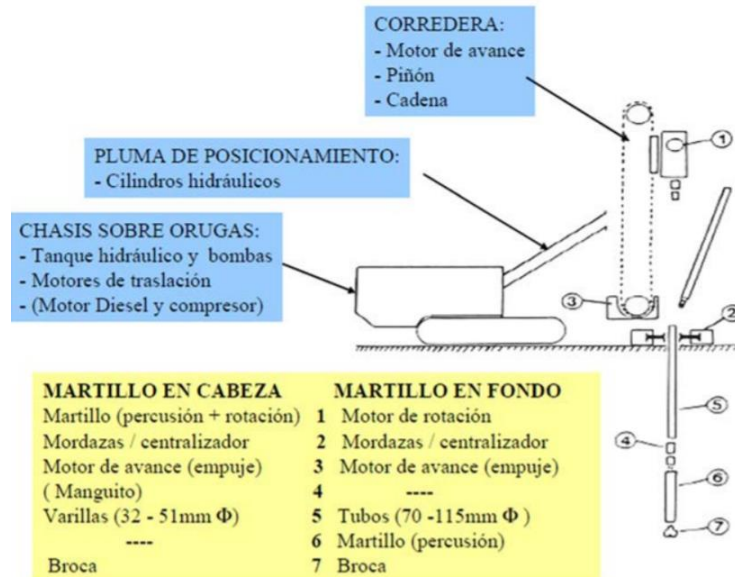


Figura N° 10: Dispositivo de elementos de perforación neumática

Fuente: Bernaola Alonso-Castilla Gómez-J. Herrera Herbert

b) Perforadora con martillo de cabeza

Son perforadoras cuyo martillo está diseñado para trabajar mediante aire a 7 - 8 bar de presión máxima. Como consecuencia, y al objeto de disponer de una energía de impacto suficiente, el área de trabajo del pistón ha de ser grande (ténganse en cuenta que la energía de impacto viene dada por el producto de tres factores: presión efectiva, área y carrera del pistón). El perfil longitudinal del pistón tiene por tanto forma de T, tal y como se puede apreciar en la figura N° 11.

El martillo en cabeza, como puede verse indicado en la figura 3, incorpora también el mecanismo de rotación que a su vez puede ser independiente o no del de percusión en función de los tamaños y diseños. El empuje lo proporciona el motor de avance (neumático) que a su vez acciona una cadena a la que va

enganchado el martillo y que de esta forma desliza sobre un bastidor denominado “corredera” o “deslizadera”. El conjunto generalmente queda montado sobre un chasis que sirve de portador para el resto de elementos que proporcionan todos los movimientos de posicionamiento y traslación.

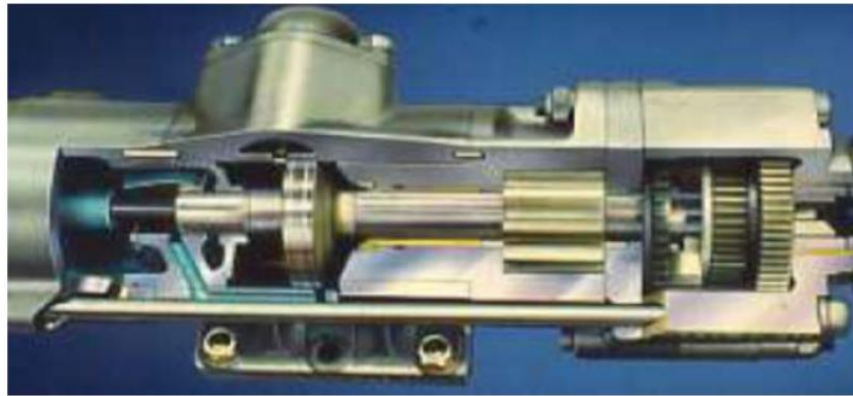


Figura N° 11: Martillo neumático

Fuente: Bernaola Alonso-Castilla Gómez-J. Herrera Herbert

La fuente de energía primaria para la percusión es el aire comprimido que a su vez es suministrado por un compresor incorporado en el equipo de perforación. En modelos más antiguos, el aire comprimido era suministrado desde una unidad compresora independiente y remolcable, ya que disponía de sus propias ruedas y que se conectaba a la perforadora mediante una manguera. Esta unidad podía situarse a una distancia de unos 20 – 40 m de la perforadora para que las pérdidas de presión no fueran excesivas.



Figura N° 12: Equipos de perforación con martillo de cabeza Neumática (izquierda), Hidráulica (derecha)

Fuente: Elaboración Propia

❖ Selección de un adecuado equipo de perforación:

Existen diversos tipos y marcas de equipos de perforación para diferentes condiciones de trabajo. Su selección se basa en criterios económicos, diseño mecánico, mantenimiento y servicio, capacidad operativa, adaptabilidad a los demás equipos de la operación, y de condiciones generales del lugar de trabajo (acceso, tipo de roca, topografía, fuentes de energía, etc.).

Uno de los criterios más importantes es la velocidad de penetración. La introducción de la perforación hidráulica que usa aceite a presión en lugar de aire comprimido para activar el martillo y el resto del equipo de perforación, ha logrado aumentar esta velocidad y, por tanto, la eficiencia de perforación, especialmente en rocas duras.

Proceso para una adecuada selección de equipos de perforación:

- a) Tipo de tamaño de la perforadora: De acuerdo a diversos criterios: tipo de aplicación, tipo de roca, fragmentación de la roca, diámetro del taladro, materiales explosivos y condiciones ambientales.
- b) Marca y modelo del equipo.- Una vez decidido el tipo de equipo, se estimará el costo de propiedad y operación por hora, tarifas horarias de equipos, en US\$/m³ y otros aspectos como soporte de servicio, tiempo de entrega, etc.
- c) Otros.- Impacto financiero, alquiler/venta, MARC, duración del contrato, (< a 3 años), (5 a 10 años), costo de energía, etc.

Principales criterios para selección del tipo y tamaño de perforadoras:

Sirve para definir el tipo y tamaño de la perforadora (manual, neumático, hidráulico, con martillo en cabeza o al fondo DTH)

- a) Tipo de aplicación: Si es para banqueo, carretera, zanja, precorte, según condiciones del terreno, maniobrabilidad, control de maquinaria, etc. Tomar en cuenta el diseño de excavación: altura de banco, área de trabajo, selectividad requerida, producción requerida, etc.
- b) Tipo de roca: Existen rocas que tienen resistencia compresiva desde 700 hasta 5,600 Kg/cm². Las rocas que tienen alta resistencia a la compresión, generalmente son difíciles de perforar; es decir cada roca requiere un tipo de perforadora. Los materiales fracturados también presentan dificultades, requiriendo mecanismos especiales.
- c) Fragmentación de la roca.- Capacidad de fragmentarse con la acción de la energía del explosivo. La textura, composición, mineralogía y estructura, afectan a la perforabilidad y volabilidad.

- d) **Diametro de taladro:** Una perforadora se diseña para perforar un diámetro óptimo; si el diámetro es mayor baja la velocidad de penetración, si es menor, aumenta la velocidad respecto al óptimo. El diámetro también depende de la escala de producción: un diámetro grande produce gran volumen y una fragmentación gruesa para el equipo de carguío; contrariamente un diámetro pequeño, produce fragmentación más fina.
- e) **Materiales explosivos disponibles:** Es necesario conocer los efectos de los explosivos en la fragmentación de rocas y en que tipo de roca debería ser usado.
- f) **Condiciones del medio ambiente:** Analizar la cercanía a áreas urbanas o industriales, también guían a la selección de un tipo y tamaño de perforadora. Lógicamente para reducir los niveles de vibración, rocas volantes y ruidos producto de las voladuras.

Aspectos técnicos – económicos para la selección de la marca y modelo del equipo:

- a) **Tecnología de diseño:** Se refiere a la experiencia ganada por el fabricante, investigación y desarrollo, y al día con la tendencia futura.
- b) **Especificaciones técnicas:** Bondades y limitaciones de los diferentes equipos, seleccionados y su adaptabilidad a las condiciones de trabajo.
- c) **Soporte de servicio:** Capacidad del representante en ayudar a alcanzar la máxima operatividad posible, asegurando la disponibilidad de repuestos y servicio técnico.
- d) **Economía:** Precio de adquisición y rendimiento del equipo, que se traduce en menor costo por metro perforado.



Figura N° 13: Equipos de perforación manual

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 14: Equipos de perforación hidráulica (Track drill)

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 15: Equipos de perforación hidráulica (Rock drill)

Fuente: Elaboración Propia

❖ Índice de perforabilidad de rocas

El índice de perforabilidad es la resistencia que ofrece la roca a ser perforado, y ayuda a elegir el tipo de perforación y el equipo adecuado.

La perforabilidad depende entre otras cosas, de la dureza de los minerales incluidos y del tamaño de los mismos. Por ejemplo la presencia de mayor contenido de cuarzo (cuarcita) hará que la roca sea más difícil de perforar por su alta dureza, así como un mayor desgaste del varillaje de perforación. En contraste, una roca con alto contenido de calcita (caliza) es fácilmente perforada y un desgaste menor del varillaje.

Se realizan diferentes pruebas de laboratorio para determinar la perforabilidad de cada roca, cuyos resultados obtenidos ayudan a elegir el tipo de perforación y la máquina adecuada. (F. Ponce R. 2011).

Tabla N° 4: Relación de dureza, carga puntual y resistencia a la compresión simple

Dureza de Mohs	Índice de carga puntual Is (MPa)	Resistencia a compresión simple (MPa)	Descripción	Características
> 7	> 10	> 250	Roca Extremadamente dura	Raya al vidrio y acero
6 - 7	10 - 4	250 - 100	Roca Muy dura	
4 - 6	4 - 2	100 - 50	Roca dura	Se raya con la lima
3 - 4	2 - 1	50 - 25	Roca medianamente dura	
2 - 3	< 1	25 - 5	Roca blanda	Se raya con la navaja
1 - 2		5 - 1	Roca muy blanda	Se raya con la uña

Fuente: Fredy Ponce R.

Tabla N° 5: Propiedades según el Origen de la Roca

Tipo de roca		Peso específico (t/m³)	Tamaño de grano (mm)	Factor de esponjamiento	Resistencia a la compresión (MPa)	
Ignea	Intrusiva	Diorita	2.65 - 2.85	1.5 - 3.0	1.50	1,710 - 300
		Gabro	2.85 - 3.20	2.0	1.60	260 - 350
		Granito	2.70	0.1 - 2.0	1.60	200 - 350
	Extrusiva	Andesita	2.70	0.1	1.60	300 - 400
		Basalto	2.80	0.1	1.50	250 - 400
		Riolita	2.70	0.1	1.50	120
Traquita		2.70	0.1	1.50	330	
Sedimentaria	Conglomerado	2.60	2.0	1.50	140	
	Arenisca	2.50	0.1 - 1.0	1.50	160 - 255	
	Pizarra grano fino	2.70	1.0	1.35	70	
	Caliza	2.60	1.0 - 2.0	1.55	120	
	Dolomita	2.70		1.60	150	
Metamórfica	Neiss	2.70	2.0	1.50	140 - 300	
	Mármol	2.70	0.1 - 2.0	1.60	100 - 200	
	Cuarcita	2.70	0.1 - 2.0	1.55	160 - 220	
	Esquisto	2.70	0.1 - 1.0	1.60	60 - 400	
	Serpentina	2.60	-	1.40	30 - 150	
	Pizarra	2.70	0.1	1.50	150	

Fuente: Fredy Ponce R.

2.2.7. Clasificación de material de excavación en obras de construcción.

En nuestro país, las excavaciones en las obras civiles contemplan 3 tipos de materiales, practicadas con una clasificación visual, basada solo en una descripción geológica, y el tipo de excavación requerida.

- 1) Material Suelto
- 2) Roca suelta
- 3) Roca fija

Estos criterios, no consideran parámetros geométricos (resistencia a la compresión, propiedades elásticas, etc.), y hacen que su clasificación sea muy difícil y errática; ya que muchas veces estos 3 elementos se encuentran intercalados verticalmente (superpuestos), horizontalmente, en tramos muy cortos de excavación.

En este tipo de proyectos, se realiza estudios geotécnicos y estudios de suelos, pero solo con fines de CIMENTACION, y para delimitar espesores en el DISEÑO DE PAVIMENTOS. Se requiere estudios geológicos y geotécnicos con fines de mejorar las definiciones de este tipo de clasificación.

Algunos especialistas técnicos sugieren una clasificación de materiales basada en la VELOCIDAD SISMICA. (F. Ponce R. 2011)

Tabla N° 6: Velocidad Sísmica

	Material Suelto	Roca Suelta	Roca Fija
Velocidad Sísmica (m/seg.)	<2,000	2,000-2,500	>2,500

Fuente: (F.Ponce R. 2011)

2.2.8. Mallas de perforación

Es la forma en la que se distribuyen los taladros de una voladura, considerando básicamente a la relación de distancia a la cara libre y espaciamiento y su directa vinculación con la profundidad de taladros.

En el diseño de una voladura de banco se puede aplicar diferentes trazos para la perforación, denominándose malla cuadrada, rectangular y triangular o alterna, basándose en la dimensión de la distancia a la cara libre.

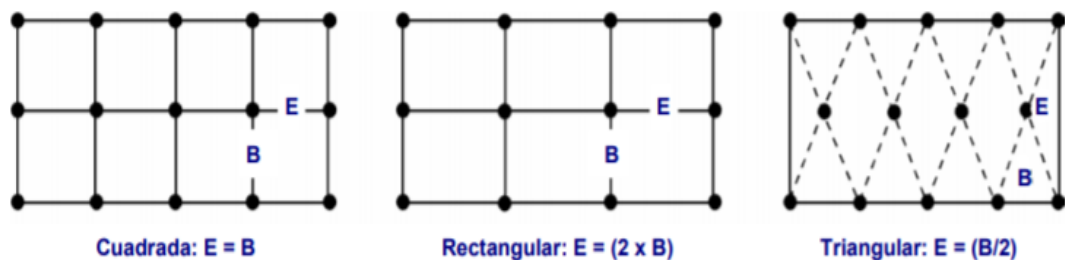


Figura N° 16: Malla de perforación

Fuente: Manual Práctico de Voladura – Exsa

Distintas formas de amarre de los accesorios y diferentes tiempos de encendido de los taladros se aplican para obtener la más conveniente fragmentación y forma de acumulación de los detritos, para las posteriores operaciones de carguío y transporte del material volado.

Los diseños de amarre de las conexiones entre taladros de los trazos de perforación anteriores, determinan el diseño de mallas de salida, siendo las más empleadas la longitudinal, cuña, diagonal (Echelón) trapezoidal y las combinadas. Ejemplos con malla cuadrada:

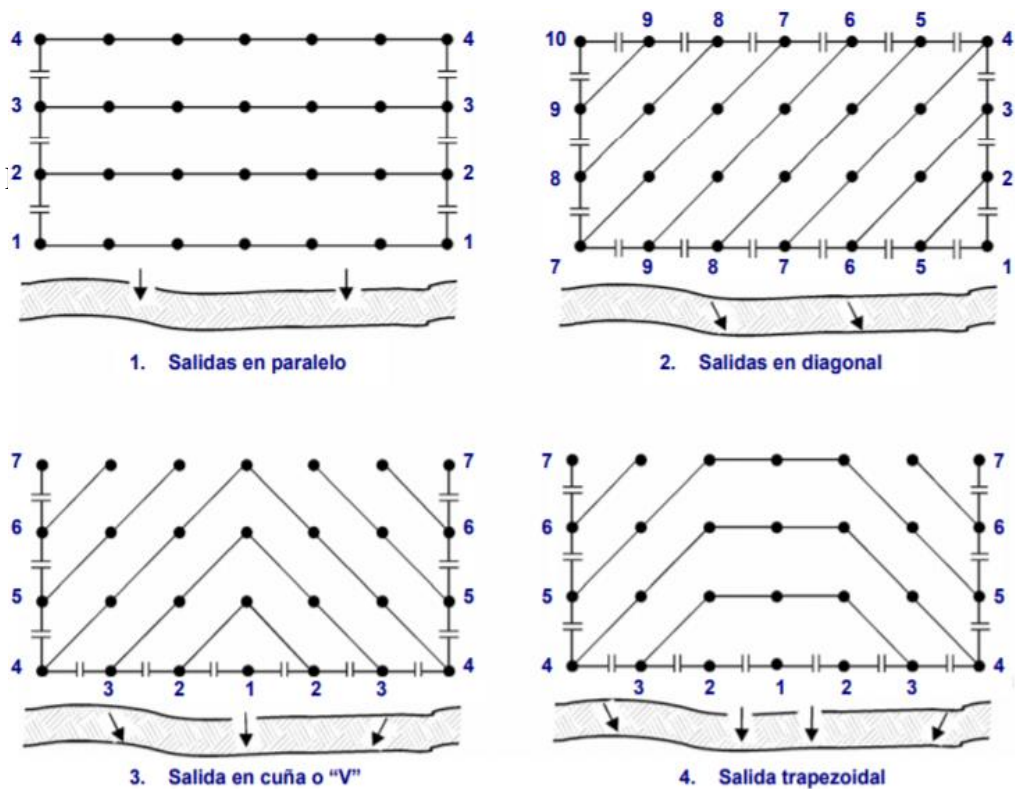


Figura N° 17: Malla cuadrada de perforación

Fuente: Manual Práctico de Voladura – Exsa

❖ Formulas o modelos de perforación

Modelos de Perforaciones en carretera:

El Manual Práctico de voladura Exsa (2014) , nos dice que las obras viales su construcción y mantenimiento es frente a empleo de explosivos, que se aplican tanto con métodos “tradicionales” como con otros denominados “típicamente viales”.

Los métodos que podríamos definir como tradicionales son:

- Banqueo convencional; en este caso mayormente aplicado en canteras para proveer piedras y ripio.
- Apertura de túneles

- Voladura controlada; principalmente en las modalidades de precorte y recorte: para mantener la estabilidad de taludes de roca en cortes de ladera poco estables o muy altos, que después requerirán muy poco mantenimiento.

Estos métodos comprenden técnicas especialmente dirigidas a la fragmentación de material preferentemente menudo y homogéneo, procurando tener el menor efecto de deterioro de la roca por impacto y vibración, por tanto requieren de exigente control y de mayor trabajo de perforación.

Por lo general son repetitivos, es decir que cada disparo es igual o parecido al anterior, siguiendo patrones establecidos.

Por otro lado de acuerdo a la geometría variada y propiedades de rocas a lo largo del trazo de obras viales imponer el diseño de cada disparo como si fuese un caso en particular adaptando al perfil del terreno, denominamos por lo tanto "métodos viales" entre los que consideramos son:

Clasificación de acuerdo al perfil del terreno:

- Cortes a media ladera y trincheras:

Métodos típicos para carreteras y autopistas son los cortes a media ladera y trincheras, que normalmente se efectúan de una sola vez cuando la altura del corte se limita a 10 ó 12 m, y por etapas cuando es mayor.

Como el diámetro del taladro está en relación con la altura de banco o de corte se requiere la relación:

$$\text{Øt} = (\text{H}/60)$$

Øt : diámetro del taladro.

H : profundidad de la excavación.

La longitud de los taladros (L) depende de la altura de banco, de la sobreperforación que sea necesaria según la resistencia a rotura de la roca y de la inclinación de los mismos, que suele ser de 15 a 20°.

$$L = (H/\cos \alpha) + [(1 - (\alpha/100)) \times SP]$$

Donde:

α : ángulo con respecto a la vertical, en grados

H : profundidad de la excavación.

SP : sobreperforación, en equivalentes a diámetro (\emptyset), de acuerdo a la resistencia de la roca, como se indica en el siguiente cuadro estimado. (Manual de voladura Exsa, 2014, pag. 250).

Tabla N° 7: Estimación de parámetros de taladro de acuerdo a la resistencia de la roca

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LAS ROCAS				
	TIPO DE ROCA			
	BLANDA	MEDIA	DURA	MUY DURA
Resistencia a la compresión, en MPa	70	70 a 120	120 a 180	180

PARAMETROS DE TALADRO EN EQUIVALENCIAS DE DIAMETRO				
PARAMETROS	TIPO DE ROCA			
	BLANDA	MEDIA	DURA	MUY DURA
Longitud recomendada para carga de fondo y taco inerte				
Carga de fondo	30 \emptyset	35 \emptyset	40 \emptyset	46 \emptyset
Taco	35 \emptyset	34 \emptyset	32 \emptyset	30 \emptyset
Distancia al punto de alivio (Borde)	39 \emptyset	37 \emptyset	35 \emptyset	33 \emptyset
Espaciado	51 \emptyset	47 \emptyset	43 \emptyset	38 \emptyset
Relación E/B	1.25	1.20	1.15	1.15
Consumo específico (kg/m ³)	0.30	0.35	0.42	0.49

Fuente: Manual de perforación y voladura Exsa.

- Cortes a media ladera:

Pueden efectuarse mediante taladros verticales paralelos o en abanicos, mediante taladros horizontales (zapateros) o mediante una combinación de taladros horizontales y verticales, los trazos de perforación son similares a los de banqueo, con malla cuadrada o alterna y salidas en paralelo o en “V”.

Para el cálculo de espaciado con taladros horizontales se aplica la relación:

$$E = 3 \times \sqrt{(\emptyset \times L)}$$

Donde:

E : espaciado, en m

\emptyset : diámetro de taladro, en m

L : longitud de taladro, en m

Si la altura del banco es inferior a 5 m sólo se utilizará una fila de taladros, dos filas de entre 5 y 8 m, dispuestos preferentemente en forma alterna y tres o más filas por encima de 8 m, con malla alterna o cuadrática, según el estado del terreno.

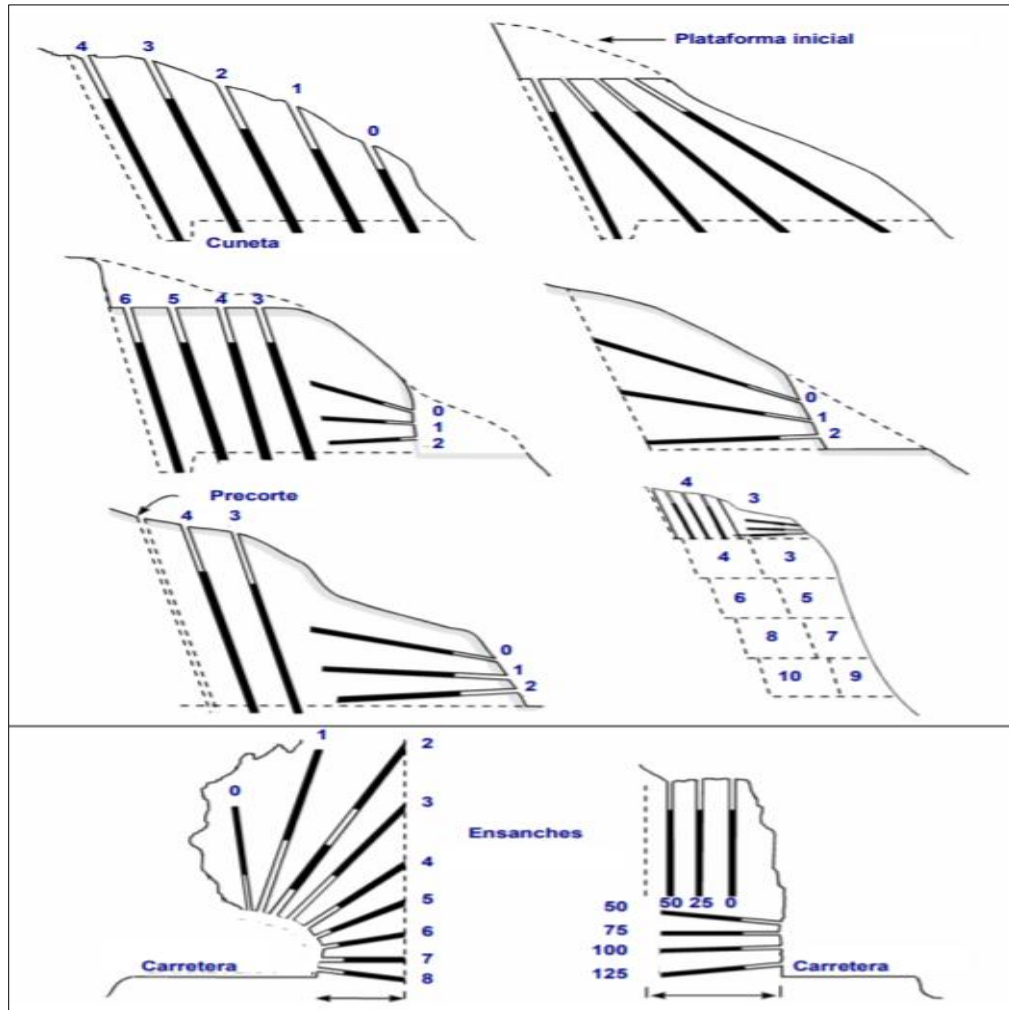


Figura N° 18: Perfiles típicos para cortes en media ladera

Fuente: Manual Práctico de Voladura - Exsa

En las voladuras se combinan taladros horizontales y verticales; suele ser conveniente efectuar la excavación por fases, limpiando el desmonte del primer tiro antes de disparar el segundo.

Pero si tiene que efectuarse un solo disparo, debe darse salida primero a los horizontales ubicados al pie del corte y después a los verticales perforados desde la parte superior y situados por detrás del fondo de los horizontales. Las salidas serán en secuencia mediante retardos.

- Excavaciones en trinchera:

Siempre se efectúan con taladros verticales, y según sea la relación H/D anteriormente citada, se presentan dos casos:

1. Si $H > 100 \emptyset$, que es el normal para alturas de banco de 10 a 12 m, los valores para distancia al punto de alivio (borde) y espaciamiento son los mismos de la tabla anterior.
2. Si $H < 100 \emptyset$, La distancia al punto de alivio (Borde) se calculará con la expresión:

$$B = [Q / [(E/B) \times (H/\cos(\alpha)) \times (C_e)]]^{0,5}$$

Donde:

Q : carga total por taladro (kg).

H : altura de banco (m).

E/B : relación entre espaciamiento y La distancia al punto de alivio (Borde).

C_e : consumo específico de explosivo (también de la tabla).

α : ángulo respecto a la vertical, en grados.

Los trazos de voladura más utilizados cuando se tienen cara libre son, los de salida por filas paralelas y los de salida en “V”, con taladros distribuidos en malla alterna o cuadrangular, en forma similar a los bancos, pero con la diferencia que los taladros tendrán diferentes profundidades, de acuerdo al perfil de terreno y al nivel de explanación que se quiere conseguir.

Cuando no se cuenta con una cara libre para iniciar la trinchera, se debe preparar primero una excavación al piso mediante un disparo de taladros de pequeño

diámetro dispuestos en abanico (Fan cut), ésta excavación una vez limpiada servirá de cara libre para avanzar con el corte de trincheras por un sentido. Si la excavación inicial se ubica en un punto central se podrá avanzar la trinchera en ambos sentidos, en este caso la excavación suele denominarse “tiro de hundimiento sin cara libre”.

Para la excavación de trincheras en lomas que comúnmente se denominan “montura de caballo”, se dispara en dos fases, un primer corte con salida en “V” que generalmente tiene un avance máximo equivalente a $1/3$ de total de longitud de la trinchera, y el segundo en los $2/3$ restantes mediante un trazo axial, con tres o más filas de taladros según el ancho de la trinchera, con arranque en la fila central y el resto con salidas en paralelo.

Las trincheras de poca profundidad de corte también se disparan con este esquema axial, en toda su longitud.

El desmonte extraído de estos cortes generalmente sirve de relleno en depresiones contiguas, para efectos de nivelación de la plataforma vial.

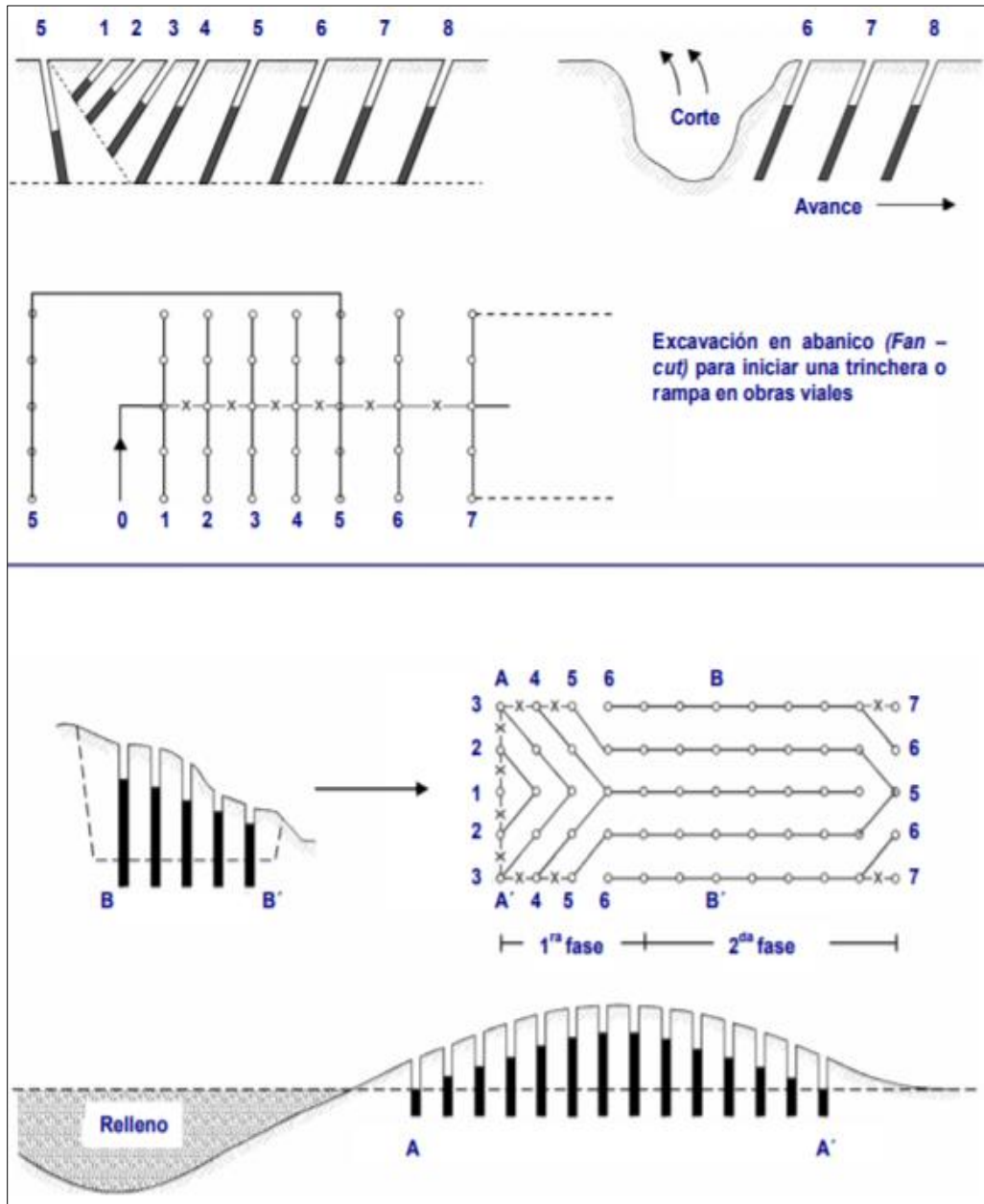


Figura N° 19: Trazos para excavación de trincheras viales

Fuente: Manual Práctico de Voladura - Exsa

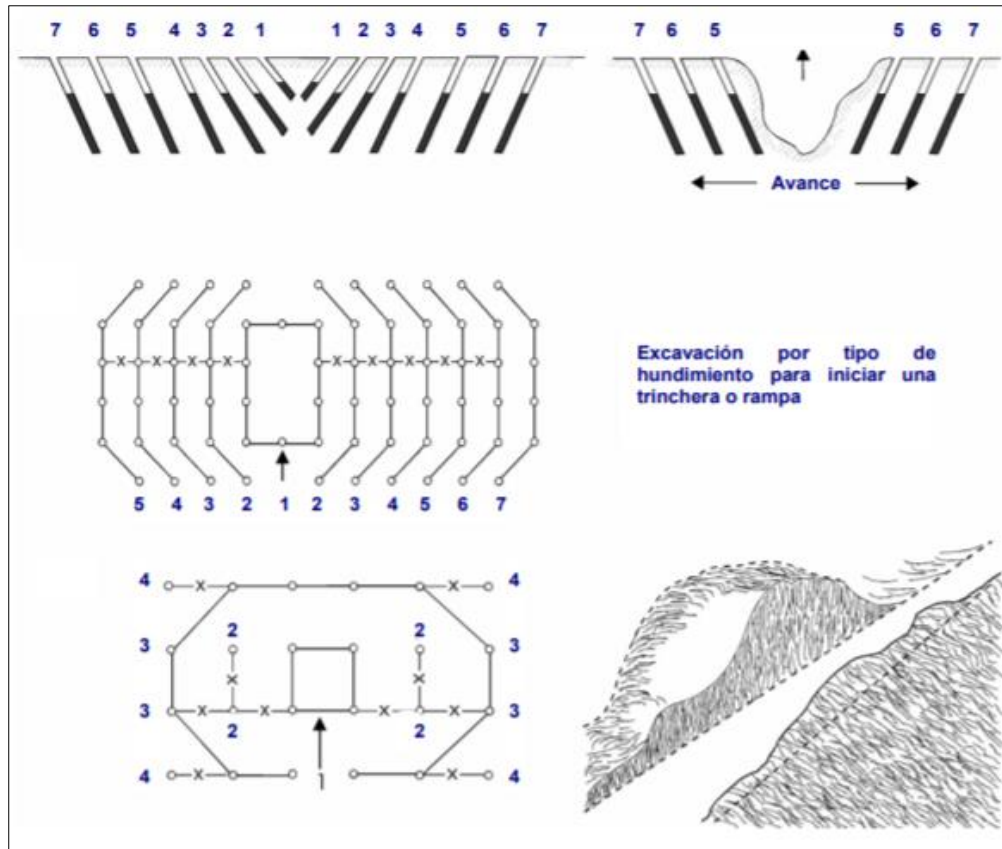


Figura N° 20: Trazos para excavación de trincheras viales

Fuente: Manual Práctico de Voladura - Exsa

2.2.9. Voladura

❖ Tipos de explosivos y accesorios

Los explosivos son sustancias químicas con un cierto grado de inestabilidad en los enlaces atómicos de sus moléculas que, ante determinadas circunstancias o impulsos externos, propicia una reacción rápida de disociación y nuevo reagrupamiento de los átomos en formas más estables. Esta reacción, de tipo oxidación-reducción, es inducida térmicamente por los llamados “puntos calientes”, se conoce con el nombre de detonación y origina gases a muy alta presión y temperatura, los cuales generan a su vez una onda de compresión que recorre el medio circundante.

Los explosivos industriales están constituidos por una mezcla de sustancias, unas combustibles y otras comburentes (que favorece la combustión), que debidamente iniciadas, dan lugar a una reacción química de oxidación cuya característica fundamental es su rapidez.

Combustión.

La combustión es una reacción química de oxidación en la que generalmente se desprende una gran cantidad de energía. La velocidad de reacción es menor de 1 m/s y se puede observar a simple vista la reacción en forma de llama.

Deflagración.

Una deflagración es una combustión súbita con llama a baja velocidad de propagación, sin explosión.

Detonación.

La detonación es una combustión supersónica que se caracteriza porque genera una onda de choque. En ese frente de onda se generan altos gradientes de presión y temperatura, ya que la reacción química se produce instantáneamente. (J. Bernaola Alonso - J. Castilla Gómez - J. Herrera Herbert, Madrid, 1993, pag.66).

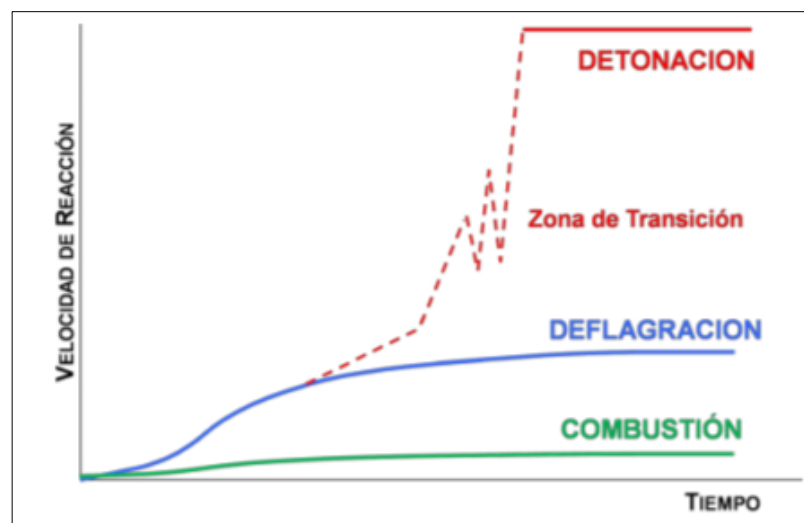


Figura N° 21: Tipo de reacción en función a la cinética química

Fuente: J. Bernaola Alonso - J. Castilla Gómez - J. Herrera Herbert

- Explosivos industriales:

1. Dinamita

Este tipo de explosivos, reciben su nombre por su consistencia gelatinosa y se obtiene al mezclar nitroglicerina/nitroglicol (NG) con nitrocelulosa. Esta mezcla es aún más energética que el propio NG. Lleva en su composición, como elemento predominante, el nitrato amónico, además de combustibles y otros aditivos minoritarios.

Dentro de la familia de las dinamitas se pueden distinguir dos tipos diferentes, gelatinosas y pulverulentas, en función de su composición.

- Dinamita pulverulenta

La dinamita pulverulenta está compuesta básicamente por nitrato amónico, un combustible que corrige su exceso de oxígeno y una pequeña cantidad (generalmente próxima a un 10%) de un sensibilizador, que puede ser nitroglicerina, trinitrotolueno o una mezcla de ambos. Todas ellas, debido a su contenido en nitrato amónico presentan las características siguientes:

- a) Baja potencia
- b) Densidad media/baja (de 1,0 a 1,2)
- c) Regular o mala resistencia al agua
- d) Velocidad de detonación de 2.000 a 4.000 m/s
- e) Poca sensibilidad al choque o a la fricción.

- Dinamita gelatinosa

Una forma de corregir la mala resistencia al agua de las dinamitas pulverulentas y, al mismo tiempo, aumentar su potencia, es incrementar su contenido de Nitroglicerina (o Nitroglicol) y añadir una cierta cantidad de nitrocelulosa, que actúa como gelificante, formando una pasta gelatinosa.

- a) Elevada potencia
- b) Alta densidad (de 1,4 a 1,5)
- c) Buena o excelente resistencia al agua.
- d) Alta velocidad de detonación (de 4.000 a 7.000 m/s) Cierta sensibilidad al choque o a la fricción.



Figura N° 22: Cartuchos de dinamita de diferentes calibres

Fuente: Maxam

2. Anfo

En la línea de reducir el contenido en nitroglicerina (o nitroglicol) del explosivo para incrementar su seguridad, surgieron los explosivos tipo ANFO (Ammonium Nitrate + Fuel Oil), explosivos compuestos por un 94 % aproximadamente de nitrato amónico que actúa como oxidante y en torno a un 6 % de gasoil que actúa como combustible. Las características de este explosivo son las siguientes:

- a) Baja / media potencia.
- b) Muy baja densidad (0,8).
- c) Nula resistencia al agua, ya que el nitrato amónico es soluble en agua y pierde su capacidad de detonar.
- d) Baja velocidad de detonación (2.000 - 3.000 m/s).

- e) No son sensibles al detonador, por lo que necesitan de otro explosivo para iniciarse correctamente, lo que puede conseguirse con cordones detonantes, cebos de dinamita gelatinosa, cartuchos de hidrogel o Debido a su consistencia granular y a la solubilidad del nitrato amónico, no resisten al agua, por lo que su aplicación en barrenos que contengan este elemento está totalmente desaconsejada.

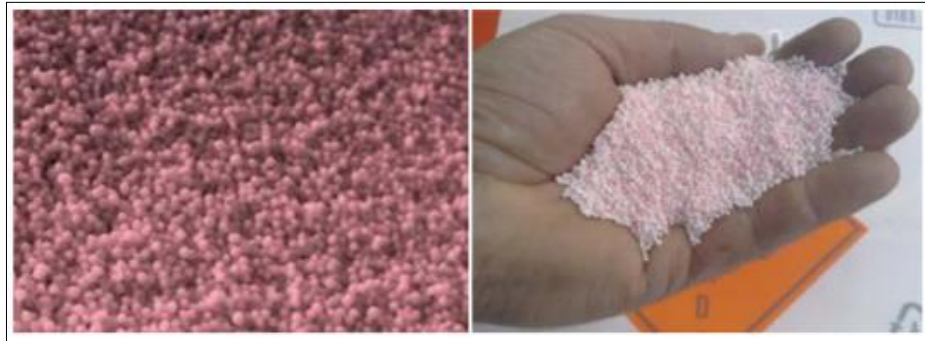


Figura N° 23: Explosivo tipo anfo

Fuente: Maxam

3. Hidrogeles

Al objeto de mejorar la resistencia al agua de los explosivos de base nitrato amónico, se desarrollaron los slurries o papillas explosivas. Son productos que, paradójicamente, incorporan una cierta cantidad de agua en su composición, pero fundamentalmente se trata de explosivos compuestos por un elemento oxidante (NH_4NO_3 o bien NaNO_3) y otro que actúa a la vez como sensibilizador y combustible, y que puede ser un explosivo (TNT), un metal (Al) o una sal orgánica (Nitrato de Monometilamina o Nitrato de Hexamina). Ambos componentes están dispersos en una solución saturada de NH_4NO_3 o de NaNO_3 (12 - 15% agua).

- a) Elevada potencia.
- b) Densidad media/alta (1,2-1,3)
- c) Excelente resistencia al agua
- d) Velocidad de detonación de 3.500 a 4.500 m/s.

- e) Menor sensibilidad a la fricción o al impacto.



Figura N° 24: Explosivo tipo hidrogel

Fuente: Maxam

4. Emulsiones

En la misma línea de buscar un explosivo de la máxima seguridad y potencia que pueda ser utilizado en barrenos con agua, el último desarrollo en explosivos industriales lo constituyen las conocidas como emulsiones. Consisten en una fase dispersa formada por pequeñas gotas de disolución de NH_4NO_3 o de NaNO_3 en agua, que están rodeadas de una fina película de 10-4 mm de aceite mineral (fase continua).

- a) Agentes emulsificantes (oleato o estearato de sodio)
- b) Ceras para aumentar la consistencia y el tiempo de almacenamiento.

Algunos fabricantes incorporan también en la composición burbujas de aire o esferas huecas de vidrio (llamadas microesferas) que incrementan la onda de detonación, aumentando la sensibilidad, y partículas de aluminio que aumentan igualmente su potencia y sensibilidad.

(J. Bernaola Alonso - J. Castilla Gómez - J. Herrera Herbert, Madrid, 1993 pag.103).



Figura N° 25: Tipos de emulsiones en función de su proporción (emulsión/anfo)

Fuente: J. Bernaola Alonso - J. Castilla Gómez - J. Herrera Herbert,

❖ Accesorios de voladura

En todos aquellos trabajos en los que se emplean explosivos, tanto en minería como en obra civil, es necesario que la detonación se inicie correctamente. Para ello, es necesario conocer aquellos medios y técnicas que permiten iniciar la reacción en régimen de detonación, la iniciación de explosivos y, de forma subsiguiente, la iniciación de voladuras de manera que se produzca la detonación de un conjunto de barrenos con un orden determinado.

Cordón detonante:

Un cordón detonante es un cordón flexible e impermeable que contiene en su interior un explosivo denominado pentrita, cuya velocidad de detonación es de 7.000 metros por segundo; el cordón detonante se emplea fundamentalmente para transmitir a los explosivos colocados en los barrenos la detonación iniciada por un detonador. Algunos tipos de cordón detonante (los de mayor gramaje) pueden utilizarse como explosivo principal para la carga de barrenos de voladura.



Figura N° 26: Cordón detonante

Fuente: Austin Power

Relé de microretardado:

Con el empleo del cordón detonante, únicamente es posible realizar voladuras instantáneas, lo que en ciertas ocasiones puede resultar un problema importante por el nivel de vibraciones que se producen, etc.

Para evitar este inconveniente fue por lo surgieron los relés de microrretardo, que consisten en unos artificios que, intercalados entre dos tramos de cordón detonante, interrumpen la detonación del mismo durante 15 ó 25 milisegundos

según el tipo de relé, creando un efecto de retardo, en las voladuras conexionadas con cordón detonante, similar al proporcionado por los detonadores eléctricos de microrretardo.

Los relés de microrretardo constan de una funda de plástico moldeado que mantiene en su parte central el elemento metálico de retardo. Los extremos de la funda están adaptados para asegurar un acoplamiento fácil y sencillo del cordón detonante, asegurando su sujeción mediante cuñas de plástico.



Figura N° 27: Relé de microrretardo

Fuente: J. Bernaola Alonso - J. Castilla Gómez - J. Herrera Herbert

Multiplicadores:

Los multiplicadores (también conocidos como boosters) son iniciadores de voladura que se utilizan para iniciar explosivos de baja sensibilidad, como pueden ser anfo, hidrogeles o emulsiones, tanto si se emplean en modalidad de encartuchados o a granel.

Están compuestos por un cilindro de pentolita que va envuelto con una cubierta de cartón. La pentolita es un explosivo de alta potencia formado a partir de una mezcla de petrita y de TNT, que tiene una velocidad de detonación también alta, situada en torno a los 7.500 m/s

El multiplicador lleva unos orificios axiales que van rodeados de pentrita. Es por estos orificios por donde pasan los accesorios que los iniciarán: cordón detonante, detonadores, etc.

Los multiplicadores se comercializan en una gama que abarca desde los 150 g para aplicaciones en barrenos de pequeño diámetro y voladuras en interior, hasta los de 500 g utilizados para iniciación de explosivos en barrenos de mayor diámetro. Existen multiplicadores de mayor tamaño que pueden llegar hasta 1 o 2 kg, pero que solamente son empleados en campañas de prospección sísmica.



Figura N° 28: Multiplicadores (boosters)

Fuente: Explocen

Mecha lenta:

La mecha lenta está formada por un núcleo de pólvora negra recubierto con varias capas de hilados y materiales impermeabilizantes que la hacen resistente a la humedad, abrasión y los esfuerzos mecánicos. Habitualmente se utiliza para la iniciación de detonadores ordinarios y de la pólvora de mina.

La combustión de la mecha transmite el fuego a una velocidad uniforme de dos minutos por metro lineal. Esta velocidad es la determinada por el fabricante, pero un mal uso o conservación puede provocar que bien sea más elevada o más lenta. La combustión de la mecha lenta se ve influenciada en gran medida por la humedad. Si la mecha lenta está mojada, la velocidad de combustión disminuye, y si está extremadamente seca, puede arder a mucha mayor velocidad de la diseñada.

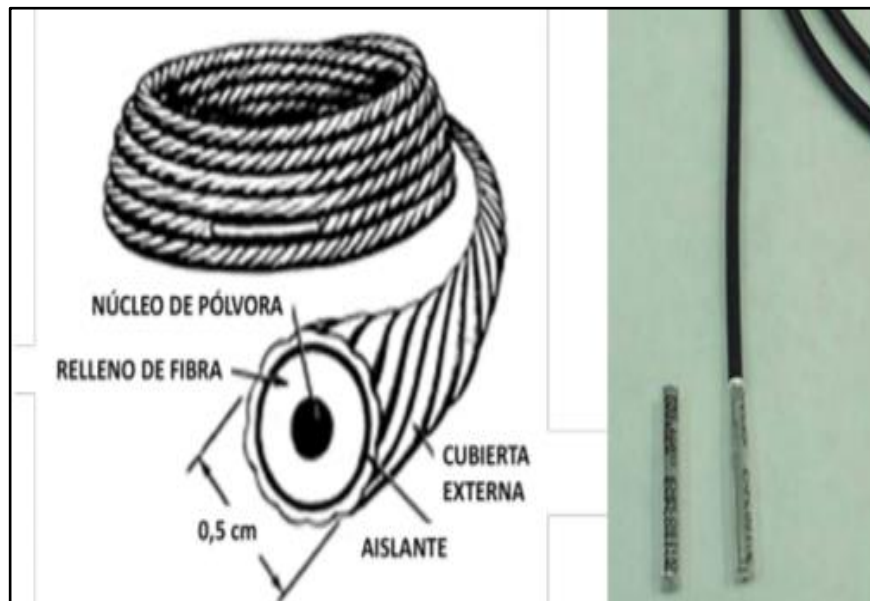


Figura N° 29: Mecha lenta

Fuente: J. Bernaola Alonso - J. Castilla Gómez - J. Herrera Herbert

❖ Factores para la selección de explosivos

La elección del tipo de explosivo forma parte importante del diseño de una voladura y por consiguiente de los resultados a obtener. Hay una serie de factores que son necesarios analizar para una correcta selección, y éstos son:

Precio del explosivo

Es un criterio de selección muy importante. El explosivo más barato es el ANFO, a la vez nos ofrece facilidad de almacenamiento, transporte, manipulación y seguridad. “Desde un punto de vista económico, el mejor explosivo no es el más barato sino aquel con el que se consigue el menor costo de voladura”.

Diametro de carga

El diámetro dependerá tanto de las dimensiones y características del equipo de perforación disponible, además tiene influencia directa sobre el rendimiento del explosivo.

Características de la roca

Las propiedades geomecánicas del macizo rocoso a volar conforman el grupo de variables más importantes y la hemos clasificado en 4 tipos que son:

- Rocas masivas resistentes
- Rocas muy fisuradas
- Rocas conformadas en bloques
- Rocas porosas.

Volumen de la roca a volar

Los volúmenes de excavación y ritmos de trabajo marcan los consumos de explosivos, en las obras grandes se aconseja su utilización a granel, ya que posibilitan la carga mecanizada desde las unidades de transporte, se reducen los costos de mano de obra y se aprovecha mejor el volumen de roca perforado.

Condiciones de seguridad

Las bajas temperaturas influyen en los explosivos que contienen Nitroglicerina, ya que tienden a congelarse a temperaturas inferiores a 8°C. Para resolver este problema se utilizan sustancias como el Nitroglicol que hacen que el punto de congelación pase a -20°C.

Presencia de agua

Los explosivos gelatinosos tienen alta sensibilidad, si se emplean tractores de orugas o excavadoras, puede producirse la detonación. Este problema se ha resuelto con el empleo de los hidrogeles y emulsiones que son insensibles a los golpes, fricciones y estímulos subsónicos, pero poseen un grado de sensibilidad para la iniciación.

Atmosferas explosivas

Si el ANFO se encuentra en un ambiente que le aporta una humedad superior al 10% se produce su alteración que impide la detonación de la mezcla explosiva.

Problemas de suministro

Las excavaciones que se realizan con atmósferas potencialmente inflamables con grisú o polvo, pueden dar lugar a catástrofes si se producen explosiones secundarias.

En estos proyectos es preciso efectuar un estudio de la atmósfera y entorno próximo a la voladura para tomar la decisión de utilizar explosivos de seguridad y/o inhibidores en el material de retacado.

❖ Cálculo de explosivos y accesorios

Es la parte activa del taladro de voladura, también denominada “longitud de carga” donde se produce la reacción explosiva y la presión inicial de los gases contra las paredes del taladro. Es importante la distribución de explosivo a lo largo del taladro, según las circunstancias o condiciones de la roca. Usualmente comprende de 1/2 a 2/3 de la longitud total y puede ser continua o segmentada. Así pueden emplearse cargas sólo al fondo, cargas hasta media columna, cargas a columna completa o cargas segmentadas (espaciadas, alternadas o Deck charges) según los requerimientos incluso de cada taladro de una voladura. La columna continua normalmente empleada para rocas frágiles o poco competentes suele ser del mismo tipo de explosivo, mientras que para rocas duras, tenaces y competentes se divide en dos partes: La carga de fondo (CF) y la carga de columna (CC).

a. Carga de fondo (CF)

Es la carga explosiva de mayor densidad y potencia requerida al fondo del taladro para romper la parte más confinada y garantizar la rotura al piso, para, junto con la sobreperforación, mantener la razante, evitando la formación de resaltos o lomos y también limitar la fragmentación gruesa con presencia de bolones. Su longitud es normalmente equivalente a la del burden más la sobreperforación: $B + 0,3 B$; luego:

$$CF = (1,3 \times B)$$

No debe ser menor de $0,6 B$ para que su tope superior esté al menos al nivel del piso del banco. Se expresa en kg/m o lb/pie de explosivo. Los productos usualmente empleados son: ANFO aluminizado, hidrogeles Slurrex, emulsiones sensibilizadas, Examon-V o ANFOs Pesados como SlurrexAP de 30/70 a 60/40,

en razón a que la energía por unidad de longitud en el fondo del taladro debe ser al menos dos veces mayor que la requerida para romper la roca en la parte superior.

Si se toma en consideración la resistencia de la roca y el diámetro de la carga, la longitud de la carga de fondo variará entre 30 Ø para roca fácil a 45 Ø para muy dura. El cebo iniciador o booster debe colocarse en esta parte de la carga, preferentemente al nivel del piso del banco, para su mayor efectividad.

b. Carga de columna (CC)

Se ubica sobre la carga de fondo y puede ser de menos densidad, potencia o concentración ya que el confinamiento de la roca en este sector del taladro es menor, empleándose normalmente ANFO convencional, Examon-P o ANFO Pesado en relaciones de 10/90 a 20/80. La altura de la carga de columna se calcula por la diferencia entre la longitud del taladro y la suma la carga de fondo más el taco.

$$CC = L - (CF + T)$$

Usualmente $CC = 2,3 \times B$.

Años atrás, en los grandes tajos se empleaban cartuchos o mangas de hidrogel (Slurrex 40, Slurrex 60 o Slurrex 80) como carga de fondo cuando se requería reforzar la carga iniciadora en taladros secos o en taladros con presencia de agua, llenándose el resto de la columna con ANFO.

Actualmente, con la posibilidad de poder preparar mezclas de emulsión-ANFO de diferentes proporciones en los camiones mezcladores-cargadores (camiones fábricas), es común carga con ANFO Pesado en relaciones de 10/90 a 60/40, con una longitud de (10/15) Ø al fondo y completar la carga de columna con ANFO normal.

c. Cargas segmentadas o espaciadas

Normalmente se emplean cargas continuas en taladros de pequeña o mediana longitud, pero en taladros largos o en aquellos que se requiera disminuir la energía pero manteniéndola distribuida en toda su longitud, se emplean cargas espaciadas con tacos inertes intermedios y con un iniciador en cada una para garantizar su salida. Estas cargas pueden ser del mismo tipo de explosivo o emplearse uno de mayor densidad o potencia en la primera carga al fondo. Las salidas pueden ser simultáneas o con diferentes tiempos de salida para cada una, mediante retardos en orden ascendente o descendente, según el diseño de la voladura o los efectos que se quieran obtener.

d. Carga específica (CE)

Llamado también consumo específico o factor de carga (Powder factor).

Es la cantidad de explosivo necesaria para fragmentar 1 m³ o yd³ de roca. Se expresa en kg/m o lb/yd.

$$CE = (\text{Total de explosivo utilizado, en kg}) / (\text{Total de m}^3 \text{ rotos cubicados})$$

La carga específica es una excelente unidad referencial para el cálculo de la carga total de un disparo, pero no es el mejor parámetro de por sí, ya que la distribución de este explosivo en la masa de la roca mediante los taladros tiene gran influencia en los efectos de fragmentación y desplazamiento, es decir, en el resultado de la voladura.

Así, a igualdad de carga específica, una voladura efectuada con taladros de pequeño diámetro muy próximos entre sí resultará con mejor fragmentación que si se utilizan taladros de gran diámetro pero más espaciados.

Usualmente se determina con base en la cantidad de explosivo utilizado por m³ de roca volada en varios disparos, incluso diferenciando varios tipos de roca, considerando valores promedio para el cálculo de los disparos subsiguientes.

Otros valores utilizados para estimar la carga requerida para un disparo son: el factor de energía del explosivo en kcal/kg conjugado con las características mecánicas de la roca, como su módulo de resistencia elástica (módulo de Young), resistencia a compresión-tensión, densidad, etc. En voladura, la cantidad de explosivo utilizado deberá ser muy próxima a lo mínimo necesario para desprender la roca. Menos carga significa tener una voladura deficiente y, por el contrario, un exceso de carga significa mayor gasto y mayores riesgos de accidentes, debiéndose tenerse en cuenta que el exceso de carga colocado en el taladro origina una proyección cuya energía es proporcional a dicho exceso por m^3 , estimándose que el centro de gravedad de la masa de la voladura podría desplazarse varios metros hacia adelante por cada $0,1 \text{ kg}/m^3$ de exceso de carga, siendo aún mayor el riesgo de proyección de trozos pequeños a distancias imprevisibles (Flying rock).

e. Estimación de cargas

Volumen a romper por taladro = Malla por altura de taladro

$$V = (B \times E \times H) = m^3 \text{ por taladro}$$

f. Volumen de explosivo

Diámetro de taladro por longitud de la columna explosiva (columna continua) o por la suma de las cargas segmentadas.

$$V_e = (\emptyset \times C_e), \text{ en } m^3$$

g. Factor de carga (FC)

Es la relación entre el peso de explosivo utilizado y el volumen de material roto.

$$FC = (W_e/V)$$

h. Tonelaje roto

El tonelaje roto es igual al volumen del material roto multiplicado por la densidad de dicho material.

$$\text{Tonelaje} = (V \times \rho_r)$$

i. Carga específica para cada taladro en voladuras de varias hileras

Primera fila (burden a la cara libre frontal inicial):

$$C_e = (H - SP) \times E \times (B + T/2) \times FC, \text{ en kg}$$

Para la segunda fila y subsiguientes:

$$C_e = (H - SP) \times E \times B \times FC, \text{ en kg.}$$

Donde:

C_e : carga explosiva, en kg.

H : profundidad de taladro.

SP : sobreperforación.

E : espaciamiento entre taladros.

B : espaciamiento entre el eje de taladro(burden).

T : piso quedado.

FC : factor de carga (por tipo de roca, tendrá que definirse para cada caso en especial)

\emptyset : diámetro del taladro, en pulg.

ρ_e : densidad del explosivo a usar, en g/cm³

BANCO DE VOLADURA – NOMENCLATURA

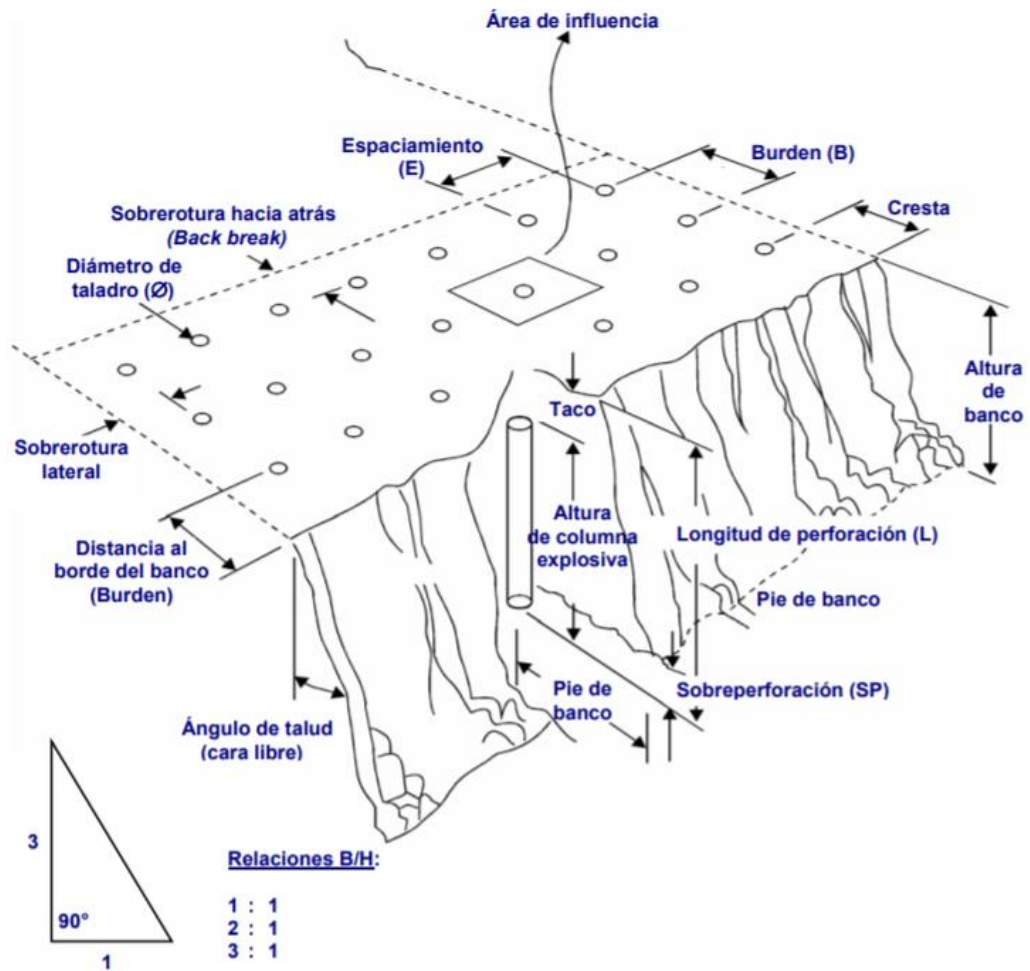


Figura N° 30: Detalle de perforación

Fuente: Manual Práctica de Voladura (Exsa)

2.2.10. Especificaciones técnicas Manual del MTC

Según el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, menciona el movimiento de tierra a nivel de roca fija dentro de la partida excavación para explanaciones, en donde nos dice que el trabajo comprende el conjunto de actividades de excavación y nivelación de las zonas comprendidas dentro del prisma vial donde ha de fundarse la carretera, incluyendo taludes y cunetas; así

como la escarificación, conformación y compactación a nivel de subrasante en zonas de corte. Incluye, además, las excavaciones necesarias para el ensanche o modificación del alineamiento horizontal o vertical de plataformas existentes.

Estos trabajos se clasifican en :

a) Excavación sin clasificar

Se refiere a los trabajos de excavación de cualquier material sin importar su naturaleza. No se admitirá ningún reajuste por clasificación, sea cual fuere la calidad del material encontrado.

b) Excavación clasificada

1. Excavación en roca fija

Comprende la excavación de masas de rocas mediana o fuertemente litificadas que, debido a su cementación y compactación, requieren el empleo sistemático de explosivos. Para iniciar los trabajos de Perforación y Voladuras de rocas se deberá presentar en primer lugar un Procedimiento Ejecutivo con carácter de obligatoriedad para ser aprobado por la supervisión, **en el cual debe establecer los criterios de voladuras, las mallas de perforación; las cargas respectivas, los tipos de explosivos, los equipos a utilizar.** Considerando que se cumpla con los requerimientos ofrecidos en la propuesta técnico económica del Contratista para realizar esta partida de voladura en roca. Este procedimiento deberá estar en concordancia con el Estudio Geológico y Geotécnico que forma parte del Estudio Definitivo.

2. Excavación en roca fracturada (suelta)

Comprende la excavación de masas de rocas fracturada cuyo grado de cementación requiere el uso de maquinaria con accesorios auxiliares (ripers u otros) y explosivos, de ser el caso, explosivos en pequeña magnitud.

Comprende, también, la excavación, remoción y/o fragmentación de bloques con volumen individual mayor de un metro cúbico (1 m³), procedentes de macizos alterados o de masas transportadas por acción natural y que para su fragmentación requieran el uso de explosivos.

3. Excavación en material suelto

Comprende la excavación de materiales no considerados en los numerales (1) y (2) de esta Subsección (excavación en roca fija y fracturada o blanda), cuya remoción sólo requiere el empleo de maquinaria y/o mano de obra. En las excavaciones sin clasificar y clasificadas, se debe tener presente la ubicación de la napa freática (medición y registros) para evitar su contaminación y otros aspectos colaterales.

Equipo:

El Contratista propondrá, para consideración del Supervisor, los equipos más adecuados para las operaciones por realizar, los cuales no deben producir daños innecesarios ni a construcciones ni a cultivos; y garantizarán el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo, que permita el desarrollo de las etapas constructivas siguientes.

Los equipos de excavación deberán disponer de sistemas de silenciadores. Cuando se trabaje cerca a zonas ambientalmente sensibles, tales como colegios, hospitales, mercados y otros que considere el Supervisor, aunado a los especificados en el Estudio de Impacto Ambiental, los trabajos se harán manualmente si es que los niveles de ruido sobrepasan los niveles máximos recomendados.

2.2.11. Costos Unitarios

Es el cociente resultando de dividir el costo de producir todo los bienes entre el número total de unidades producidas o generadas. Por lo tanto, el costo unitario tiene componentes fijos y también variables.

Es de observar que la cuantía de los costos unitarios de producción son necesariamente función del diseño de producción; a menor producción mayor Costo Unitario, a mayor producción menos costo.

Así mismo, es necesario la acción de la administración que cuide la aplicación racional de los materiales, mano de obra y uso de la maquinaria, equipos, accesorios y consumibles de modo de obtener la producción técnicamente aceptable; caso contrario, se eleva el costo unitario de producción, con la consiguiente pérdida económica para la contratista injustificablemente.

Cabe mencionar que a cada volumen de producción le corresponde un costo determinado de producción, técnicamente aceptable, siempre y cuando las diversas operaciones del proceso productivo se lleven a cabo eficientemente, de acuerdo al diseño establecido.

- Costos unitarios de perforación

El costo de perforación está muy relacionado con el impacto del grado de fragmentación de la roca.

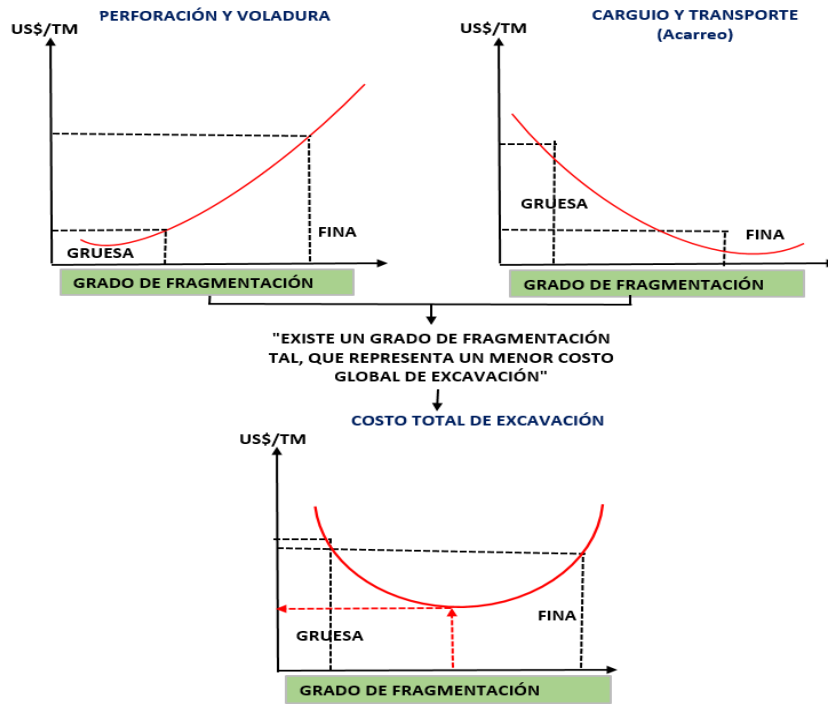


Figura N° 31: Grado de fragmentación de la roca

Fuente: F. Ponce R. 2019

Otras consideraciones para estimar costos de perforación:

- a) Tamaño por voladura
- b) Seguridad
- c) Daños por voladura
- d) Diseño y planificación por obra
- e) Características de pila de escombros
- f) Excitabilidad
- g) Control geológico
- h) Disponibilidad de equipos.

- Costos unitarios de voladura:

Materiales de voladura:

- Explosivos primarios (dinamita, ANFO, emulsión, etc.)
- Accesorios de voladura (iniciador, guía de seguridad, cordón detonante, retardos de superficie, etc.).
- Materiales de protección de voladuras.

Primero se determina el consumo específico (en unid/m³) de cada explosivo y accesorio de voladura, de acuerdo al diseño de voladura calculado previamente.

El costo de cada explosivo o accesorio de voladura (en US\$/m³), se obtiene multiplicando su consumo específico por su respectivo precio unitario (sin I.G.V.).

Según sea el caso, en este rubro se incluye el costo de materiales de protección de voladura, que generalmente es el 20% del costo total de materiales explosivos

2.3. Definición de términos

- Perforación: Según Cámac Torres (2005), Es una operación mecánica que consiste en hacer taladros en mineral o roca con la finalidad que en su interior se pueda depositar carga explosiva, que al detonar sean capaces de arrancar del seno de estas materiales porciones de roca o mineral.
- Voladura: Según Exsa (2006), Es la acción de fracturar un trozo de roca o mineral mediante el empleo de explosivos
- Malla de perforación: Según López Jimeno, C.; López Jimeno, E. y García, (2003), Es la forma en la que se distribuyen los taladros de una voladura, considerando básicamente a la relación con la distancia a la cara libre, espaciamiento y su dirección con la profundidad de taladros.
- Modelo geológico y geotécnico: El Modelo Geológico-Geotécnico, permite al Ingeniero comprender mejor las condiciones reinantes en un determinado lugar, además de identificar los principales problemas geotécnicos y hacer más realista la estimación de propiedades del suelo.
- Explosivos: Según Exsa (2006), son productos químicos que encierran un enorme potencial de energía, que bajo la acción de un fulminante u otro estímulo externo reaccionan instantáneamente con gran violencia. Se fabrican con diferentes potencias, dimensiones y resistencia al agua, según se requiera.
- Rendimiento: En un contexto empresarial, el concepto de rendimiento hace referencia al resultado anhelado efectivamente obtenido por cada unidad que realiza la actividad, donde el término unidad puede referirse a un individuo, un equipo, un departamento o una sección de una organización. (López Jimeno, 2003).

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis principal

Considerar la perforación y voladura en las partidas de movimiento de tierras a nivel de roca fija para carreteras, influye de manera significativa al momento de elaborar el análisis de costos unitarios.

3.1.2 Hipótesis secundaria

- a) Considerar y proponer la malla de perforación en los estudios de geología y geotecnia en los expedientes de carreteras influye significativamente en análisis de costos unitarios.
- b) Considerar la técnica de voladura en los expedientes técnicos de carreteras influye significativamente en el análisis de costos unitarios
- c) Las especificaciones técnicas de los expedientes técnicos en carreteras toman en consideración la malla de perforación y la técnica de voladura para la elaboración de los costos unitarios

3.2 Variables

3.2.1 Definición conceptual de variables

- Perforación: Operación mecánica que consiste en hacer taladros en mineral o roca.
- Voladura: Acción de fracturar un trozo de roca o mineral mediante el empleo de explosivos.
- Costos Unitarios: Sumatoria de la multiplicación de la incidencia de cada insumo por sus precios unitarios (suma de costo unitario de la mano de obra con el costo de materiales y equipos)

3.2.2 Operacionalización de variables

Variable Independiente.

- Perforación
- Voladura

Variable interviniente

- Especificaciones Técnicas

Variable Dependiente.

- Costos unitarios

En el siguiente cuadro expondremos de forma más clara la operacionalización de nuestras variables para así poder identificar de manera más ordenada variable independiente, dependiente, interviniente y los indicadores.

Tabla N° 8: Operacionalización de variables

Variables de Estudio	Definición conceptual	Indicador	Definición de indicador
Variables Independientes			
Perforacion	Operación mecánica que consiste en hacer taladros en mineral o roca	-Malla -Geología y geotecnia	- Es la forma en la que se distribuyen los taladros de una voladura. -Propiedades del material rocoso
Voladura	Es la acción de fracturar un trozo de roca o mineral mediante el empleo de explosivos.	Explosivos	Son productos químicos que encierran un enorme potencial de energía
Variable Interviniente			
Especificaciones técnicas	Documentos en los cuales se definen las normas, exigencias y procedimientos a ser empleados en los trabajos de construcción		
Variable dependiente			
Costos unitarios	Sumatoria de la multiplicación de la incidencia de cada insumo por sus precios unitarios	Dinero	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

4.1 Tipo y nivel

Sampieri (2014) en su libro *Metodología de la Investigación* nos dice que una investigación se presenta dos enfoques, el cuantitativo y el cualitativo. El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica con el fin de probar teorías y establecer un modelo de comportamiento; el enfoque cualitativo utiliza la recolección de datos para revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación. Por lo tanto, para nuestro caso esta investigación tendrá un enfoque mixto, ya que por un lado tenemos datos cuantitativos que son los costos y por otros datos cualitativos que son tipos de explosivos y diseños de perforación.

Además, la investigación es de tipo descriptivo, explicativo y correlacional. Esto porque se va a describir las variables de estudio, costos, perforación y voladura; explicativo porque se va a establecer las causas del problema de investigación; y finalmente es correlacional, ya que se busca determinar cuál es la relación entre nuestras variables (perforación, voladura y costos unitarios)

4.2 Población de estudio.

En nuestra investigación la población de estudio está determinada por todas las actividades de perforación, voladura en carreteras de la costa y la sierra del Perú.

4.3 Diseño muestral

Nuestra muestra serán todos los expedientes técnicos que hemos podido conseguir de los departamentos de Lima, Apurímac, Cajamarca, Ayacucho, Arequipa, Ancash y Junín.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos

Se recopilará los expedientes técnicos que incluyan trabajos de perforación de voladura para carreteras, en particular los análisis de costos unitarios y especificaciones técnicas, de la página del MTC.

4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Se revisará los expedientes técnicos obtenidos, para luego separar en primer lugar el capítulo de diseño de voladura, luego el capítulo de geotécnica, el capítulo de costos unitarios en voladura y las especificaciones técnicas.

4.4.3 Procedimiento para la recolección de datos

Una vez clasificados los datos que nos interesan de los expedientes técnicos, se procederá a contrastar esta información con la teoría y determinar si estos expedientes utilizan la teoría para formular sus análisis de costos unitarios para estas partidas.

CAPITULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Diagnóstico y situación actual

Luego de la revisión de todos los expedientes con los que se contaba y que además incluían las actividades de perforación y voladura, se pudo determinar que todos estos expedientes cuentan con: un estudio de Geología y Geotecnia en el que detallan las unidades estratigráficas de cada proyecto así como las propiedades del macizo rocoso que se va a trabajar; especificaciones técnicas que detallan claramente como deben realizarse y los criterios a tomar en cuenta para las actividades de perforación y voladura; un análisis de costos unitarios en el que se muestra la cantidad y el precio para los materiales comprendidos en la partida de perforación; sin embargo, hemos podido observar que todo esto no se ve reflejado en algún documento técnico dentro del expediente, lo que nos lleva a pensar que los análisis de costos unitarios para estas actividades de perforación, en los proyectos de carreteras, son desarrollados de manera teórica.

5.2 Desarrollo de la investigación

A continuación, se presentará la revisión que se hizo a los 15 expedientes técnicos. Esta revisión se realizó en base a los siguientes componentes:

- Geología y Geotecnia, aquí buscaremos unidades litoestratigráficas, así como propiedades del macizo rocoso, para a partir de esta información los expedientes técnicos cuentan con alguna propuesta de la malla de perforación.
- Técnica de voladura, de la misma forma, ver si a partir de las características del macizo rocoso los expedientes técnicos cuentan con algún cálculo para determinar la cantidad y el tipo de explosivo.
- Especificaciones Técnicas, determinar si en este documento existen normas, exigencias o procedimientos para las actividades de perforación y voladura en roca fija.

- Costos Unitarios, determinar si la mano de obra, los materiales y los equipos a utilizar son considerados adecuadamente para la partida de perforación y voladura

- Expediente Técnico N°1:

Proyecto: Mantenimiento de la carretera – San Marcos – Cajabamba – Sausacocha, del departamento de Cajamarca.

El tramo del proyecto tiene una longitud aproximada de 58 km, dentro del diagrama del MTC, está reconocida como ruta nacional PE-03N.

Luego de la revisión del expediente técnico se pudo verificar que las actividades de perforación y voladura si se contemplaron para este proyecto, esto dado que, en el presupuesto, en el análisis de costos unitarios y en el resumen de metrados, se encuentran perfectamente señaladas.

S10 Página 1

207

Presupuesto

Presupuesto 0201023 ESTUDIO DEFINITIVO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA SAN MARCOS - CAJABAMBA - SAUSOCOCHA, TRAMO: SAN MARCOS - CAJABAMBA 207

Subpresupuesto 001 ESTUDIO DEFINITIVO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA SAN MARCOS - CAJABAMBA - SAUSOCOCHA, TRAMO: SAN MARCOS - CAJABAMBA

Cliente MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES Costo al 30/06/2012

Organizar CAJAMARCA - SAN MARCOS - SAN MARCOS

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
100	OBRAS PRELIMINARES				4,584,807.22
101.A	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	gb	1.00	2,479,877.18	2,479,877.18
102.A	TRAZO Y REPLANTEO	km	58.77	1,426.55	83,838.34
103.A	MANTENIMIENTO DE TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL	mes	24.00	48,500.22	1,164,005.28
107.A	ACCESOS A CANTERAS, DME, PLANTAS Y FUENTE DE AGUA	km	21.69	39,515.28	857,086.42
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS				22,201,325.01
201.B	DESBROCE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS	ha	47.02	3,614.06	169,933.10
202.B	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS	m3	7,185.65	114.09	819,810.81
202.F	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS, SARDINELES Y VEREDAS DE CONCRETO	m3	1,408.64	71.10	100,154.30
205.A	EXCAVACIÓN EN MATERIAL SUELTO	m3	893,912.48	4.29	3,834,884.54
205.B	EXCAVACIÓN EN ROCA SUELTA	m3	362,616.61	15.02	5,445,499.98
205.C	EXCAVACIÓN EN ROCA FIJA	m3	12,262.82	28.57	350,348.77
205.E	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE CORTE	m2	642,373.62	2.92	1,297,694.71
206.A	REMOCIÓN DE DERRUMBES	m3	1,055.50	8.89	9,383.40

Figura N° 32: Presupuesto expediente técnico N°1

Fuente: Provias Nacional

- Geología y Geotecnia:

En el área sobre la cual se desarrolla la carretera San Marcos – Cajabamba, afloran las siguientes unidades estratigráficas:

Tabla N° 9: Clasificación geológica Expediente Técnico 1

MEZOSOICO	
Formación Chicama (Js-chic)	Constituida por rocas sedimentarias compuesta por lutitas negras laminares, deleznales, con delgadas intercalaciones de areniscas grises, presentan nódulos negros, piritosos.
Formación Chimu (Ki-chim)	Constituida por una alternancia de areniscas, cuarcitas y lutitas en la parte inferior y una gruesa secuencia de cuarcitas blancas, en bancos gruesos, en la parte superior.
Formación Santa (Ki-sa)	Formada por una intercalación de lutitas y calizas margosas y areniscas frías oscuras, con una potencia que oscila entre los 100 y 150 m.
Formación Carhuaz (Ki-ca)	Alternancia de areniscas y lutitas grises, la primera con matiz rojizo, violeta y verdoso. Hacia la parte superior contiene bancos de cuarcitas blancas que se intercalan con lutitas y areniscas.
Formación Farrat (Ki-f)	Consiste de cuarcitas y areniscas blancas de grano medio grueso. Conforman escarpas y altas cumbres agudas y largas.
Formación Inca (Ki-in)	Secuencias de rocas formadas por areniscas calcáreas intercaladas con lutitas ferruginosas y lechos de cuarcitas.
Formación Pariatambo (Ks-pa)	Secuencia alterna de lutitas, capas delgadas de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos silíceos y dolomíticos.
Formación Yumagual (Ks-pa)	Secuencia de margas calizas gris parduzcas en bancos más o menos uniformes, destacando un miembro medio lutáceo margoso.
CENOZOICO	
Formación cajabamba (Ts-cj)	Secuencia de lutitas, lodositas y areniscas finas de color blanco amarillento.
Formación condebamba (Ts-co)	En la base consiste de intercalaciones de areniscas gruesas, arcillas rojizas y conglomerado fino. Hacia arriba está formado por un conglomerado grueso con elementos redondeados y subredondeados, mayormente de cuarcitas en matriz arenosa.
Depósitos cuaternarios (Q-r)	Depósitos coluviales y depósitos fluvio aluviales

Fuente: Provias Nacional

No se encontró ninguna propuesta de la malla de perforación.

- Técnica de Voladura:

De la revisión, en el análisis de costos unitarios se puede observar que, para la subpartida de Perforación y Disparo, se contempla dentro de materiales el fulminante #8 y la dinamita; sin embargo, en el expediente no se encuentra ningún tipo de análisis que relacione el uso de la dinamita con los estudios de geología y geotecnia; por lo tanto, este expediente no cuenta con técnicas de voladura.

- Especificaciones Técnicas:

Las especificaciones técnicas correspondiente a la partida de roca fija en el Expediente N°1 se encuentran dentro del componente denominado Excavación Clasificada para Explanaciones. A continuación, se presentará un resumen de lo que se menciona en este documento con respecto a movimiento de tierras a nivel de roca fija.

Generalidades:

Este trabajo consiste en el conjunto de las actividades de excavar, remover, cargar, transportar hasta el límite de acarreo libre y colocar en los sitios de desecho, los materiales provenientes de los cortes requeridos para la explanación.

Roca fija:

Se clasifica como roca fija a todo tipo de macizo rocoso conformado por afloramientos de rocas de origen intrusivo, volcánica, sedimentario y/o metamórfico que requieren el empleo sistemático de explosivos.

Una de las condiciones para realizar los trabajos de Perforación y Volabilidad (Voladura) de los macizos rocosos es el uso adecuado de un sistema de perforación y voladuras, esto quiere decir que el contratista deberá considerar las propiedades de las rocas que se lo proporcionan en el Estudio Geológico Geotécnico.

Para iniciar con los trabajos se deberá presentar en primer lugar un Procedimiento Ejecutivo, el cual debe establecer los criterios de perforación y voladura, como lo son como mínimo: mallas de perforación, los factores de carga y factores de potencia de los explosivos, los equipos a utilizar.

Método de Medición:

El método de medición será el metro cúbico (m3) de material medido en su posición original y computada por el método de áreas medidas. Todas las excavaciones para explanaciones serán medidas por volumen ejecutado.

Pago:

El trabajo de excavación medido de la forma antes descrita se pagará a precio unitario del contrato de las partidas, Excavación de material suelto, Excavación de Roca suelta y Excavación de Roca fija, por toda obra ejecutada de acuerdo con las presentes especificaciones.

- Costos Unitarios

Al igual que en las especificaciones técnicas, se revisó el análisis de costos unitarios del expediente técnico y a continuación se presentará un fragmento de dicho análisis correspondiente al movimiento de tierras a nivel de roca fija.

Partida	205.C	EXCAVACIÓN EN ROCA FIJA					
Rendimiento	m3/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : m3			28.57
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Subpartidas						
9103011006	5	EXCAVACION Y DESQUINCHE EN ROCA FIJA	m3		1.0000	8.75	8.75
9103041101	8	PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA	m3		1.0000	19.82	19.82
							28.57

Figura N° 33: Partida de excavación en roca fija expediente N°1

Fuente: Provias Nacional

Análisis de precios unitarios de subpartidas							
Presupuesto	0201023	ESTUDIO DEFINITIVO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA SAN MARCOS - CAJABAMBA - SAUSOCOCHA, TRAMO: SAN MARCOS - CAJABAMBA					
asupuesto	002	ESTUDIO DEFINITIVO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA SAN MARCOS - CAJABAMBA - SAUSOCOCHA, TRAMO: SAN MARCOS - CAJABAMBA				Fecha presupuesto	30/06/2012
<hr/>							
Partida	(910301100615-0201023-01) EXCAVACION Y DESQUINCHE EN ROCA FIJA						
Rendimiento	m3/DIA	MO.385.00	EQ.385.00	Costo unitario directo por : m3			8.75
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra							
0147010031	CAPATAZ "A"		hh	0.2000	0.0042	20.40	0.09
0147010004	PEON		hh	6.0000	0.1247	12.15	1.52
							1.61
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	1.61	0.08
910312020125	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP		hm	1.0000	0.0208	339.63	7.06
							7.14

Partida	(910304110118-0201023-01) PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA						
Rendimiento	m3/DIA	MO.320.00	EQ.320.00	Costo unitario directo por : m3			19.82
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra							
0147010031	CAPATAZ "A"		hh	0.5000	0.0125	20.40	0.26
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.0250	15.69	0.39
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.0500	12.15	0.51
0147010003	OFICIAL		hh	4.0000	0.1000	13.46	1.35
							2.61
Materiales							
0227000008	MECHA O GUIA BLANCA		m		1.0000	0.88	0.88
0227020015	FULMINANTE # 8		oza		1.0000	0.95	0.95
0230990123	GRASA		%MT		10.0000	11.31	1.13
0228000023	DINAMITA AL 65%		kg		0.2400	8.94	2.15
0230020096	BARRENO 5' X 39 mm		u		0.0219	334.73	7.33
							12.44
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	2.61	0.13
910312020131	MARTILLO NEUMATICO DE 25-29 kg (***)		hm	4.0000	0.1000	3.89	0.39
910312020111	COMPRESORA NEUMATICA 196 HP 800-890 PCM		hm	1.0000	0.0250	169.87	4.25
							4.77

Figura N° 34: Subpartida de perforación y disparo expediente N°1

Fuente: Provias Nacional

Podemos observar que los materiales que comprende esta sub partida cuentan con una cantidad y un precio, sin embargo, de acuerdo a la teoría estos ameritan tener un sustento técnico; por ejemplo, el caso de la dinamita al 65% es mencionada de manera muy genérica y la cantidad de 0.24 no tiene algún sustento dentro del expediente.

No obstante, los análisis de costos unitarios si consideran materiales para las actividades de perforación y voladura.

- Expediente Técnico N°2

Proyecto: Rehabilitación y mejoramiento de la carretera imperial – Mayocc – Ayacucho, Tramo Mayocc - Huanta El tramo del proyecto tiene una longitud aproximada de 27.95 km. Forma parte de la carretera longitudinal de la sierra PE-3S.

Luego de la revisión del expediente técnico se pudo verificar que las actividades de perforación y voladura si se contemplaron para este proyecto, esto dado que, en el presupuesto, en el análisis de costos unitarios y en el resumen de metrados, se encuentran perfectamente señaladas.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
100	OBRAS PRELIMINARES				1,911,930.09
101.A	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	GLB	1.00	805,138.35	805,138.35
102.A	TRAZO Y REPLANTEO	KM	27.31	2,286.83	61,834.03
103.A	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL	mes	14.00	71,757.70	1,004,607.80
107.A	ACCESO A CANTERAS, BOTADEROS Y FUENTES DE AGUA	KM	2.90	16,396.62	47,549.91
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS				6,453,437.76
201.A	DESBRUCE Y LIMPIEZA EN ZONAS BOSCOSAS	HA	5.89	7,002.33	40,355.35
201.B	DESBRUCE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS	HA	1.05	4,009.66	4,210.64
205.B1	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN ROCA SUELTA	m3	39,517.20	13.77	544,151.84
205.B2	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN ROCA FIJA	m3	13,677.99	29.30	397,284.17
205.C	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN MATERIAL COMUN	m3	634,458.02	3.68	2,322,116.35

Figura N° 35: Presupuesto expediente técnico N°2

Fuente: Provias Nacional

- Geología y Geotecnia:

El tramo en el cual se desarrolló este proyecto se encuentra emplazado casi en su totalidad en la depresión de Huanta a lo largo de la cuenca del Valle del Río Mantaro, el tramo atraviesa sectores conformados por depósitos coluviales, terrazas aluvionales, fluviales y formaciones rocosas de origen volcánico detríticas que forman parte de la Formación Huanta.

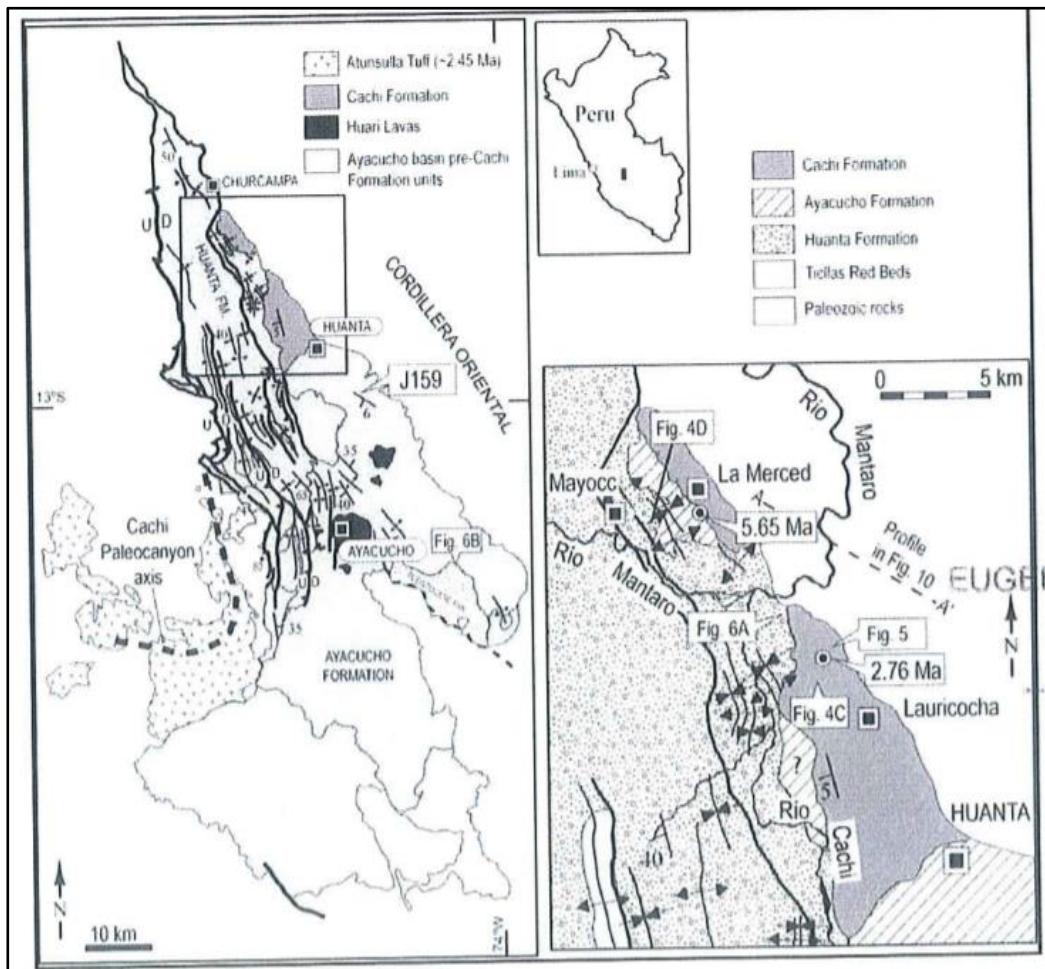


Figura N° 36: Mapa geológico expediente técnico N°2

Fuente: Provias Nacional

Además, en el componente de Geología y Geotecnia del expediente técnico se encontró un ítem llamado Clasificación de materiales en el que dice lo siguiente: Para determinar el volumen de material a remover durante las excavaciones, de acuerdo al diseño de la carretera y los taludes de corte que tengan que considerarse de acuerdo al tipo de litología que se tiene a lo largo del trazo de la carretera, son clasificados de acuerdo a sus características geomecánicas y correlacionarlos con el grado de movimiento o arranque del material in situ, ya sea esta con el uso de explosivos o de maquinaria convencional.

Finalmente, luego de concluir la revisión de los estudios de Geología y Geotecnia, verificamos que a pesar de hacer mención a las actividades de perforación que se van a realizar, no cuentan con una propuesta para la malla o en su defecto algún sustento técnico relacionando las características de la roca con el modo de efectuar la perforación.

- Técnica de Voladura:

Para el expediente N° 2 también en el análisis de costos unitarios se puede observar que, para la subpartida de Perforación y Disparo, se contempla dentro de materiales el fulminante #8 y dinamita; sin embargo, en el expediente no se encuentra ningún tipo de análisis que relacione el uso de la dinamita con los estudios de geología y geotecnia.

- Especificaciones Técnicas:

Las especificaciones técnicas correspondiente a la partida de roca fija en el Expediente N°2 se encuentran en el componente denominado Excavación en Explanaciones en Roca Fija dentro del capítulo de Movimiento de Tierras. A continuación, se presentará un resumen de lo que se menciona en este documento.

Excavación en Roca Fija: son las masas de rocas mediana o fuertemente litificadas que, debido a su cementación y consolidación requieren el empleo sistemático de explosivos.

Requerimiento de construcción: para las excavaciones en roca los procedimientos, tipos, cantidad de explosivos y equipos que el Contratista proponga utilizar, deberán estar aprobados previamente por el Supervisor; así como la secuencia y disposición de las voladuras, las cuales se deberán proyectar en tal forma que sea mínimo su efecto fuera de los taludes proyectados.

En los casos que se tenga que realizar la excavación de roca fija de los taludes definidos por el estudio, esta debe estar considerado dentro del sistema adecuado de perforación y voladura presentados por el Contratista en el Procedimiento Ejecutivo para la realización de este tipo de trabajo.

Medición:

La unidad de medida será el metro cúbico (m³) de material excavado en su posición original y aceptado por el Supervisor. Para tal efecto se calcularán los volúmenes usando el método promedio de las áreas extremas en estaciones de 20 metros o las que se requieran según la confirmación del terreno.

Pago:

El trabajo de excavación se pagará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo al proyecto o instrucciones del Supervisor, para la respectiva clase de excavación ejecutada satisfactoriamente y aceptada por éste, constituyendo dicho precio y pago, compensación total por mano de obra, materiales necesarios, equipos, herramientas y cualquier actividad e imprevisto, para completar la correcta ejecución de la partida.

- Costos Unitarios:

Al igual que en las especificaciones técnicas, se revisó el análisis de costos unitarios del expediente técnico y a continuación se presentará un fragmento de dicho análisis correspondiente al movimiento de tierras a nivel de roca fija.

Subpartidas							
909701020700	REMOCION DE TOCONES		und		1.0000	469.40	469.40
469.40							
Partida	205.B1	(909701020166-0499003-01) EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN ROCA SUELTA					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000		Costo unitario directo por : m3		13.77
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Subpartidas							
909701022305	EXCAVACION Y DESQUINCHE EN ROCA SUELTA		m3		1.0000	5.52	5.52
930101910302	PERFORACION Y DISPARO EN ROCA SUELTA		m3		1.0000	8.25	8.25
13.77							
Partida	205.B2	(909701020167-0499003-01) EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN ROCA FIJA					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000		Costo unitario directo por : m3		25.39
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Subpartidas							
930101910402	PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA		m3		1.0000	18.00	18.00
930101910404	EXCAVACION Y DESQUINCHE EN ROCA FIJA		m3		1.0000	7.39	7.39
25.39							

Artículo							
		(930101910404-0499003-01) EXCAVACION Y DESQUINCHE EN ROCA FIJA					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 400.0000	EQ. 400.0000		Costo unitario directo por : m3		7.39
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ		hh	0.2000	0.0040	20.40	0.08
0147010004	PEON		hh	6.0000	0.1200	12.15	1.46
1.54							
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.54	0.05
930101973701	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP		hm		0.0200	289.79	5.80
5.85							

Análisis de precios unitarios								
Presupuesto	0499003	ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA IMPERIAL - MAYOCC - AYACUCHO, TRAMO: MAYOCC - HUANTA..						
Subpresupuesto	001	TRAMO MAYOCC - HUANTA (ALT 1)					Fecha	31/07/2012
Partida		(930101910402-0499003-01) PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 320.0000	EQ. 320.0000		Costo unitario directo por : m3		18.00	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra								
0147010001	CAPATAZ		hh	0.5000	0.0125	20.40	0.26	
0147010003	OFICIAL		hh	5.0000	0.1250	13.46	1.68	
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.0500	12.15	0.61	
2.55								
Materiales								
0227000007	GUIA		m		1.0000	1.17	1.17	
0227020011	FULMINANTE		und		1.0000	1.42	1.42	
0228030022	DINAMITA		kg		0.2500	10.08	2.52	
0230080010	BARRENO 5' X 1/8"		und		0.0170	334.52	5.69	
10.80								
Equipos								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	2.55	0.08	
930101971001	COMPRESORA NEUMATICA 195 HP 500-690 PCM		hm		0.0250	167.72	4.19	
930101972201	MARTILLO NEUMATICO 25-29 KG		hm		0.1000	3.82	0.38	

Figura N° 37: Partida y subpartidas de excavación en roca fija del expediente N°2

Fuente: Provias Nacional

Podemos observar que, al igual que en el expediente anterior, los materiales que comprenden a esta sub partida cuentan con una cantidad y un precio, sin embargo, de acuerdo a la teoría estos ameritan tener un sustento técnico; por ejemplo, el caso de la dinamita al es mencionada de manera muy genérica y la cantidad de 0.25 no tiene algún sustento dentro del expediente.

No obstante, los análisis de costos unitarios si consideran materiales para las actividades de perforación y voladura.

- Expediente Técnico N° 3

Proyecto: Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Huaura – Sayan – Puente Tingo en el departamento de Lima. El tramo del proyecto tiene una longitud aproximada de 99.28 km. Forma parte de la Red Vial Nacional PE-18

Luego de la revisión del expediente técnico se pudo verificar que las actividades de perforación y voladura si se contemplaron para este proyecto, esto dado que, en el presupuesto, en el análisis de costos unitarios y en el resumen de metrados, se encuentran perfectamente señaladas.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
100	OBRAS PROVISIONALES				8,574,004.12
101.A	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	gib	1.00	1,477,837.42	1,477,837.42
102.A	TRAZO Y REPLANTEO	km	99.28	1,636.24	162,445.91
103.A	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL	mes	24.00	162,645.30	3,903,487.20
107.A	ACCESO A CANTERAS, DME, PLANTAS DE PROCESO Y FUENTES DE AGUA	km	25.62	110,817.08	2,839,133.59
108	DERECHO DE EXTRACCION DE CANTERA HUACAN	m3	382,200.00	0.50	191,100.00
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS				22,722,138.40
201.B	DESBROCE Y LIMPIEZA ARBUSTOS	ha	3.32	1,822.70	6,051.36
202.B	DEMOLICION DE ESTRUCTURAS	m3	4,809.50	60.13	289,195.24
204.A	FUNDACION DE TERRAPLEN ZONAS DE AMPLIACIONES	m3	124,307.80	15.62	1,941,687.84
205.B	EXCAVACION EN ROCA FUA	m3	250,385.40	29.08	7,281,207.43
205.C	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	584,634.79	3.14	1,835,753.24
205.E	EXCAVACION EN ROCA SUELTA	m3	25,763.59	18.85	480,490.95
205.F	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE CORTE	m2	158,580.05	1.48	234,698.47
206.A	REMOCION DE DERRUMBES	m3	8,036.93	4.35	34,960.65

Figura N° 38: Presupuesto expediente técnico N°3

Fuente: Provias Nacional

- Geología y Geotecnia

Según el expediente técnico el área del proyecto cuenta con las siguientes unidades estratigráficas:

Tabla N° 10: Clasificación Geológica del expediente 3

CRETACEO INFERIOR	
Formación Chimú (Ki-chim)	Litológicamente está constituida por Ortocuarzitas de grano medio, siendo una roca dura y muy resistente a la meteorización, con presencia de lutitas y pequeñas capas de caliza.
Formación Santa (Ki-sa)	Constituida por estratos de calizas gris azuladas finamente estratificadas, con algunas capas de calizas arcillosas, ocasionales nódulos de Cher aplanados y abundantes fragmentes de conchas.
Formación Carhuaz (Ki-ca)	Alternancia de areniscas y lutitas grises, la primera con matiz rojizo, violeta y verdoso. Hacia la parte superior contiene bancos de cuarcitas blancas que se intercalan con lutitas y areniscas.
CRETACEO SUPERIOR	
Volcánico Calipuy (Kti-vca)	Esta roca volcánica se presenta fracturada y con Pseudo estratificación, de acuerdo a la clasificación geomecánica de Bieniawski 1989, pertenece a un tipo de roca II.

Fuente: Expediente Técnico 3

También se menciona una clasificación geomecánica de las rocas RMR (Rock Mass Rating) en la que consideran 5 parámetros básicos:

- Resistencia de Roca Intacta
- Designación de la calidad de la Roca (RQD)
- Espaciamiento de discontinuidades
- Estado de las discontinuidades
- Condiciones de Agua Subterráneo

El estudio geológico del Expediente Técnico N° 3 muestra que se realizó un adecuado estudio de las propiedades del macizo rocoso; sin embargo, no se encontró ninguna propuesta o algún tipo de cálculo para la malla de perforación.

- Técnica de Voladura:

En este expediente de igual manera, en el análisis de costos unitarios se puede observar que, para la subpartida de Perforación y Disparo, se contempla dentro de materiales el fulminante #8 y la dinamita; sin embargo, en el expediente no se encuentra ningún tipo de análisis que relacione el uso de la dinamita con los estudios de geología y geotecnia.

- Especificaciones Técnicas:

Las especificaciones técnicas correspondiente a la partida de roca fija en el Expediente N°3 se encuentran en el componente denominado Excavación para Explanaciones dentro del capítulo de Movimiento de Tierras. A continuación, se presentará un resumen de lo que se menciona en este documento.

Excavación en Roca Fija: comprende excavación de masas de rocas fuertemente litificadas, que debido a s cementación y consolidación, requieren el empleo sistemático de explosivos.

Requerimientos de Construcción: para las excavaciones en roca, los procedimientos, tipos, cantidades de explosivos y equipos que el Contratista proponga utilizar, deberán estar aprobados previamente por el Supervisor.

Pago:

El trabajo de excavación se pagará al precio unitario del contrato de las partidas “EXCAVACIÓN EN MATERIAL SUELTO”, “EXCAVACIÓN EN ROCA SUELTA Y FIJA” por toda obra ejecutada de acuerdo con las presentes especificaciones técnicas o las instrucciones del Supervisor, para la respectiva clase de excavación ejecutada satisfactoriamente y aceptada por éste.

- Costos Unitarios:

Al igual que en las especificaciones técnicas, se revisó el análisis de costos unitarios del expediente técnico y a continuación se presentará un fragmento de dicho análisis correspondiente al movimiento de tierras a nivel de roca fija.

Partida	205.B	EXCAVACION EN ROCA FIJA			Costo unitario directo por : m3			29.08
Rendimiento	m3/DIA	MO.	EQ.					
Código	Descripción Recurso	Subpartidas		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
909701020181	PERFORACIÓN Y DISPARO EN ROCA FIJA			m3		1.0000	19.83	19.83
909701020182	APILADO Y DESQUINCHE EN ROCA FIJA			m3		1.0000	9.25	9.25
								29.08
								4.87
Partida	APILADO Y DESQUINCHE EN ROCA FIJA			Costo unitario directo por : m3			9.25	
Rendimiento	m3/DIA	MO. 550.0000	EQ. 550.0000					
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0147010001	CAPATAZ A			hh	0.2000	0.0029	19.18	0.06
0147010004	PEON			hh	5.0000	0.0727	11.58	0.84
								0.90
		Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		5.0000	0.90	0.05
900302010123	TRACTOR SOBRE ORUGA DE 190-240 HP			hm	0.7640	0.0111	339.42	3.77
900302010124	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS - 204 HP			hm	1.0000	0.0145	312.50	4.53
								8.35
Partida	PERFORACIÓN Y DISPARO EN ROCA FIJA			Costo unitario directo por : m3			19.83	
Rendimiento	m3/DIA	MO. 320.0000	EQ. 320.0000					
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0147010001	CAPATAZ A			hh	0.5000	0.0125	19.18	0.24
0147010002	OPERARIO			hh	1.0000	0.0250	14.75	0.37
0147010003	OFICIAL			hh	5.0000	0.1250	12.84	1.61
0147010004	PEON			hh	3.0000	0.0750	11.58	0.87
								3.09
		Materiales						
0201800007	LUBRICANTES, FILTROS, GRASAS			%EQ		20.0000	4.72	0.94
0227000008	MECHA O GUIA RAPIDA			m		1.0000	0.95	0.95
0227020015	FULMINANTE Nº 8			u		0.5000	1.02	0.51
0228000022	DINAMITA			kg		0.2500	11.36	2.84
0230020107	BARRENO DE PERFORACION 1 1/2" X 5' m			pza		0.0170	389.93	6.63
								11.87
		Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		5.0000	3.09	0.15
900302010120	MARTILLO NEUMATICO DE 29 kg			hm	4.0000	0.1000	3.89	0.39
900302010130	COMPRESORA NEUMATICA 196 HP 600-690 PCM			hm	1.0000	0.0250	173.22	4.33
								4.87

Figura N° 39: Partida y subpartidas de excavación en roca fija del expediente N°3

Fuente: Provias Nacional

En este expediente también se observa que, los materiales que comprenden la sub partida de perforación y disparo cuentan con una cantidad y un precio, sin embargo, de acuerdo a la teoría estos ameritan tener un sustento técnico; por ejemplo, el caso de la dinamita al es mencionada de manera muy genérica y la cantidad de 0.25 no tiene algún sustento dentro del expediente.

No obstante, los análisis de costos unitarios si consideran materiales para las actividades de perforación y voladura.

- Expediente Técnico N°4

Proyecto: Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Tocache – Juanjui, Tramo: Juanjui - Campanilla en el departamento de San Martín. El tramo del proyecto tiene una longitud aproximada de 43.3 km. Forma parte de la Ruta Nacional PE-5N.

Luego de la revisión del expediente técnico se pudo verificar que las actividades de perforación y voladura si se contemplaron para este proyecto.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
100	OBRAS PRELIMINARES				4,083,783.74
101.A	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	GLB	1.00	2,745,965.89	2,745,965.89
102.A	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	KM	43.28	3,087.54	133,628.73
103.A	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL	mes	16.00	75,261.82	1,204,189.12
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS				18,974,128.92
201.A	DESBROCE Y LIMPIEZA EN ZONAS BOSCOSAS	HA	94.04	7,272.26	683,863.33
201.B	DESBROCE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS	HA	13.92	2,953.88	41,118.01
202.B	DEMOLICION DE ESTRUCTURAS	m3	791.72	96.63	76,503.90
202.K	REMOCION DE ALCANTARILLAS METALICAS	m	880.57	35.72	31,453.96
205.B1	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN ROCA SUELO	m3	118,507.62	13.06	1,547,709.52
205.B2	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN ROCA FIJA	m3	131,491.85	25.34	3,332,003.48
205.C	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN MATERIAL COMUN	m3	521,037.72	4.26	2,219,236.31

Figura N° 40: Presupuesto expediente técnico N°4

Fuente: Provias Nacional

- Geología y Geotecnia:

Según el expediente técnico el área del proyecto cuenta con las siguientes unidades estratigráficas:

Tabla N° 11: Clasificación Geológica del Expediente Técnico 4

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS	SIMBOLOGÍA	GRÁFICO	DESCRIPCIÓN
CENOZOICO	Cuarternario	Holoceno	Dep. Fluvial	Q-f		- Gravas sub redondeadas, arenas y limos inconsolidados.
			Dep. Residual	Q-re		- limos y arcillas con presencia de gravas sub angulosas, inconsolidadas.
			Dep. Aluviales	Q-al		- Gravas sub angulosas, arenas y limos inconsolidados, moderadas características geotecnicas.
		Pleistoceno	Formación Juanjui	NQ-j		- Conglomerados polimicticos semiconsolidados, con presencia de barras de arenas lenticulares. Buenas características geotecnicas.
	Neógeno	Plioceno	Formación Iporuro	N-i		- Secuencias de areniscas y areniscas conglomeradas grises claros a pardo claro con intercalaciones de lodolitas.
		Mioceno	Formación Chambira	PN-ch		- Lodolitas abigarradas en estratos medianos, intercaladas con estratos de limoarcillitas y areniscas de grano fino de colores pardo rojizo.
	Paleógeno	Oligoceno	Formación Pozo	P-p		- Limoarcillitas, areniscas limosas y limolitas grises a crema rojizas con buena estratificación en bancos medianos.
		Eoceno Paleoceno	Formación Yahuarango	P-y		- Lodolitas intercaladas con areniscas de grano fino a limolitas, las secuencias se caracterizan por su color purpura.

Fuente: Provias Nacional

Además, en el expediente se tiene un capítulo llamado Geología de Trazo en el que se detalla la clasificación de los materiales que serán excavados, removidos, cargados y removidos hasta su disposición final, estos materiales son producto de los cortes requeridos para la ampliación de la vía. Dentro de esta clasificación encontramos la de roca fija, que al ser una excavación de rocas mediana o fuertemente litificadas y debido a su cementación y consolidación requieren el uso sistemático de explosivos.

Sin embargo, en este expediente tampoco se observó que se contemple algún tipo de diseño o cálculo para las operaciones de perforación y voladura. Por lo tanto, no cuenta con alguna propuesta para la malla de perforación.

- Técnica de Voladura:

En este expediente de igual manera, en el análisis de costos unitarios se puede observar que, para la subpartida de Perforación y Disparo, se contempla dentro de materiales el fulminante #8 y la dinamita; sin embargo, en el expediente no se encuentra ningún tipo de análisis que para determinar el cálculo y tipo de explosivo; por lo que este expediente tampoco contempla la técnica de voladura.

- Especificaciones Técnicas:

Las especificaciones técnicas correspondiente a la partida de roca fija en el Expediente N°4 se encuentran en el componente denominado Excavación Clasificada para Explanaciones dentro del capítulo de Movimiento de Tierras. A continuación, se presentará un resumen de lo que se menciona en este documento.

Roca Fija: para iniciar los trabajos de Perforación y Voladura de rocas se deberá presentar en primer lugar un PROCEDIMIENTO EJECUTIVO con carácter de obligatoriedad para ser aprobado por la supervisión, en el cual debe establecer los criterios de voladuras, las cargas respectivas, los tipos de explosivos, los equipos a utilizar, etc. En el caso que se tenga que realizar excavación de roca fija de los taludes definidos por el estudio, se debe considerar banquetas que se deben realizar mediante el sistema de arriba hacia abajo, por ningún motivo realizar perforaciones solamente en la base del afloramiento rocoso y considerar que las cargas explosivas realicen todo el movimiento de rocas de las partes superiores; se debe establecer un sistema de cargas controladas.

Medición

El método de medición será el metro cúbico (m³) de material medido en su posición original y computada por el método de áreas. No se medirán las excavaciones que el

Contratista haya efectuado por error o por conveniencia fuera de las líneas de pago del proyecto o las autorizadas por el Supervisor.

Pago

El trabajo de excavación se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico (m3) de la partida de “corte en roca fija” del contrato, según corresponda, por toda obra ejecutada de acuerdo con el proyecto o las instrucciones del Supervisor.

- Costos Unitarios:

Al igual que en las especificaciones técnicas, se revisó el análisis de costos unitarios del expediente técnico y a continuación se presentará un fragmento de dicho análisis correspondiente al movimiento de tierras a nivel de roca fija.

Análisis de precios unitarios								
Presupuesto	0493006	ESTUDIOS REHABILITACION Y MEJORAMIENTO CARRETERA TOCACHE-JUANJUI: TRAMO JUANJUI-CAMPANILLA						
Subpresupuesto	001	REHABILITACION Y MEJORAMIENTO CARRETERA JUANJUI-CAMPANILLA+PUENTE					Fecha presupuesto	30/09/2011
Partida	202.K	REMOCION DE ALCANTARILLAS METALICAS						
Rendimiento	m/DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m			35.72	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra							
0147010004	PEON		hh	4.0000	1.6000	11.58	18.53	
0147010031	CAPATAZ "A"		hh	0.2000	0.0800	19.18	1.53	
							20.06	
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	20.06	1.00	
							1.00	
	Subpartidas							
930101920191	TRANSP.MAT/BOTADERO		m3		1.1300	12.97	14.66	
							14.66	
Partida	205.B1	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN ROCA SUELTA						
Rendimiento	m3/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : m3			13.06	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Subpartidas							
909701020170	EXCAVACION Y DESQUINCHE EN ROCA SUELTA		m3		1.0000	5.37	5.37	
909701020323	PERFORACION Y DISPARO EN ROCA SUELTA		m3		1.0000	7.69	7.69	
							13.06	
Partida	205.B2	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN ROCA FIJA						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : m3			25.34	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Subpartidas							
909701020168	EXCAVACION Y DESQUINCHE EN ROCA FIJA		m3		1.0000	7.25	7.25	
909701020324	PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA		m3		1.0000	18.09	18.09	
							25.34	
Partida	205.C	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN MATERIAL COMUN						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 530.0000	EQ. 530.0000	Costo unitario directo por : m3			4.25	

Figura N° 41: Partida de excavación en roca fija del expediente técnico N°4

Fuente: Provias Nacional

Parida	(909701020324-0493006-01) PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA						
Rendimiento	m3/DIA	MO.320.00	EQ.320.00	Costo unitario directo por : m3		18.09	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010031	CAPATAZ "A"		hh	0.5000	0.0125	19.18	0.24
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.0500	11.58	0.58
0147010003	OFICIAL		hh	5.0000	0.1250	12.84	1.61
Materiales							
0227020013	FULMINANTE N° 8		und		1.0000	0.72	0.72
0227000007	GUJA O MECHA RAPIDA		m		1.0000	0.79	0.79
0228010004	DINAMITA		kg		0.2500	16.31	4.08
0230020032	BARRENO 1/8" X 5 PIES		und		0.0170	330.18	5.61
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	2.43	0.12
0349060006	MARTILLO NEUMATICO DE 29 Kg.		hm	4.0000	0.1000	4.03	0.40
0349010004	COMPRESORA NEUMATICA 600-690 PCM, 196 HP		hm	1.0000	0.0250	157.46	3.94
							4.46

Figura N° 42: Subpartida de perforación y disparo expediente técnico N°4

Fuente: Provias Nacional

En este expediente también se observa que, los materiales que comprenden la sub partida de perforación y disparo cuentan con una cantidad y un precio, sin embargo, de acuerdo a la teoría estos ameritan tener un sustento técnico; por ejemplo, el caso de la dinamita es mencionada de manera muy genérica y la cantidad de 0.25 no tiene algún sustento dentro del expediente.

No obstante, los análisis de costos unitarios si consideran materiales para las actividades de perforación y voladura.

- Expediente Técnico N°5

Proyecto: Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Yauri – Negromayo - Imata, Tramo: Imata – Ocollo - Negromayo en los departamentos de Arequipa y Cusco. El tramo del proyecto tiene una longitud aproximada de 67.7 km. Forma parte de la Ruta Nacional PE-34J (ramal).

Luego de la revisión del expediente técnico se pudo verificar que las actividades de perforación y voladura si se contemplaron para este proyecto, esto dado que, en el presupuesto, en el análisis de costos unitarios y en el resumen de metrados, se encuentran perfectamente señaladas.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
100	OBRAS PRELIMINARES				3,437,941.71
101.A	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	GLB	1.00	1,798,291.85	1,798,291.85
102.A	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	KM	67.73	1,205.41	81,642.42
103.A	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL	mes	22.00	70,818.52	1,558,007.44
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS				23,223,385.10
201.B	DESBROCE Y LIMPIEZA	HA	73.51	2,797.88	205,672.16
202.K	REMOCION DE ALCANTARILLAS	ml	2,005.89	37.94	76,103.47
205.A	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	162,219.57	5.11	828,942.00
205.B	EXCAVACIÓN EN ROCA SUELTITA	m3	22,151.68	15.46	342,464.97
205.C	EXCAVACIÓN EN ROCA FLUA	m3	30,627.11	27.68	847,758.40
210.A	CONFORMACION DE TERRAPLENES	m3	603,945.45	6.03	3,641,791.06
211.A	PEDRAPLEN	m3	30,637.56	86.73	2,657,195.58
220.A	MEJORAMIENTO DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	15,443.12	10.27	158,600.84
230.A	MATERIAL DE RELLENO SELECCIONADO	m3	603,205.03	23.98	14,464,856.62
300	BASES Y SUB BASES				13,515,614.28
303.A	SUBBASE GRANULAR	m3	178,565.94	38.70	6,910,501.88
305.A	BASE GRANULAR	m3	100,927.70	60.05	6,060,708.39
310	LAVADO DE MATERIAL GRANULAR	m3	60,556.62	8.99	544,404.01
400	PAVIMENTO ASFALTICO				46,468,202.22

Figura N° 43: Presupuesto del expediente técnico N°5

Fuente: Provias Nacional

- Geología y Geotecnia

La geología del lugar se compone de rocas volcánicas del Grupo Tacaza y del Grupo Sillapaca. Además, sedimentos no consolidados del cuaternario, compuesto de materiales de origen morrenico, fluvial y coluvial.

Según el expediente técnico el área del proyecto cuanta con las siguientes unidades estratigráficas:

Tabla N° 12: Clasificación Geológica del Expediente Técnico 5

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES	Símbolo	
CENOZOICA	CUATERNARIO	RECIENTE	Aluvial - Fluviomorrénico	Qr - alfm	
			Dep. Morrénicos	Q-mo	
	TERCIARIO	PLEISTOCENO	Grupo Barroso	Indiviso	TB-a
				Fm. Confital	TB-c
		MIOCENO	Grupo Sillapaca	Fm. Acopata	Ts-a
				Grupo Maure	Indiviso
			Fm. Pichu		Tm-b
			OLIGOCENO	Grupo Tacaza	Indiviso
		PALEOCENO			Intrusiones de Nivel Alto

Fuente: Provias Nacional

Al igual que los expedientes anteriores, este también cuenta con un detallado estudio de las propiedades del macizo rocos, sin embargo, observamos que estos datos no son usados para realizar algún diseño en las actividades de perforación. Por lo que no cuenta con una propuesta para la malla de perforación.

- Técnica de Voladura:

En este expediente de igual manera, en el análisis de costos unitarios se puede observar que, para la subpartida de Perforación y Disparo, se contempla dentro de materiales el fulminante y la dinamita; sin embargo, en el expediente no se encuentra ningún tipo de análisis que relacione el uso de la dinamita con los estudios de geología y geotecnia.

- Especificaciones Técnicas:

Las especificaciones técnicas correspondiente a la partida de roca fija en el Expediente N°10 se encuentran en el componente denominado Excavación Clasificada para Explanaciones dentro del capítulo de Movimiento de Tierras. A continuación, se presentará un resumen de lo que se menciona en este documento.

Roca Fija: comprende excavación del macizo rocoso que, debido a su cementación y consolidación, requieren el empleo sistemático de explosivos. El método de excavación deberá ser Perforación y Voladura, por ningún motivo se debe considerar sistema de plasteos ni otro sistema similar.

Para iniciar los trabajos de Perforación y Voladura de roca se deberá presentar en primer lugar un procedimiento ejecutivo con carácter de obligatoriedad para ser aprobado por la supervisión, en el cual se debe establecer tipos de explosivos, mallas de perforación, cargas respectivas, los tipos de explosivos, equipos a utilizar, etc.

Método de construcción: para las excavaciones en roca, los procedimientos, tipos, cantidades de explosivos y equipos que el Contratista proponga utilizar, deberán estar aprobados previamente por el Supervisor; así como las secuencia y disposición de las voladuras.

Medición

El método de medición será el metro cúbico (m³) de material medido en su posición original y computada por el método de las áreas medidas.

Pago

El trabajo de excavación se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico (m³) de la partida de “corte en roca fija” del contrato, según corresponda por obra ejecutada de acuerdo con el proyecto o las instrucciones del supervisor, ejecutada satisfactoriamente y aceptada por éste, entendiéndose que dicho pago constituirá compensación total por los trabajos prescritos para la partida y cubrirá los costos de materiales, mano de obra, herramientas, equipos pesados, trabajos de transporte, explosivos e imprevistos necesarios para contemplar la ejecución de la partida.

- Costos Unitarios:

Al igual que en las especificaciones técnicas, se revisó el análisis de costos unitarios del expediente técnico y a continuación se presentará un fragmento de dicho análisis correspondiente al movimiento de tierras a nivel de roca fija.

Partida	(940101030117-0402071-01) PERFORACIÓN Y DISPARO DE ROCA FIJA					Costo unitario directo por : m3	
Rendimiento	m3/DIA	MO.320.00	EQ.320.00			17.89	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0125	19.18	0.24	
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0250	14.75	0.37	
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0500	11.58	0.58	
0147010003	OFICIAL	hh	4.0000	0.1000	12.83	1.28	
						2.47	
Materiales							
227010095	FULMINANTE	und		1.0000	0.68	0.68	
227020016	GUIA DE SEGURIDAD	m		1.0000	0.73	0.73	
228010013	DINAMITA	kg		0.2500	13.38	3.35	
228040001	BARRENO 7/8" X 5'	und		0.0170	345.87	5.88	
						10.63	
Equipos							
0337010011	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.47	0.12	
0349020091	MARTILLO NEUMATICO 29 Kg.	hm	4.0000	0.1000	3.89	0.39	
0349010092	COMPRESORA NEUMATICA 196 HP, 600-690 PCM	hm	1.0000	0.0250	170.75	4.27	
						4.78	

Figura N° 44: Subpartida de perforación y disparo del expediente N°5

Fuente: Provias Nacional

En este expediente también se observa que, los materiales que comprenden la subpartida de perforación y disparo cuentan con una cantidad y un precio, sin embargo, de acuerdo a la teoría estos ameritan tener un sustento técnico; por ejemplo, el caso de la dinamita es mencionada de manera muy genérica y la cantidad de 0.25 no tiene algún sustento dentro del expediente.

No obstante, los análisis de costos unitarios si consideran materiales para las actividades de perforación y voladura.

- Expediente Técnico N°6

Proyecto: Rehabilitación y Mantenimiento de la carretera Patahuasi – Yauri – Sicuani,
Tramo: Negro Mayo – Yauri – San Genaro, en los departamentos de Cusco y Arequipa.

El tramo del proyecto tiene una longitud aproximada de 85.57 km. Pertenece a la Red Vial Nacional PE-34 E (Ramal).

Luego de la revisión del expediente técnico se pudo verificar que las actividades de perforación y voladura si se contemplaron para este proyecto.

Presupuesto					
Presupuesto	0201034	ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PATAHUASI -YAUURI - SICUANI,TRAMO: NEGROMAYO - YAUURI - SAN GENARO			
Subpresupuesto	001	ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PATAHUASI -YAUURI - SICUANI,TRAMO: NEGROMAYO - YAUURI - SAN GENARO			
Cliente		MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES		Costo al	31/07/2015
Lugar		CUSCO - ESPINAR - ESPINAR			
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
100	OBRAS PRELIMINARES				5,574,640.57
101.A	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	gb	1.00	2,544,594.64	2,544,594.64
102.A	TRAZO Y REPLANTEO	km	85.57	2,243.95	192,014.80
103.A	MANTENIMIENTO DE TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL	gb	1.00	1,431,591.57	1,431,591.57
107.A	ACCESOS A CANTERAS, DME, PLANTAS Y FUENTE DE AGUA	km	29.72	47,323.00	1,406,439.56
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS				16,019,353.82
201.B	DESBROCE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS	ha	40.23	3,767.05	151,548.42
202.B	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS	m3	1,042.52	124.63	129,929.27
205.B1	EXCAVACIÓN EN EXPLANACIONES EN ROCA SUELTA	m3	19,172.62	17.75	340,314.01
205.B2	EXCAVACIÓN EN EXPLANACIONES EN ROCA FIJA	m3	31,783.94	32.11	1,020,582.31
205.C	EXCAVACIÓN EN EXPLANACIONES EN MATERIAL COMUN	m3	231,389.51	5.99	1,386,023.16

Figura N° 45: Presupuesto del expediente técnico N°6

Fuente: Provias Nacional

- Geología y Geotecnia

En el área sobre la cual se desarrolla la carretera Patahuasi – Yauri – Sicuani, Tramo: Negromayo – Yauri – San Genaro, afloran las siguientes unidades litoestratigráficas:

Tabla N° 13: Clasificación Geológica del Expediente Técnico 6

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS			ROCAS ÍGNEAS	
			CUENCA OCCIDENTAL		CUENCA DE PUTINA	PLUTÓNICAS	VOLCÁNICAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Dep. Aluviales	O-al			
			Dep. Glaciofluviales	Opl-gl			
			Dep. Mornénicos	Opl-mo			
		PLEISTOCENA	Fm. Yauri	Opl-y			
			Fm. Garza	Opl-g		Shoshonita Opl-sh	
			Fm. Casanoma	N-ca			
	NEÓGENO	PLIOCENA	Gpo. Barroso	N-ba			
			Fm. Huaycha	N-hu			
		Fm. Casa Blanca	N-cb				
		MIOCENA	Fm. Ichocollo	N-ich			
	Gpo. Tacaza		N-ta				
	PALEÓGENO	EOCENA PALEOCENA	Gpo. Puno	P-pu		Monzonita P-mz Granito Perfitico P-grp Diorita/Granodiorita Ip-digd	
Fm. Arcuquina-Muni			Ki-ar	Ki-mu			
MESOZOICA	CRETÁCEO	INFERIOR	Fm. Hualluani	Ki-hu			
PALEOZOICA	PERMIANO	SUPERIOR	Gpo. Mtu	Pe-mt			

Fuente: Provias Nacional

Sin embargo, luego de concluir la revisión de este componente (geología y geotecnia), no se encontró algún anexo en el que se detallan calculas para las actividades de perforación. Por lo tanto, en el expediente técnico no se propone la malla de perforación.

- Técnica de voladura

De la revisión, en el análisis de costos unitarios se puede observar que, para la subpartida de Perforación y Disparo, se contempla dentro de materiales el fulminante #8 y la dinamita; sin embargo, en el expediente no se encuentra ningún tipo de análisis que relacione el uso de la dinamita con los estudios de geología y geotecnia. Por lo tanto, no consideran y tampoco plantea en este expediente técnicas de voladura.

- Especificaciones Técnicas:

Las especificaciones técnicas correspondiente a la partida de roca fija en el Expediente N°6 se encuentran dentro del componente denominado Excavación en Explanaciones para Roca Fija. A continuación, se presentará un resumen de lo que se menciona en este documento con respecto a movimiento de tierras a nivel de roca fija.

Excavación en Roca Fija

Comprende la excavación de masas de rocas fuertemente litificadas que, debido a su cementación y consolidación, requieren el empleo sistemática de explosivos.

Requerimientos de construcción:

En los casos donde se tenga que realizar la excavación de roca fija de los taludes definidos por el estudio, esta debe ser considerada dentro del sistema adecuado de perforación y voladuras presentadas en el Procedimiento Ejecutivo. En este se debe establecer un sistema de cargas controladas previamente coordinado con el supervisor.

Medición:

La unidad de medida será el metro cúbico (m³), todas las excavaciones para explanaciones serán medidas por volumen ejecutado, con base a las áreas de corte de las secciones transversales.

Pago:

El trabajo de excavación se pagará al precio unitario del contrato de las partidas de excavación en explanaciones en roca fija.

Si el material excavado es roca, el precio unitario deberá cubrir su eventual almacenamiento para el uso posterior. El contratista deberá considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, manejo, hasta el sitio de utilización.

- Costos Unitarios

Al igual que en las especificaciones técnicas, se revisó el análisis de costos unitarios del expediente técnico y a continuación se presentará un fragmento de dicho análisis correspondiente al movimiento de tierras a nivel de roca fija.

Análisis de precios unitarios de subpartidas							
Presupuesto	0201034	ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PATAHUASI -YAURI - SICUANI,TRAMO: NEGROMAYO – YAURI – SAN GENARO					
Subpresupuesto	002	ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PATAHUASI -YAURI - SICUANI,TRAMO: NEGROMAYO – YAURI – SAN GENARO					
				Fecha presupuesto		31/07/2016	
Partida	(910304110118-0201034-01) PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA						
Rendimiento	m3/DIA	MO.320.00	EQ.320.00	Costo unitario directo por : m3			21.10
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
0147010031	CAPATAZ "A"		hh	0.5000	0.0125	25.71	0.32
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.0250	19.78	0.49
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.0500	14.69	0.73
0147010003	OFICIAL		hh	4.0000	0.1000	16.30	1.63
							3.18
Materiales							
0227000008	MECHA O GUIA BLANCA		m		1.0000	1.13	1.13
0227020015	FULMINANTE # 8		pza		1.0000	1.22	1.22
0230990123	GRASA		%MT		10.0000	12.36	1.24
0228000023	DINAMITA AL 65%		kg		0.2400	11.19	2.69
0230020096	BARRENO 5' X 39 mm		u		0.0219	334.23	7.32
							13.60
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	3.17	0.16
910312020131	MARTILLO NEUMATICO DE 25-29 kg (***)		hm	4.0000	0.1000	4.87	0.49
910312020111	COMPRESORA NEUMATICA 196 HP 600-690 PCM		hm	1.0000	0.0250	147.28	3.68
							4.33

Figura N° 46: Subpartida de perforación y disparo del expediente técnico N°6

Fuente: Provias Nacional

Podemos observar que los materiales que comprende esta sub partida cuentan con una cantidad y un precio, sin embargo, de acuerdo a la teoría estos ameritan tener un sustento técnico; por ejemplo, el caso de la dinamita al 65% es mencionada de manera muy genérica y la cantidad de 0.24 no tiene algún sustento dentro del expediente.

No obstante, los análisis de costos unitarios si consideran materiales para las actividades de perforación y voladura.

- Expediente Técnico N°7

Proyecto: Rehabilitación de la carretera Dv. Las Vegas – Tarma- La Merced, en el departamento de Junín.

El tramo del proyecto tiene una longitud aproximada de 119.2 km, dentro del diagrama del MTC, está reconocida como Red Vial Nacional: PE - 22A

Luego de la revisión del expediente técnico se pudo verificar que las actividades de perforación y voladura si se contemplaron para este proyecto, esto dado que, en el presupuesto, en el análisis de costos unitarios y en el resumen de metrados, se encuentran perfectamente señaladas.

Presupuesto						
Presupuesto	0201015	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL Y ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA REHABILITACION DE LA CARRETERA: DV. LAS VEGAS - TARMA				
Subpresupuesto	001	TRAMO: DV. LAS VEGAS - TARMA (L=32.614 Km.)				
Cliente	MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES				Costo al	31/08/2011
Lugar	JUNIN - TARMA - TARMA					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
100	OBRAS PRELIMINARES				1,279,457.51	
101.A	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	gib	1.00	511,674.58	511,674.58	
102.A	TRAZO Y REPLANTEO	km	32.62	672.51	21,937.28	
103.A	MANTENIMIENTO DE TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL	mes	12.00	51,671.22	620,054.64	
107.A	ACCESOS A CANTERAS, DME, PLANTAS Y FUENTE DE AGUA	km	3.68	34,182.34	125,791.01	
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS				2,296,562.21	
202.B	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS	m3	8,792.61	108.29	952,151.74	
202.C	REMOCION DE CARPETA ASFALTICA	m2	225,202.81	0.75	168,902.11	
202.F	DEMOLICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO	m3	309.52	67.07	20,759.51	
205.A2	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN ROCA SUELTA	m3	3,610.09	15.35	55,414.88	
205.A3	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN ROCA FIJA	m3	2,253.70	28.58	64,410.75	
205.C	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN MATERIAL COMUN	m3	109,243.29	4.39	479,578.04	

Figura N° 47: Presupuesto del expediente técnico N°7

Fuente: Provias Nacional

- Geología y Geotecnia:

Las unidades estratigráficas que se encuentran a lo largo del proyecto, son de naturaleza sedimentaria y metamórfica, abarcan desde el Mesozoico hasta el Cenozoico cuaternario.

El proyecto está ubicado en corte mayormente por rocas de origen sedimentario y metamórfico, lutitas, areniscas, limonitas, cuarcitas y calizas, las cuales se presentan fracturadas, disturbadas e intemperizadas.

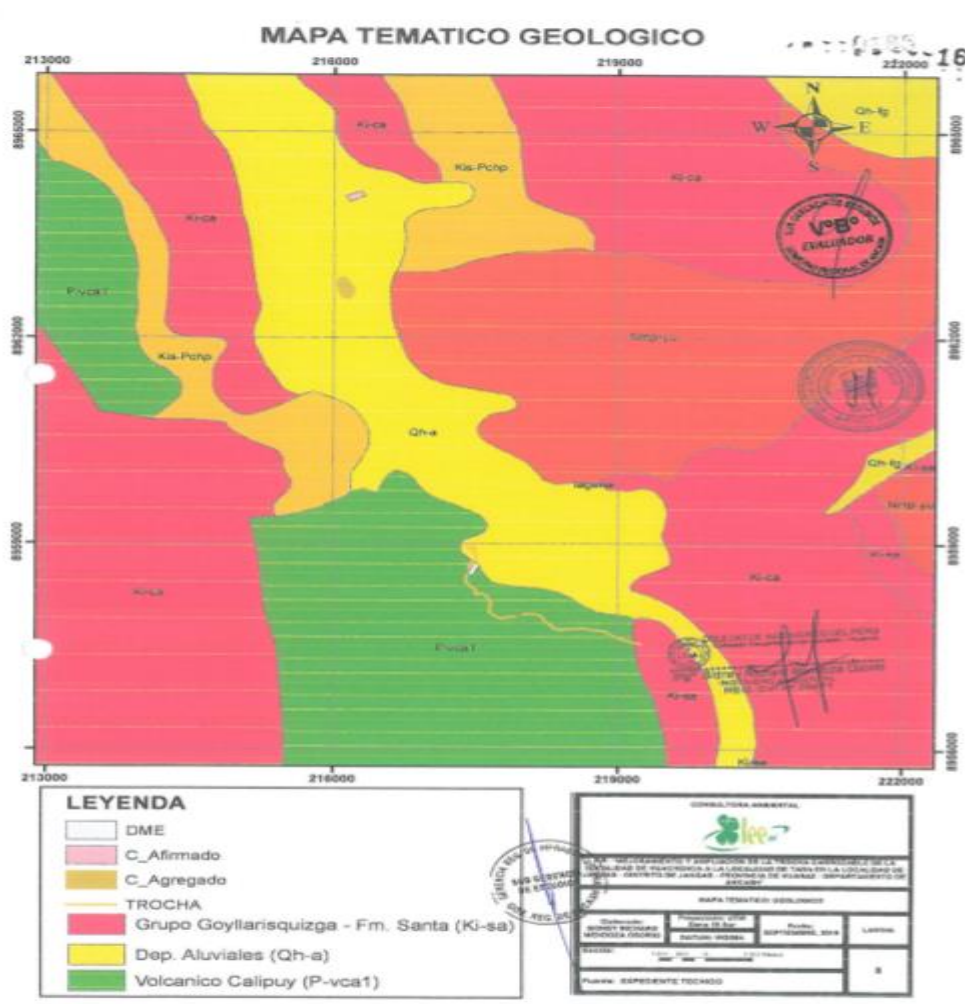


Figura N° 48: Mapa geológico del expediente técnico N°7

Fuente: Provias Nacional

Sin embargo, este expediente tampoco cuenta con una propuesta de malla perforación.

- Técnica de Voladura:

En el análisis de costos unitarios se puede observar que, para la subpartida de Perforación y Disparo, se contempla dentro de materiales el fulminante #8 y la dinamita; sin embargo, en el expediente no se encuentra ningún tipo de análisis para determinar la cantidad ni el tipo de explosivo a usar según las características del macizo rocoso. Por lo tanto, en este expediente no se plantea la técnica de voladura.

- Especificaciones técnicas:

Las especificaciones técnicas correspondiente a la partida de roca fija en el Expediente N°7 se encuentran dentro del componente denominado Excavación en Explanaciones para Roca Fija. A continuación, se presentará un resumen de lo que se menciona en este documento con respecto a movimiento de tierras a nivel de roca fija.

Excavación en Roca Fija

Comprende la excavación de masas de rocas fuertemente litificadas que, debido a su cementación y consolidación, requieren el empleo sistemática de explosivos.

Requerimientos de construcción:

En los casos donde se tenga que realizar la excavación de roca fija de los taludes definidos por el estudio, esta debe ser considerada dentro del sistema adecuado de perforación y voladuras presentadas en el Procedimiento Ejecutivo. En este se debe establecer un sistema de cargas controladas previamente coordinado con el supervisor.

Medición:

La unidad de medida será el metro cúbico (m³), todas las excavaciones para explanaciones serán medidas por volumen ejecutado, con base a las áreas de corte de las secciones transversales.

Pago:

El trabajo de excavación se pagará al precio unitario del contrato de las partidas de excavación en explanaciones en roca fija.

Si el material excavado es roca, el precio unitario deberá cubrir su eventual almacenamiento para el uso posterior. El contratista deberá considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, manejo, hasta el sitio de utilización.

- Costos unitarios:

Al igual que en las especificaciones técnicas, se revisó el análisis de costos unitarios del expediente técnico y a continuación se presentará un fragmento de dicho análisis correspondiente al movimiento de tierras a nivel de roca fija.

Partida	(910304110118-0201015-01) PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA						20.18
Rendimiento	m3/DIA	MO.160.00	EQ.160.00	Costo unitario directo por : m3			
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
0147010031	CAPATAZ "A"		hh	0.5000	0.0250	19.18	0.48
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.1000	11.58	1.16
0147010003	OFICIAL		hh	2.0000	0.1000	12.84	1.28
0147010002	OPERARIO		hh	2.0000	0.1000	14.75	1.48
							4.40
		Materiales					
0227000008	MECHA O GUIA BLANCA		m		1.0000	0.63	0.63
0227020015	FULMINANTE # 8		pza		1.0000	0.78	0.78
0228000023	DINAMITA AL 65%		kg		0.2500	12.58	3.15
0230020096	BARRENO 5' X 7/8"		u		0.0170	411.19	6.99
							11.55
		Equipos					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	4.40	0.22
0349060006	MARTILLO NEUMATICO DE 29 kg		hm	2.0000	0.1000	3.97	0.40
0349020008	COMPRESORA NEUMATICA 87 HP 250-330 PCM		hm	1.0000	0.0500	72.25	3.61
							4.23

Figura N° 49: Subpartida de perforación y disparo expediente técnico N°7

Fuente: Provias Nacional

Podemos observar que los materiales que comprende esta sub partida cuentan con una cantidad y un precio, sin embargo, de acuerdo a la teoría estos ameritan tener un sustento técnico; por ejemplo, el caso de la dinamita al 65% es mencionada de manera muy genérica y la cantidad de 0.25 no tiene algún sustento dentro del expediente.

No obstante, los análisis de costos unitarios si consideran materiales para las actividades de perforación y voladura.

- Expediente Técnico N°8

El tramo del proyecto tiene una longitud aproximada de 56.4.2 km, dentro del diagrama del MTC, está reconocida como Red Vial Nacional.

- Geología y Geotecnia

Conformado por esquistos y gneises donde la geología local del entorno del camino vecinal está conformada por el emplazamiento de las siguientes unidades litológicas:
Estrato de caliza, lulita.

Tabla N° 14 Clasificación Geológica del Expediente N°8

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS		
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	DEPÓSITOS FLUVALES, ALUVIALES, Y FLUVIO-GLACIALES.			
			DISC. ANG.			
	TERCIARIO	SUPERIOR	VOLC. HUAMBOS			
		MEDIO	DISC. ANG.			
		INFERIOR	GPO. CALPUY	DISC. ANG.		
				VOLC. LLAMA		
		FM. CHOTA				
MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR	DISC. PARAL			
			FM. CAJAMARCA			
		MEDIO	GPO. QUILLQUIRAN			
			GPO. PULLUCANA			
			FM. PARIATAMBO			
			FM. INCA			
		FM. CHULEC				
	INFERIOR		DISC. PARAL			
	JURÁSICO	SUPERIOR		DISC. PARAL		
		MEDIO		VOLC. OYOTÓN		
INFERIOR						
					TONALITA	

Fuente: Provias Nacional

No se presenta detalles del tipo de malla a considerar en los estudios realizados para la sub partida de perforación, por lo tanto, este expediente tampoco cuenta con alguna propuesta para la malla.

- Técnica de Voladura:

De la revisión, en el análisis de costos unitarios se puede observar que, para la subpartida de Perforación y Disparo, se contempla dentro de materiales el fulminante #8 y la dinamita; sin embargo, en el expediente no se encuentra ningún tipo de análisis que relacione el uso de la dinamita con los estudios de geología y geotecnia; por lo tanto, este expediente no cuenta con técnicas de voladura.

- Especificaciones técnicas:

Las especificaciones técnicas correspondiente a la partida de roca fija en el Expediente N°8 se encuentran dentro del componente denominado Excavación en Explanaciones para Roca Fija. A continuación, se presentará un resumen de lo que se menciona en este documento con respecto a movimiento de tierras a nivel de roca fija.

Excavación en Roca Fija

Comprende la excavación de masas de rocas fuertemente litificadas que, debido a su cementación y consolidación, requieren el empleo sistemática de explosivos.

Requerimientos de construcción:

En los casos donde se tenga que realizar la excavación de roca fija de los taludes definidos por el estudio, esta debe ser considerada dentro del sistema adecuado de perforación y voladuras presentadas en el Procedimiento Ejecutivo. En este se debe establecer un sistema de cargas controladas previamente coordinado con el supervisor.

Medición:

La unidad de medida será el metro cúbico (m³), todas las excavaciones para explanaciones serán medidas por volumen ejecutado, con base a las áreas de corte de las secciones transversales.

Pago:

El trabajo de excavación se pagará al precio unitario del contrato de las partidas de excavación en explanaciones en roca fija.

Si el material excavado es roca, el precio unitario deberá cubrir su eventual almacenamiento para el uso posterior. El contratista deberá considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, manejo, hasta el sitio de utilización.

- Costos unitarios:

De este expediente técnico se identificará si análisis de precios unitarios en corte roca fija, Excavación, desquinche y peinado de taludes en roca fija; las cuales se presentan a continuación.

Análisis de precios unitarios de subpartidas								
Presupuesto	0401011	ESTUDIO DEFINITIVO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA: SHUPLUY - PRIMORPAMPA - BELLAVISTA - ANTA - SAN ISIDRO - PONCOS - KOCHAYOC - CHACLAHUAIN - ORATORIA - PAMPAMARCA - PUTACA					Fecha	28/02/2019
Subpresupuesto	001	PRESUPUESTO						
Partida	PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA							
Rendimiento	m3/DIA	MO. 260.0000	EQ. 260.0000	Costo unitario directo por : m3			27.22	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra								
014700022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	4.0000	0.1231	22.92	2.82		
0147010001	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0154	26.70	0.41		
0147010003	OFICIAL	hh	2.0000	0.0615	17.89	1.10		
0147010004	PEON	hh	5.0000	0.1538	16.16	2.49		
						6.82		
Materiales								
0227000008	MECHA O GUIA	m		1.0000	1.65	1.65		
0227020011	FULMINANTE	und		1.0000	1.65	1.65		
0228000022	DINAMITA	kg		0.2500	22.63	5.66		
0230020101	BARRENO DE 7/8" X 5 p	und		0.0170	346.39	5.89		
						14.85		
Equipos								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	6.82	0.20		
0349060003	MARTILLO NEUMATICO DE 24 KG	hm	4.0000	0.1231	4.87	0.60		
909813110110	COMPRESORA NEUMATICA 196 HP 600-680 PCM	hm	1.0000	0.0308	154.28	4.75		
						5.55		

Figura N° 50: Subpartida de perforación y disparo del expediente técnico N°8

Fuente: Provias Nacional

Podemos observar que los materiales que comprende esta sub partida cuentan con una cantidad y un precio, sin embargo, de acuerdo a la teoría estos ameritan tener un sustento técnico; por ejemplo, el caso de la dinamita es mencionada de manera muy genérica y la cantidad de 0.25 no tiene algún sustento dentro del expediente.

No obstante, los análisis de costos unitarios si consideran los materiales para las actividades de perforación y voladura.

- Expediente Técnico N°9

Proyecto: “Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Ayacucho – Abancay Tramo: Desvió Kishuara – Puente Sahuinto”. Por encargo de provias Nacional – MTC

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
100	OBRAS PRELIMINARES				6,544,014.30
101 A	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	GLB	1.00	4,076,976.47	4,076,976.47
102 A	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	KM	76.51	2,590.62	198,208.34
103 A	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL	mes	24.00	66,903.16	1,605,675.84
107 A	ACCESO A CANTERAS, BOTADEROS, ZONAS DE PROCESO Y FUENTES DE AGUA SIN EXPLOSIVOS	KM	21.22	31,251.35	663,153.65
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS				29,025,131.36
201 B	DESBROCE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS	HA	76.51	3,063.62	234,397.57
202 E	DEMOLICION DE ESTRUCTURAS	m3	162.85	102.10	16,626.99
202 F	DEMOLICION DE ALCANTARILLAS DE CONCRETO Y CANALES	m3	384.50	85.89	33,024.71
202 G	REMOCION DE ALCANTARILLAS	m	23.50	25.54	600.19
205 A	EXCAVACION EN ROCA SUELTA	m3	318,786.86	13.58	4,329,125.56
205 B	EXCAVACION EN ROCA FIJA	m3	257,685.27	24.61	6,341,634.49
205 C	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN	m3	4,134,101.15	3.21	13,270,964.09
205 E	PERFILADO Y COMPACTACION EN ZONAS DE CORTE	m2	737,245.48	1.80	1,327,041.86
206 A	REMOCION DE DERRUMBES	m3	235,572.70	3.62	852,773.17
210 A	TERRAPLENES CON MATERIAL PROPIO	m3	85,104.42	7.09	603,390.34
220 A	MEJORAMIENTO DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	62,474.49	32.27	2,016,051.79
300	BASES Y SUB BASES				8,802,872.00
303 A	SUBBASE GRANULAR (e=6")	m3	83,970.01	33.61	2,822,232.04
305 A	BASE GRANULAR (e=6")	m3	79,678.30	55.53	4,424,536.00
305 B	BASE GRANULAR (e=8")	m3	28,795.41	54.04	1,556,103.96

Figura N° 51: Presupuesto expediente técnico N°9

Fuente: Provias Nacional

- Geología y Geotecnia:

El área de emplazamiento de la carretera el estudio, está conformado principalmente por rocas intrusivas de tipo granodiorita del terciario inferior y superior y rocas sedimentarias de los grupos Mitu y Yura, así como también rocas calizas de la formación Ferrobamba. Recubriendo la mayor parte de estas rocas se presentan suelos eluviales o residuales, algunos depósitos coluviales conformando las terrazas y lecho del río Pachachaca.

Tabla N° 15: Clasificación Geológica del Expediente N°9

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITO ESTRATIGRÁFICAS	SIMBOLOGÍA	GRAFICO	DESCRIPCIÓN
CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno	Depósitos Fluviales	Q.e		Gravas subangulosas, limos y arcillas inconsolidados
			Depósitos Coluviales	Q.co		Gravas angulosas, limos y arcillas inconsolidados
			Depósitos Fluvio Aluvial	Q.f/al		Bolones, gravas subangulosas, limos y arcillas inconsolidados
			Depósitos Fluvial	Q.f		Gravas subredondeadas, arenas y limos inconsolidados
			Depósitos Fluvio Aluvial	Q.f/a		Gravas subangulosas, subredondeadas, arenas y limos inconsolidados
			Depósitos Aluvial	Q.a		Gravas subangulosas, arenas y limos inconsolidados
Neógeno			Gpo. Huayabamba	PN.h		Lutitas, lutitas color grisáceo, estratos medios a gruesos, intercalados con arcillas, lodolitas grises, arenas y ocasionalmente capas de
Paleógeno						
MESOZOICO	Cretáceo	Superior	Formación Vivian	Ks.v		Areniscas cuarzosas grano fino a medio, blanca amarillentas
			Formación Chonta	Kis.ch		Caliza gris oscuras con limolitas gris verdosas
		Inferior	Grupo Oriente	Ki.o		Arenas cuarzosas, conglomerados gris violáceo en capas y bancos con estratificación cruzada, intercaladas con limo arcillitas
	Jurásico	Superior	Formación Sarayaquillo	Js.s		Areniscas cuarzosas grano fino a medio, pardo rojizas, areniscas arcillosa intercalada con limo arcillitas
	Inferior	Grupo Pucara	TrJl-pu		Calizas grises intercaladas con areniscas grises verdosas, limolitas calcáreas y calizas	
Triásico	Superior					Intercalación de secuencias conglomerádicas, areniscas, limo arcillitas rojizas y violáceos
PALEOZOICO	Pérmico	Superior	Grupo Mitu	Ps.m		Calizas bioclásticas grises claras, intercaladas de limolitas gris parduscas en capas delgadas
	Carbonífero	Inferior	Grupo Ambo	Cl.a		Secuencia Pizarrosas y lutáceas intercaladas con areniscas de grano fino
	Devónico		Grupo Excelsior	D.e		Lutitas y limolitas pizarrosas grises verdosas con horizontes vesíferos
	Ordovísico		Formación Contaya	Os.c		Lutitas y limolitas pizarrosas grises verdosas con horizontes vesíferos

Fuente: Provias Nacional

No se presenta detalles del tipo de malla a considerar en los estudios realizados para la sub partida de perforación.

- Técnica de Voladura:

Para las excavaciones en roca se presentará un procedimiento ejecutivo que incluya tipos y cantidades de explosivos, secuencias y disposición de las voladuras, características técnicas del desarrollo de la perforación y voladura, y equipos que el contratista proponga utilizar, deberán estar aprobados previamente por el supervisor. El contratista garantizará la dirección y ejecución de las excavaciones en roca, considerado el uso de explosivos, que será permitido únicamente con la aprobación por escrito del supervisor, previa presentación de la información técnica y diseño del plan de voladura que este solicite. Antes de realizar cualquier voladura se deberán tomar todas las precauciones necesarias para la protección de las personas, vehículos, la plataforma de la carretera, instalaciones y cualquier otra estructura y edificación adyacente al sitio de las voladuras. Es responsabilidad del contratista que en prevención y cuidado de la vida de las personas establecer medidas preventivas de seguridad, las cuales serán verificadas por el supervisor en el plan y en el informe posterior a la actividad ejecutada.

- Especificaciones técnicas:

Roca fija

El expediente técnico N°9 es un proyecto que comprende la excavación de masas de rocas mediana o fuertemente litificadas que, debido a su cementación y consolidación, requieren el empleo sistemático de explosivos.

Comprende, también, la excavación de bloques con volumen individual mayor de un metro cúbico (1 m³), precedentes de macizos alterados o de masas transportadas o acumuladas por acción natural, que para su fragmentación requieren el uso de explosivos.

Roca en roca suelta

Comprende las masas de rocas alterada que requieren de la intervención de equipo mecánico y de explosivos en menor proporción que para la roca masiva.

- Costos unitarios:

De este expediente técnico se identificará si análisis de precios unitarios en corte roca fija, Excavación, desquinche y peinado de taludes en roca fija; las cuales se presentan a continuación.

Análisis de precios unitarios de subpartidas							
Presupuesto	0402042	ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA AYACUCHO - ABANCAY-				Fecha presupuesto 31/10/2011	
Subpresupuesto	001	TRAMO: DESVIO KISHUARA - PUENTE SAHUINTO					

Partida	(930101907806-0402042-01) PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA						
Rendimiento	m3/DIA	MO.320.00	EQ.320.00	Costo unitario directo por : m3			16.80
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
0147010001	CAPATAZ		hh	0.5000	0.0125	19.18	0.24
0147010003	OFICIAL		hh	2.0000	0.0500	12.84	0.64
0147010004	PEON		hh	5.0000	0.1250	11.58	1.45
							2.33
Materiales							
0227010003	FULMINANTE N° 8		und		1.0000	0.81	0.81
0227020001	MECHA O GUIA BLANCA		m		1.0000	1.09	1.09
0228010014	DINAMITA		kg		0.2500	9.56	2.39
0227020015	BARRENO 5x1/8"		und		0.0170	332.89	5.66
							9.95
Equipos							
0337010011	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	2.33	0.12
0349020091	MARTILLO NEUMATICO 29 Kg		hm	4.0000	0.1000	3.94	0.39
0349010004	COMPRESORA NEUMATICA 600-690 PCM, 196 HP		hm	1.0000	0.0250	160.28	4.01
							4.52

Figura N° 52: Subpartida de perforación y disparo expediente técnico N°9

Fuente: Provias Nacional

- Expediente Técnico N°10

Proyecto: Fraccionamiento y Actualización del estudio Definitivo para el Mejoramiento de la Carretera Oyón – Ambo.

El tramo del proyecto tiene una longitud aproximada de 56.4 km, Ruta N° PE-18, provincias de Oyón (Lima), Daniel A. Carrión (Pasco) y Ambo (Huánuco).

Luego de la revisión del expediente técnico se pudo verificar que las actividades de perforación y voladura si se contemplaron para este proyecto, esto dado que, en el presupuesto, en el análisis de costos unitarios y en el resumen de metrados, se encuentran perfectamente señaladas.

Presupuesto					
Presupuesto	0465014	Fraccionamiento y Actualización del Estudio Definitivo para el Mejoramiento de la Carretera Oyón-Ambo Rev B			022
Subpresupuesto	010	Tramo I: Oyon - Desvío Cerro de Pasco			
Cliente	MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES			Costo al	31/01/2017
Lugar	LIMA - OYON - OYON				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
100.0	TRABAJOS PRELIMINARES				3,789,769.42
101.A	Movilización y desmovilización de equipo	glb	1.00	910,909.61	910,909.61
102.A	Topografía y georeferenciación.	km	48.94	2,136.38	104,554.44
103.A	Mantenimiento de Tránsito y Seguridad Vial	glb	1.00	2,463,021.62	2,463,021.62
107.A	Accesos a Canteras, DME, Plantas y Fuentes de Agua	km	9.20	33,835.19	311,283.75
200.0	MOVIMIENTO DE TIERRAS				36,560,535.92
201	Desbroce y limpieza en zonas no boscosas	Ha	14.06	3,032.32	42,634.42
205.A	Excavación en Explanaciones en Material Común	m3	650,749.71	4.63	3,012,971.16
205.B	Excavación en Explanaciones en Roca Suelta	m3	274,968.41	15.59	4,286,757.51
205.C	Excavación en Explanaciones en Roca Fija	m3	761,115.79	27.62	21,022,018.12
206.A	Remoción de Derrumbes	m3	64,544.39	8.31	536,363.68
207.A	Perfilado y compactado en zonas de corte	m2	453,673.04	1.89	857,442.05
210.A	Conformación de Terraplenes	m3	142,401.88	6.94	988,269.05
210.B	Relleno en lateral de bermas	m3	16,092.43	38.76	623,742.59

Figura N° 53: Presupuesto del expediente técnico N°10

Fuente: Provias Nacional

- Geología y Geotécnica

Se identifica claramente 2 fajas paralelas a la sedimentación cretácea. Una de la faja occidental, que de conforma de areniscas, areniscas cuarzosas y sectores metamorfoseándose cuartitas. La otra faja comprende una secuencia de calizas y lutitas con estratificación de areniscas.

Durante el mapeo geológico se identificó rocas sedimentarias del cretáceo (calizas areniscas cuarzosas y lutitas), rocas volcánicas del terciario (tobas piroclásticas) y depósitos cuaternarios (morrenicos, coluviales, aluviales y fluvio-aluviales), así mismo existen rocas metamórficas como las cuarcitas.

Determinamos que este expediente también cuanta con el estudio geológico adecuado para determinar las características del macizo rocoso, no obstante, en el expediente no se encontró algún documento en el que, en base a estas características, propongan una malla de perforación.

- Técnica de Voladura

El uso de explosivos será permitido únicamente con la aprobación por escrito por el supervisor, previa presentación de la información técnica y diseño del plan de voladura que este solicite. Antes de realizar cualquier voladura se deberán tomar todas las precauciones necesarias para la protección de las personas vehículos, la plataforma de la carretera, instalaciones y cualquier otra estructura y edificación adyacente al sitio de las voladuras. Es responsabilidad del contratista que en prevención y cuidado de la vida de las personas establecer medidas preventivas de la seguridad, las cuales serán verificadas por el supervisor en el Plan y en el informe posterior a la actividad ejecutada.

- Especificaciones Técnicas

Roca fija

Para las excavaciones en roca, se presentan un procedimiento ejecutivo que incluya tipos y cantidades de explosivos, secuencias y disposición de las voladuras, características técnicas del desarrollo de la perforación y voladura, y equipos que el contratista proponga utilizar, deberán estar aprobados previamente por el supervisor. El contratista garantizará

la dirección y ejecución de las excavaciones en roca, considerando el uso de explosivos, que será permitido únicamente con la aprobación por escrito del supervisor, previa presentación de la información técnica y diseño del plan de voladura que este solicite. Antes de realizar cualquier voladura se deberán tomar todas las precauciones necesarias para la protección de la persona, vehículos, la plataforma de la carretera, instalaciones y cualquier otra y edificación adyacente al sitio de las voladuras. Es responsabilidad del contratista que en prevención y cuidado de la vida de las personas establecer medidas preventivas de seguridad, las cuales serán verificadas por el supervisor en el Plan y en el informe posterior a la actividad ejecutada.

- Costos Unitarios

Al igual que en las especificaciones técnicas, se revisó el análisis de costos unitarios del expediente técnico y a continuación se presentará un fragmento de dicho análisis correspondiente al movimiento de tierras a nivel de roca fija.

Análisis de precios unitarios de subpartidas							
Presupuesto	0465014	Fraccionamiento y Actualización del Estudio Definitivo para el Mejoramiento de la Carretera Oyón-Ambo Rev B				Fecha presupuesto 31/01/2017	
Subpresupuesto	010	Tramo I: Oyon - Desvío Cerro de Pasco					
<hr/>							
Partida	(900403015311-0465014-01) PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA						
Rendimiento	m3/DIA	MO.320.00	EQ.320.00	Costo unitario directo por : m3			17.25
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0250	25.75	0.64
0147010003	OFICIAL		hh	2.0000	0.0500	16.33	0.82
0147010004	PEON		hh	4.0000	0.1000	14.72	1.47
							2.93
Materiales							
0227010093	FULMINANTE N° 8		pza		1.0000	0.75	0.75
0227020001	MECHA O GUIA BLANCA		m		1.0000	0.75	0.75
0228010013	DINAMITA AL 65%		kg		0.2500	10.98	2.75
0228040003	BARRENO 5' X1/8"		und		0.0170	331.64	5.64
							9.89
Equipos							
0337010011	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	2.93	0.15
900493010122	MARTILLO NEUMATICO DE 25-29 KG		hm	4.0000	0.1000	4.75	0.48
930101909614	COMPRESORA NEUMÁTICA 600-690 PCM 196 HP		hm	1.0000	0.0250	152.04	3.80
							4.43

Figura N° 54: Subpartida de perforación y disparo del expediente técnico N°10

Fuente: Provias Nacional

- Expediente Técnico N°11

Proyecto: Estudio definitivo de la carretera Ilave – Mazocruz, Tramo: Ilave – San Antonio de Checca.

El tramo del proyecto tiene una longitud aproximada de 10 km, forma parte de la Red Vial Nacional con Código de Ruta PE-38 A, (de acuerdo al nuevo clasificador de Rutas) y se ubica en el parte alto andino de la provincia de Puno, provincia de El Collao, distrito de Ilave, a una altitud promedio de 3,855 msnm.

Luego de la revisión del expediente técnico se pudo verificar que las actividades de perforación y voladura si se contemplaron para este proyecto, esto dado que, en el presupuesto, en el análisis de costos unitarios y en el resumen de metrados, se encuentran perfectamente señaladas.

Geoconsult S.A		Presupuesto						
Obra	0489001	ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA ILAVE - MAZOCRUZ, TRAMO: ILAVE - SAN ANTONIO DE CHECCA						
Fórmula	11	Reformulación del Estudio Definitivo de la Carretera Ilave-Checca						
Cliente	MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES						Costo al	31/12/2011
Departamento	PUNO	Provincia	PUNO	Distrito	PUNO			
Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total	
2.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS							
2.01	CORTE EN MATERIAL SUELTO	M3	12,504.43	5.84	73,025.87			
2.02	CORTE EN ROCA SUELTA	M3	2,813.50	11.33	31,876.96			
2.03	CORTE EN ROCA FUA	m3	312.61	23.24	7,265.06			
2.04	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	M3	12,228.40	6.46	78,955.46			
2.05	CONFORMACION DE TERRAPLENES CON MATERIAL DE CANTERA	M3	10,520.99	34.17	359,502.23			
2.06	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	M2	96,483.41	1.42	137,006.44		687,672.02	

Figura N° 55: Presupuesto del Expediente Técnico N°11

Fuente: Provias Nacional

- Geología y Geotécnica

Las rocas que afloran a lo largo de la carretera y su entorno inmediato, corresponden, mayormente, a sedimentos de rocas modernas, tipo limo arcillitas, formadas luego de una fuerte erosión.

Durante el mapeo geológico se identificó rocas sedimentarias del cretáceo (calizas areniscas cuarzosas y lutitas), rocas volcánicas del terciario (tobas piroclásticas) y depósitos cuaternarios (morrenicos, coluviales, aluviales y fluvio-aluviales), así mismo existen rocas metamórficas como las cuarcitas.

Estas rocas antiguas están representadas por rocas sedimentarias tipo calizas y por rocas volcánicas, tipo andesitas, conglomerados y tufos.

Determinamos que este expediente también cuenta con el estudio geológico adecuado para determinar las características del macizo rocoso, no obstante, en el expediente no se encontró algún documento en el que, en base a estas características, propongan una malla de perforación.

- Técnica de Voladura

El uso de explosivos será permitido únicamente con la aprobación por escrito por el supervisor, previa presentación de la información técnica y diseño del plan de voladura que este solicite. Antes de realizar cualquier voladura se deberán tomar todas las precauciones necesarias para la protección de las personas vehículos, la plataforma de la carretera, instalaciones y cualquier otra estructura y edificación adyacente al sitio de las voladuras. Es responsabilidad del contratista que en prevención y cuidado de la vida de las personas establecer medidas preventivas de la seguridad, las cuales serán verificadas por el supervisor en el Plan y en el informe posterior a la actividad ejecutada.

- Especificaciones Técnicas

Roca fija

Para las excavaciones en roca, se presentan un procedimiento ejecutivo que incluya tipos y cantidades de explosivos, secuencias y disposición de las voladuras, características técnicas del desarrollo de la perforación y voladura, y equipos que el contratista proponga utilizar, deberán estar aprobados previamente por el supervisor. Es responsabilidad del contratista que en prevención y cuidado de la vida de las personas establecer medidas preventivas de seguridad, las cuales serán verificadas por el supervisor en el Plan y en el informe posterior a la actividad ejecutada.

- Costos Unitarios

Al igual que en las especificaciones técnicas, se revisó el análisis de costos unitarios del expediente técnico y a continuación se presentará un fragmento de dicho análisis correspondiente al movimiento a nivel de roca fija.

Geoconsult S.A							
Análisis de precios unitarios - Subpartidas							
Obra ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA ILAVE - MAZOCRUZ, TRAMO: ILAVE - SAN ANTONIO DE CHECCA							
Fórmula Reformulación del Estudio Definitivo de la Carretera Ilave-Checca							
910402	PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA						
Rendimiento	320.000 M3/DIA					Costo unitario directo por : M3	14.67
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
470101	CAPATAZ	HH	0.20	0.0050	17.70	0.09	
470103	OFICIAL	HH	2.00	0.0500	12.84	0.64	
470104	PEON	HH	2.00	0.0500	11.58	0.58	
Materiales							
270007	GUJA	M		1.0000	0.51	0.51	
270212	FULMINANTE N° 8	UND		1.0000	0.28	0.28	
270501	BARRENO DE 5 PIES	UND		0.0170	330.07	5.61	
280101	DINAMITA AL 65%	KG		0.2500	10.84	2.71	
Equipos							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.31	0.04	
490202	COMPRESORA NEUMATICA 196 HP 600-690 PCM	HM	1.00	0.0250	160.38	4.01	
490606	MARTILLO NEUMATICO DE 29 Kg.	HM	2.00	0.0500	3.92	0.20	
						4.25	

Figura N° 56: Subpartida de perforación y disparo del expediente N°11

Fuente: Provias Nacional

Podemos observar que los materiales que comprende esta sub partida cuentan con una cantidad y un precio, sin embargo, de acuerdo a la teoría estos ameritan tener un sustento técnico; por ejemplo, el caso de la dinamita al 65% es mencionada de manera muy genérica y la cantidad de 0.25 no tiene algún sustento dentro del expediente.

No obstante, los análisis de costos unitarios si consideran materiales para las actividades de perforación y voladura.

- Expediente Técnico N°12

Proyecto: "Rehabilitación, Mejoramiento del camino vecinal emp. PE-18 puente Choque Colcapampa, distrito de Cochamarca - Oyón – Lima."- Aprobado por la Región de Lima.

El tramo del proyecto tiene una longitud aproximada de 30.2 km, Ruta N° PE-18, distrito de Cochamarca - provincias de Oyón – departamento de Lima.

Luego de la revisión del expediente técnico se pudo verificar que las actividades de perforación y voladura si se contemplaron para este proyecto, esto dado que, en el presupuesto, en el análisis de costos unitarios y en el resumen de metrados, se encuentran perfectamente señaladas.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				207,361.51
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO PESADO	gb	1.00	80,317.75	80,317.75
01.02	TOPOGRAFÍA Y GEOREFERENCIACIÓN	km	29.74	1,585.00	47,137.90
01.03	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL	gb	1.00	70,597.22	70,597.22
01.04	CONSTRUCCIÓN DE ACCESOS A CANTERAS, DME Y FUENTES DE AGUA	km	0.50	18,617.28	9,308.64
02	EXPLANACIONES				2,736,491.05
02.01	DESBROCE Y LIMPIEZA EN ZONAS BOSCOSAS	ha	17.84	2,742.56	48,927.27
02.02	CORTE EN MATERIAL SUELTO	m3	117,416.93	4.94	580,039.63
02.03	CORTE EN ROCA SUELTA	m3	59,726.10	15.70	937,699.77
02.04	CORTE EN ROCA FJA	m3	31,882.00	26.53	845,829.46
02.05	REMOCIÓN DE DERRUMBES	m3	8,857.15	5.72	50,662.90
02.06	CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES	m3	8,715.13	7.02	61,180.21
02.07	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RASANTE	m2	133,428.81	1.59	212,151.81

Figura N° 57: Presupuesto del expediente técnico N°12

Fuente: Provias Nacional

- Geología y Geotécnica

El sector en estudio corresponde a zonas con presencia de la secuencia del formación de las rocas intrusivas de Tonalita-Diorita, Volcánico Calipuy del terciario inferior, depósitos Aluviales y depósitos morrenicos del Cuaternario y que consiste de una faja angosta de cuencas tectónicas, constituida a su vez por fajas hundidas que coinciden más o menos con el valle del Churin y son delimitadas por grandes fallas más o menos verticales de orientación NW-SE, asimismo se tienen el afloramiento de rocas intrusivas que corresponde a la Tonalita y las secuencias del cuaternario reciente.

En el mapa de la geología regional podemos apreciar las formaciones geológicas y los tramos de rocas sanas e intemperizadas y como también las gravas arenosas con presencia de limos y arcillas.

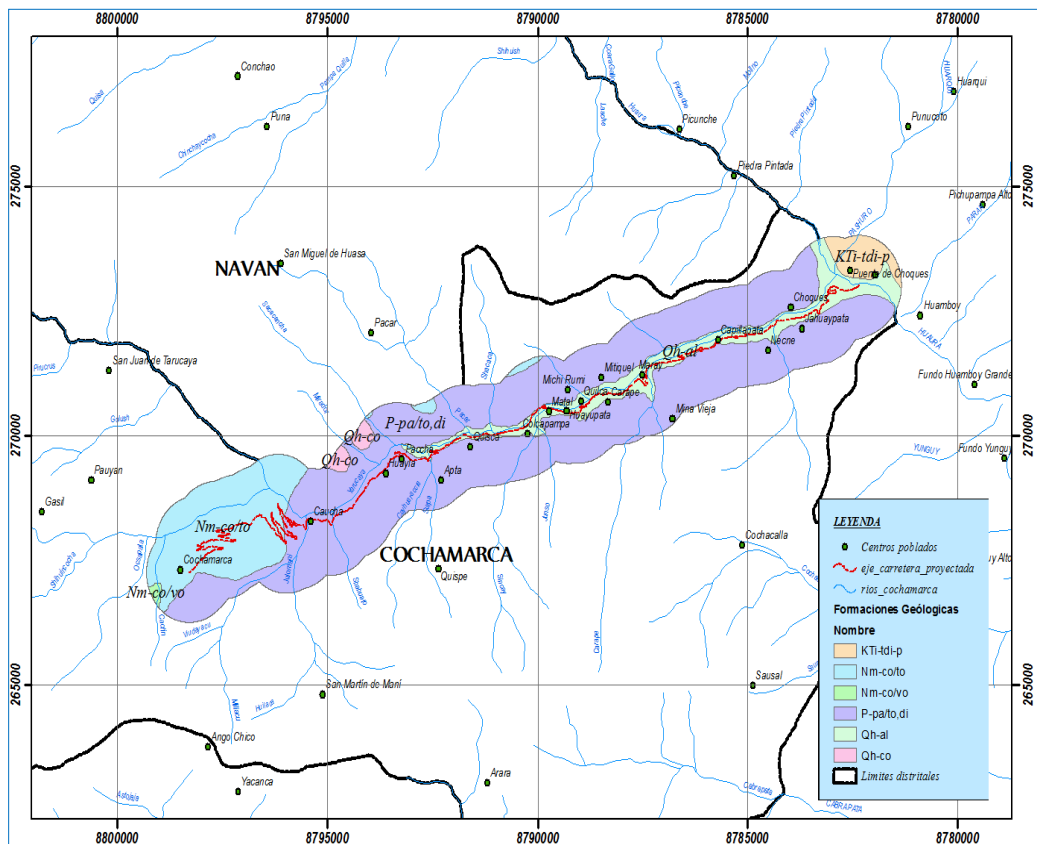


Figura N° 58: Mapa Geológico expediente N°12

Fuente: Provias Nacional

- Técnica de Voladura:

De la revisión, en el análisis de costos unitarios se puede observar que, para la subpartida de Perforación y Disparo, se contempla dentro de materiales el fulminante #8 y la dinamita; sin embargo, en el expediente no se encuentra ningún tipo de análisis que relacione el uso de la dinamita con los estudios de geología y geotecnia; por lo tanto, este expediente no cuenta con técnicas de voladura.

- Especificaciones técnicas:

Roca Fija

Para iniciar los trabajos de Perforación y Voladuras de rocas se deberá presentar en primer lugar un Procedimiento Ejecutivo con carácter de obligatoriedad para ser aprobado por la supervisión, en el cual debe establecer los criterios de voladuras, las mallas de perforación; las cargas respectivas, los tipos de explosivos, los equipos a utilizar, etc. Considerando que se cumpla con los requerimientos ofrecidos en la propuesta técnico económica del Contratista para realizar esta partida de voladura en roca. Este procedimiento deberá estar en concordancia con el Estudio Geológico y Geotécnico que forma parte del Estudio Definitivo. (Especificación Técnicas).

- Costos unitarios:

Al igual que en las especificaciones técnicas, se revisó el análisis de costos unitarios del expediente técnico y a continuación se presentará un fragmento de dicho análisis correspondiente al movimiento de tierras a nivel de roca fija.

Partida	(909701020323-1001026-01) PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA						
Rendimiento	m3/DIA	MO.320.00	EQ.320.00	Costo unitario directo por : m3			15.59
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0250	25.16	0.63	
0147010003	OFICIAL	hh	2.0000	0.0500	17.00	0.85	
0147010004	PEON	hh	4.0000	0.1000	15.30	1.53	
						3.01	
Materiales							
0221000010	MECHA O GUIA BLANCA	m		1.0000	0.55	0.55	
0221020015	FULMINANTE # 8	pza		1.0000	0.55	0.55	
0221000023	DINAMITA AL 65%	kg		0.2500	8.05	2.01	
0231020096	BARRENO 5' X 1/8"	u		0.0170	331.56	5.64	
						8.75	
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.01	0.09	
0349020000	COMPRESORA NEUMATICA 150 HP 380-590 PCM	hm	1.0000	0.0250	138.32	3.46	
0349060055	MARTILLO NEUMATICO DE 25 A 29 kg	hm	2.0000	0.0500	5.52	0.28	
						3.83	

Figura N° 59: Subpartida de perforación y disparo expediente N°12

Fuente: Provias Nacional

- Expediente Técnico N°13

Proyecto: “Mejoramiento y ampliación de la trocha carrozable de la localidad de Huachenca a la localidad de tara en la localidad de Jangas – distrito de Jangas – provincia de Huaraz – departamento de Ancash” - Aprobado por el Gobierno local.

El tramo del proyecto tiene una longitud aproximada de 16.51 km, PE-3N, distrito de Jangas – Provincia Huaraz – Departamento Ancash.

Luego de la revisión del expediente técnico se pudo verificar que las actividades de perforación y voladura si se contemplaron para este proyecto, esto dado que, en el presupuesto, en el análisis de costos unitarios y en el resumen de metrados, se encuentran perfectamente señaladas.

S10 Página 1

Presupuesto

Presupuesto 1101010 "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DE LA TROCHA CARROZABLE DE LA LOCALIDAD DE HUACHENCA A LA LOCALIDAD DE TARA EN LA LOCALIDAD DE JANGAS - DISTRITO DE JANGAS - PROVINCIA DE HUARAZ - DEPARTAMENTO DE ANCASH"

Ciente MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JANGAS Costo al 17/09/2019

Lugar ANCASH - HUARAZ - JANGAS

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				827,896.87
01.03.01	EXCAVACION CLASIFICADA PARA EXPLANACIONES				757,333.97
01.03.01.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO	ha	3.10	1,695.36	5,258.72
01.03.01.02	CORTE EN MATERIAL SUELTO O MAQUINARIA	m3	29,970.44	6.19	185,517.02
01.03.01.03	CORTE ROCA FIJA (PERFORACION Y DISPARO)	m3	5,466.89	20.42	111,633.80
01.03.01.04	EXCAVACION, DESQUINCHE Y PEINADO DE TALUDES EN ROCA FIJA	m3	5,466.89	8.98	49,092.67
01.03.01.05	CORTE ROCA SUELTA (PERFORACION Y DISPARO)	m3	4,979.67	19.38	96,509.00
01.03.01.06	EXCAVACION, DESQUINCHE Y PEINADO DE TALUDES EN ROCA SUELTA	m3	4,979.67	7.57	38,194.07
01.03.01.07	CORTE HASTA EL NIVEL DE LA SUBRASANTE	m3	3,566.87	8.34	29,747.70
01.03.01.08	CORTE EN MATERIAL SUELTO PARA PLAZOLETA	m3	1,275.16	8.40	10,711.34
01.03.01.09	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON VOLQUETE	m3	43,937.63	5.25	230,672.56

Figura N° 60: Presupuesto del expediente N°13

Fuente: Provias Nacional

- Geología y Geotécnica

El estudio Geológico y Geotecnia de acuerdo a los términos de referencia. Las estratigráficas que se encuentran a lo largo del proyecto, son de naturaleza sedimentaria y metamórfica, abarcan desde el Mesozoico hasta el Cenozoico cuaternario.

La más antigua, forma parte del Grupo Goyllarisquizga (Wilson, 1963). Consiste de secuencias limolíticas con potencias que van desde 10cm a 3m, intercalados con lutitas de potencias similares a las limolitas; sobre estas se han depositado secuencias calcáreas, siendo la primera una caliza.

El proyecto está ubicado en corte mayormente por rocas de origen sedimentario y metamórfico, lutitas, areniscas, limonitas, cuarcitas y calizas, las cuales se presentan fracturadas, disturbadas e intemperizadas.

- Técnica de Voladura:

De la revisión, en el análisis de costos unitarios se puede observar que, para la subpartida de Perforación y Disparo, se contempla dentro de materiales el fulminante #8 y la dinamita; sin embargo, en el expediente no se encuentra ningún tipo de análisis que relacione el uso de la dinamita con los estudios de geología y geotecnia; por lo tanto, este expediente no cuanta con técnicas de voladura.

- Especificaciones técnicas:

Roca Fija

Comprende la excavación de masas de rocas mediana o fuertemente litificadas que, debido a su cementación y consolidación, requieren el empleo sistemático de explosivos.

Comprende, también, la excavación de bloques con volumen individual mayor de un metro cúbico (1 m^3), procedentes de macizos alterados o de masas transportadas o acumuladas por acción natural, que para su fragmentación requieran el uso de explosivos.

Vemos que para este expediente las especificaciones técnicas son algo limitadas, pero contemplan que se debe hacer uso de explosivos.

- Costos unitarios:

Al igual que en las especificaciones técnicas, se revisó el análisis de costos unitarios del expediente técnico y a continuación se presentará un fragmento de dicho análisis correspondiente al movimiento de tierras a nivel de roca fija.

Análisis de precios unitarios							
Presupuesto	1101010 "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DE LA TROCHA CARROZABLE DE LA LOCALIDAD DE HUACHENCA A LA LOCALIDAD DE TARA EN LA LOCALIDAD DE JANGAS - DISTRITO DE JANGAS - PROVINCIA DE HUARAZ - DEPARTAMENTO DE ANCASH"						
Subpresupuesto	001 CONSTRUCCION TROCHA CARROZABLE TARA - HUACHENCA						
Partida	01.03.01.03 CORTE ROCA FIJA (PERFORACION Y DISPARO)						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 260.0000	EQ. 260.0000	Costo unitario directo por m3			20.42
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010003	OFICIAL	hh	5.0000	0.1538	18.78	2.89	
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0815	16.95	1.04	
Materiales							
0227000001	MECHA NARANJA	m		1.0000	2.12	2.12	
0227020011	FULMINANTE	u		1.0000	1.69	1.69	
0228000022	DINAMITA	kg		0.2500	18.64	4.66	
0230020096	BARRENO 5" X 1/8"	u		0.0170	127.12	2.16	
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.93	0.12	
0349020000	COMPRESORA NEUMATICA 100-200 HP	hm	1.0000	0.0306	101.09	3.13	
0349060004	MARTILLO NEUMATICO DE 25 kg	hm	4.0000	0.1231	21.19	2.61	
8.98							
Partida	01.03.01.04 EXCAVACION, DESQUINCHE Y PEINADO DE TALUDES EN ROCA FIJA						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 320.0000	EQ. 320.0000	Costo unitario directo por m3			8.98
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010004	PEON	hh	6.0000	0.1500	18.05	2.54	
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.54	0.08	
0349040106	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 161-190 HP	hm	1.0000	0.0250	254.24	6.36	
6.44							

Figura N° 61: Subpartida de perforación y disparo expediente N°13

Fuente: Provias Nacional

Podemos observar que los materiales que comprende esta sub partida cuentan con una cantidad y un precio, sin embargo, de acuerdo a la teoría estos ameritan tener un sustento técnico; por ejemplo, el caso de la dinamita al es mencionada de manera muy genérica y la cantidad de 0.25 no tiene algún sustento dentro del expediente.

No obstante, los análisis de costos unitarios si consideran materiales para las actividades de perforación y voladura.

- Expediente Técnico N°14:

Proyecto: “Estudio Definitivo de Ingeniería para la Construcción del Puente Chacanto”

El nuevo Puente cruza el río Marañan, cerca del poblado de Chacanto, para dar continuidad a la carretera que une la ciudad de Celendín, en Cajamarca con la ciudad de Chachapoyas, en el departamento de Amazonas, en el Km. 335+363.79 de la ruta RN-PE-08B, que parte de la Ciudad de Dios, Pacasmayo en La Libertad, hasta La Calzada en Amazonas.

Luego de la revisión del expediente técnico se pudo verificar que las actividades de perforación y voladura si se contemplaron para este proyecto, esto dado que, en el presupuesto, en el análisis de costos unitarios y en el resumen de metrados, se encuentran perfectamente señaladas.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.08.01	JUNTAS DE EXPANSION	m	14.40	335.93	4,837.39
01.08.02	BRUÑAS ROMPE AGUA EN LOSA	m	216.36	9.97	2,157.11
01.08.03	VEREDA ALIGERADA	m	216.36	139.69	30,223.33
01.08.04	ACABADO ENDURECIDO DE VEREDA ALIGERADA	m	236.36	23.15	5,471.73
01.08.05	TUBOS DE DRENAJE	und	44.00	217.27	9,559.88
01.08.06	DISPOSITIVO DE APOYO EN VIGA DE APOYO IZQUIERDA	und	4.00	330.52	1,322.08
01.08.07	DISPOSITIVO DE APOYO EN VIGA DE APOYO DERECHA	und	4.00	763.03	3,052.12
01.08.08	DISPOSITIVO DE APOYO FIJO EN ESTRIBO IZQUIERDO	und	4.00	361.57	1,446.28
01.08.09	DISPOSITIVO DE APOYO EN ESTRIBO DERECHO	und	4.00	655.52	2,622.08
01.08.10	BARANDAS METALICAS	m	236.00	449.88	106,171.68
01.08.11	RIEGO DE LIGA	m2	921.80	5.95	5,484.71
01.08.12	CARPETA ASFALTICA EN FRIO	m2	921.80	30.84	28,428.31
02	ACCESOS				4,178,285.08
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				3,923,395.52
02.01.01	EXCAVACION EN EXPLANACION EN ROCA FIJA	m3	65,191.00	32.70	2,131,745.70
02.01.02	EXCAVACION EN EXPLANACION EN MATERIAL COMUN	m3	26,160.63	5.15	134,727.24
02.01.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	5,533.32	1.70	9,406.64
02.01.04	CONFORMACION DE TERRAPLEN CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	1,130.06	38.78	43,823.73
02.01.05	AFIRMADO	m3	1,936.66	45.77	88,640.93
02.01.06	TRANSPORTE Y ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	91,351.63	10.60	968,327.28
02.01.07	BARRERA PROTECTORA CONTRA CAIDA DE ROCAS	m	100.00	5,467.24	546,724.00

Figura N° 62: Presupuesto expediente N°14

Fuente: Provias Nacional

- Geología y Geotecnia:

En el área sobre la cual se desarrolla el proyecto para la construcción del Puente Chacanto, afloran las siguientes unidades estratigráficas:

Tabla N° 316: Clasificación geológica Expediente Técnico 14

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	ROCA INTRUSIVA	
Cenozoico	Cuaternario	Holocena		Dep. Fluvial	Qh-fl	Granito de Balsas P-gr
				Dep. Aluvial Reciente	Qh-al	
			Dep. Coluvio Aluvial	Qh-co;al		
	Pleistocena		Dep. Aluviales Pleistocénicas	Qpl-al		
Mesozoico	Cretaceo	Superior	Maestrich Camp	Fm. Chota	KTI-ch	
			Santoniano Coniaciano	Fm. Celendin	Ks-c	
		Medio	Turoniano	Fm. Cajamarca	Km-c	
			Cenomaniano	Grupo Quillquiñan	Km-q	
				Grupo Pullucana	Km-p	
			Albiano	Fm. Crisnejas	Km-cr	
	Infer		Fm. Chulec	Km-ch		
			Fm. Gollarisquizga	Ki-g		
	Prec Paleozoico	Perm	Sup	Grupo Mitu	Ps-m	
		Carb		Fm. Lavasen	CP-I	
			Complejo del Marañon	PE-cm		

Fuente: Provias Nacional

No se encontró ninguna propuesta de la malla de perforación.

- Técnica de Voladura:

De la revisión, en el análisis de costos unitarios se puede observar que, para la subpartida de Perforación y Disparo, se contempla dentro de materiales el fulminante #8 y la dinamita; sin embargo, en el expediente no se encuentra ningún tipo de análisis que relacione el uso de la dinamita con los estudios de geología y geotecnia; por lo tanto, este expediente no cuanta con técnicas de voladura.

- Especificaciones Técnicas:

Las especificaciones técnicas correspondiente a la partida de roca fija en el Expediente N°12 se encuentran dentro del componente denominado Excavación en Explanaciones en Roca Fija. A continuación, se presentará un resumen de lo que se menciona en este documento con respecto a movimiento de tierras a nivel de roca fija.

Generalidades:

Este trabajo consiste en el conjunto de las actividades de excavar, remover, cargar, transportar hasta el límite de acarreo libre y colocar en los sitios de desecho, los materiales provenientes de los cortes requeridos para la explanación.

Excavaciones en Rocas:

Para las excavaciones en roca, los procedimientos, tipos y cantidades de explosivos y equipos que el Contratista proponga utilizar, deberán aprobarse previamente por el Supervisor. La secuencia y disposición de las voladuras deberán prepararse en tal forma que sea mínimo su efecto fuera de los taludes proyectados.

El Contratista deberá realizar los cálculos y diseños necesarios para determinar la cantidad, distribución y profundidad de los taladros de voladura. Las voladuras deberán ser efectuadas por personal especializado a fin de evitar sobre excavaciones o daños.

Método de Medición:

El método de medición será el metro cúbico (m³) de material medido en su posición original y computada por el método de áreas medidas. Todas las excavaciones para explanaciones serán medidas por volumen ejecutado.

Pago:

El trabajo de excavación medido de la forma antes descrita se pagará a precio unitario del contrato de las partidas, Excavación de material suelto, Excavación de Roca suelta y Excavación de Roca fija, por toda obra ejecutada de acuerdo con las presentes especificaciones.

- Costos Unitarios

Al igual que en las especificaciones técnicas, se revisó el análisis de costos unitarios del expediente técnico y a continuación se presentará un fragmento de dicho análisis correspondiente al movimiento de tierras a nivel de roca fija.

Partida	PERFORACION Y DISPARO - ROCA FIJA		Costo unitario directo por : m3				23.20
Rendimiento	m3/DIA	MO. 320.0000	EQ. 320.0000				
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ		hh	0.5000	0.01250000	23.21	0.29
0147010003	OFICIAL		hh	5.0000	0.12500000	14.97	1.87
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.05000000	13.48	0.67
							2.83
Materiales							
0227000007	GUIA		m		1.00000000	1.19	1.19
0227020011	FULMINANTE		und		1.00000000	1.10	1.10
0228000022	DINAMITA		kg		0.25000000	19.32	4.83
0230020097	BARRENO DE 7/8" x 5 PIES		und		0.01700000	508.82	8.65
							15.77
Equipos							
930101921111	COMPRESORA NEUMATICA 600-690 PCM, 196 HP		hm	1.0000	0.02500000	166.74	4.17
930101921120	MARTILLO NEUMATICO DE 29 Kg		hm	4.0000	0.10000000	4.32	0.43
							4.60

Figura N° 63: Subpartida de perforación y disparo del expediente N°14

Fuente: Provias Nacional

Podemos observar que los materiales que comprende esta sub partida cuentan con una cantidad y un precio, sin embargo, de acuerdo a la teoría estos ameritan tener un sustento técnico; por ejemplo, el caso de la dinamita al 65% es mencionada de manera muy genérica y la cantidad de 0.25 no tiene algún sustento dentro del expediente.

No obstante, los análisis de costos unitarios si consideran materiales para las actividades de perforación y voladura.

- Expediente Técnico N°15

Proyecto: “Mejoramiento del camino vecinal: Maraypampa – Huanucalla – Pillao, Distrito Chinchao – Huanuco - Huanuco” - Aprobado por el Gobierno local.

El tramo del proyecto tiene una longitud aproximada de 23.26 km, la vía se clasifica como Trocha carrozable. Luego de la revisión del expediente técnico se pudo verificar que las actividades de perforación y voladura si se contemplaron para este proyecto, esto dado que, en el presupuesto, en el análisis de costos unitarios y en el resumen de metrados, se encuentran perfectamente señaladas.

S10		Página		1	
Presupuesto					
Presupuesto	0403008	*MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL: VILLASOL - MARAYPAMPA - HUANUCALLA - PILLAO, DISTRITO DE CHINCHAO - HUANUCO - HUANUCO*			
Subpresupuesto	001	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL: VILLASOL - MARAYPAMPA - HUANUCALLA - PILLAO, DISTRITO DE CHINCHAO - HUANUCO - HUANUCO			
Ciudad	PROVIAS DESCENTRALIZADO			Costo al	28/02/2019
Lugar	HUANUCO - HUANUCO - CHINCHAO				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				257,406.28
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	glb	1.00	165,035.58	165,035.58
01.02	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	km	23.26	1,117.57	25,994.68
01.03	CAMPAMENTO DE OBRA	glb	1.00	46,890.00	46,890.00
01.04	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL	glb	1.00	19,486.02	19,486.02
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				6,159,390.92
02.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	751,623.08	4.01	3,014,008.55
02.02	EXCAVACION EN ROCA FRACTURADA	m3	46,153.66	13.43	619,843.65
02.03	EXCAVACION EN ROCA FIJA	m3	52,664.55	23.56	1,240,776.80
02.04	TERRAPLENES CON MATERIAL PROPIO	m3	3,866.93	5.25	20,301.36
02.05	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE CORTE	m2	121,178.56	0.99	119,966.77
02.06	TERRAPLENES CON MATERIAL PROPIO TRANSPORTADO	m3	36.19	3.16	114.36
02.07	MEJORAMIENTO DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE (CANTERA)	m3	5,643.00	26.32	148,523.76
02.08	CONFORMACION Y ACOMODO OE DME	m3	682,092.91	1.46	995,855.65

Figura N° 64: Presupuesto del expediente N°15

Fuente: Provias Nacional

- Geología y Geotécnica

El estudio Geológico y Geotecnia muestra las rocas más antiguas en la región de Huánuco corresponden al Complejo del Marañón.

La exposición de este complejo en el área de estudio ocupa el 70% de su superficie, Litológicamente, el complejo del Marañón se encuentra conformada por esquistos y gneises.

- Técnica de Voladura:

De la revisión, en el análisis de costos unitarios se puede observar que, para la subpartida de Perforación y Disparo, se contempla dentro de materiales el fulminante #8 y la dinamita; sin embargo, en el expediente no se encuentra ningún tipo de análisis que relacione el uso de la dinamita con los estudios de geología y geotecnia; por lo tanto, este expediente no cuanta con técnicas de voladura.

- Especificaciones técnicas:

Roca Fija

Comprende la excavación de masas de rocas mediana o fuertemente litificadas que, debido a su cementación y consolidación, requieren el empleo sistemático de explosivos.

Para las excavaciones en roca se presentará un procedimiento ejecutivo que incluya tipos y cantidades de explosivos, secuencias y disposición de las voladuras, características técnicas del desarrollo de la perforación y voladura, y equipos que el contratista proponga utilizar, deberán estar aprobados previamente por el supervisor.

- Costos unitarios:

De este expediente técnico se identificará si análisis de precios unitarios en corte roca fija, Excavación, desquinche y peinado de taludes en roca fija; las cuales se presentan a continuación

Análisis de precios unitarios de subpartidas							
Presupuesto	0403008	"MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL: VILLASOL - MARAYPAMPA - HUANUCALLA - PILLAO, DISTRITO DE CHINCHAO - HUANUCO - HUANUCO"					
Subpresupuesto	001	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL: VILLASOL - MARAYPAMPA - HUANUCALLA - PILLAO, DISTRITO DE CHINCHAO - HUANUCO - HUANUCO					
Fecha presupuesto 28/02/2019							
Partida	(909701020171-0403008-01) PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA						
Rendimiento	m3/DIA	MO.160.00	EQ.160.00	Costo unitario directo por : m3			16.08
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0250	25.24	0.63	
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.1000	15.86	1.59	
0147010003	OFICIAL	hh	5.0000	0.2500	17.60	4.40	
							6.62
Materiales							
0227000001	MECHA NARANJA	m		0.2000	0.88	0.18	
0227020011	FULMINANTE	und		0.1000	1.87	0.19	
0230020036	BARRENO DE 7/8" X 8 p	und		0.0015	335.35	0.50	
0228000022	DINAMITA	kg		0.2000	17.04	3.41	
							4.27
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	6.62	0.33	
0349060004	MARTILLO NEUMATICO DE 25 kg	hm	4.0000	0.2000	4.87	0.97	
909701080403	COMPRESORA NEUMATICA 87 HP 250-330 PCM	hm	1.0000	0.0500	77.64	3.88	
							5.19

Figura N° 65: Subpartida de perforación y disparo expediente N°15

Fuente: Provias Nacional

Podemos observar que los materiales que comprende esta sub partida cuentan con una cantidad y un precio, sin embargo, de acuerdo a la teoría estos ameritan tener un sustento técnico; por ejemplo, el caso de la dinamita es mencionada de manera muy genérica y la cantidad de 0.20 no tiene algún sustento dentro del expediente.

No obstante, los análisis de costos unitarios si consideran materiales para las actividades de perforación y voladura.

5.3 Presentación de resultados

Luego de la revisión de los 15 expedientes técnicos se realizó el siguiente cuadro de resumen:

Tabla N°17: Resumen de la revisión de Expedientes Técnicos

#	Nombre del Proyecto	Aprobado por	Departamento	Tipo de Vía	Longitud	Estudios de Geología y Geotecnia		Técnica de Voladura	Especificaciones Técnicas (perforación y voladura)	Costos Unitarios (Expediente)		
						Tipo de roca	Propuesta de Malla de perforación	Tipo y cantidad de explosivos		Material	Cantidad	Precio
01	Mantenimiento de la carretera – San Marcos – Cajabamba – Sausacocho	MTC	Cajamarca	Ruta Nacional PE -03N	58 km.	Cuarcita	No	No	Si	Fulminante (pza)	1	0.95
										Dinamita (kg)	0.24	8.94
										Barreno (und)	0.0219	334.73
02	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera imperial – Mayocc – Ayacucho, Tramo Mayocc - Huanta	MTC	Huancavelica - Ayacucho	Carretera longitudinal de la sierra PE-3S	27.95 km.	Volcánicas	No	No	Si	Fulminante (pza)	1	1.42
										Dinamita (kg)	0.25	10.08
										Barreno (und)	0.017	334.52
03	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Huaura – Sayan – Puente Tingo	MTC	Lima	Red Vial Nacional PE-18	99.28 km.	Volcánicas	No	No	Si	Fulminante (pza)	0.5	1.02
										Dinamita (kg)	0.25	11.36
										Barreno (und)	0.017	389.93
04	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Tocache – Juanjui, Tramo: Juanjui - Campanilla	MTC	San Martín	Ruta Nacional PE-5N	43.3 km.	Andesita	No	No	Si	Fulminante (pza)	1	0.72
										Dinamita (kg)	0.25	16.31
										Barreno (und)	0.017	330.18
05	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Yauri – Negromayo - Imata, Tramo: Imata – Oscollo - Negromayo	MTC	Arequipa - Cusco	Ruta Nacional PE-34J (ramal)	67.7 km.	Andesita	No	No	Si	Fulminante (pza)	1	0.68
										Dinamita (kg)	0.25	13.38
										Barreno (und)	0.017	345.87
06	Rehabilitación y Mantenimiento de la carretera Patahuasi – Yauri – Sicuani, Tramo: Negromayo – Yauri – San Genaro	MTC	Cusco-Arequipa	Red Vial Primaria: Nacional	85.57 km.	Andesita	No	No	Si	Fulminante (pza)	1	1.22
										Dinamita (kg)	0.24	11.19
										Barreno (und)	0.0219	334.23
07	Rehabilitación de la carretera Dv. Las Vegas – Tarma- La Merced	MTC	Junin	Red Vial Nacional: PE - 22A	119.2 km.	Caliza	No	No	Si	Fulminante (pza)	1	0.78
										Dinamita (kg)	0.25	12.58
										Barreno (und)	0.017	411.19
08	Mejoramiento de la carretera Shupluy – Primorpampa – Bellavista – Anta – San Isidro - Poncos – Kochayoc – Chaclahuain – Oratorio –	MTC	Ancash	Red Vial Nacional	56.4 km.	Caliza	No	No	Si	Fulminante (pza)	1	1.65
										Dinamita (kg)	0.25	22.53
										Barreno (und)	0.017	346.39
09	Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Ayacucho – Abancay Tramo: Desvió Kishuara – Puente	MTC	Ayacucho - Apurimac	Ruta Nacional: PE-3S	42 km.	Caliza	No	No	Si	Fulminante (pza)	1	0.81
										Dinamita (kg)	0.25	9.56
										Barreno (und)	0.017	332.89
10	Fraccionamiento y Actualización del estudio Definitivo para el Mejoramiento de la Carretera Oyón – Ambo	MTC	Lima-Pasco-Huanuco	Ruta Nacional: PE-18	47.97 km.	Arenisca	No	No	Si	Fulminante (pza)	1	0.75
										Dinamita (kg)	0.25	10.98
										Barreno (und)	0.017	331.64
11	Estudio definitivo de la carretera llave – mazocruz, Tramo: llave – San Antonio de Checca.	Gobierno Local	Puno	Red Vial Nacional: PE - 38A	10.00 km.	Caliza	No	No	Si	Fulminante (pza)	1	0.75
										Dinamita (kg)	0.25	10.98
										Barreno (und)	0.017	331.64
12	Rehabilitación, Mejoramiento del camino vecinal emp. PE-18 puente Choque Colcapampa, distrito de Cochamarca - Oyón – Lima	Gobierno Local	Lima	Ruta PE-18	30.2 Km.	Diorita	No	No	Si	Fulminante (pza)	1	0.75
										Dinamita (kg)	0.25	10.98
										Barreno (und)	0.017	331.64
13	Mejoramiento y ampliación de la trocha carrozable – Distrito de Jangas – Provincia de Huaraz – Departamento de Ancash	Gobierno Local	Ancash	Ruta PE-3N	16.51 Km.	Caliza	No	No	Si	Fulminante (pza)	1	0.75
										Dinamita (kg)	0.25	10.98
										Barreno (und)	0.017	331.64
14	Estudio Definitivo de Ingeniería para la Construcción del Puente Chacanto	MTC	Amazonas	Ruta Nacional PE-08B	28.79 Km.	Diorita	No	No	Si	Fulminante (pza)	1	0.75
										Dinamita (kg)	0.25	10.98
										Barreno (und)	0.017	331.64
15	Mejoramiento del camino vecinal: Maraypampa – Huanucalla – Pillao, Distrito Chinchao – Huanuco - Huanuco	Gobierno Local	Huanuco	Trocha carrozable	23.26 Km.	Esquisto	No	No	Si	Fulminante (pza)	1	0.75
										Dinamita (kg)	0.25	10.98
										Barreno (und)	0.017	331.64

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro se muestra el tipo de roca, si proponen o no la malla de perforación, si utilizan o no la técnica de voladura, si las especificaciones técnicas consideran las actividades perforación y voladura y si los costos unitarios consideran los materiales de voladura. De forma gráfica tenemos:



Figura N°66: Tipo de roca de los expedientes técnicos

Fuente: Elaboración Propia



Figura N°67: Propuesta de malla de perforación en los expedientes

Fuente: Elaboración Propia

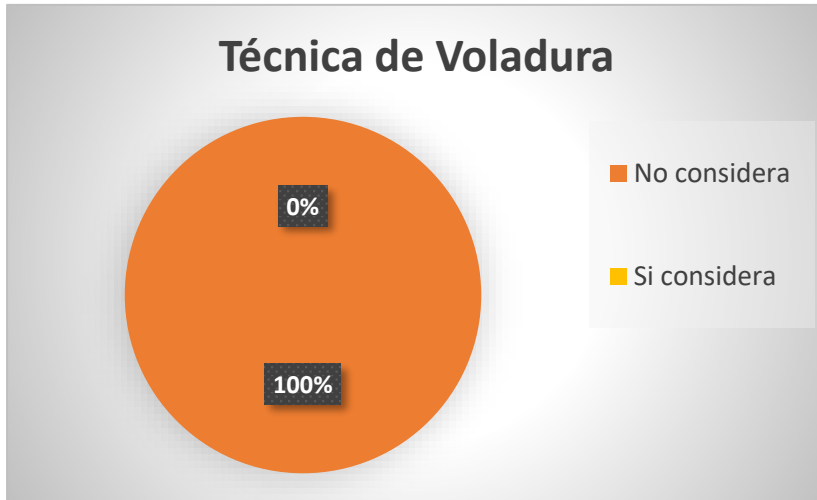


Figura N°68: Propuesta de técnica de voladura en los expedientes técnicos

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 69: Especificaciones técnicas que consideran perforación y voladura

Fuente: Elaboración Propia

De la figura N°66, podemos observar los tipos de rocas que se encontraron en los expedientes; sin embargo, en las figuras siguientes (N°67, N°68) vemos como ni un solo expediente considera ni la malla de perforación ni la técnica de voladura. En contraste a esto, la figura N°69, nos muestra como todos si consideran la perforación y voladura en las especificaciones técnicas.

A continuación, se mostrará una comparación entre los análisis de costos unitarios del expediente técnico N°3: Rehabilitación y Mejoramiento de la carretera Huara-Sayan-Churin Tramo I-II, con un análisis elaborado en una hoja de Excel teniendo como base la teoría planteada en los manuales de perforación y voladura.

➤ Análisis de Costos Unitarios Expediente Técnico N°3

Presupuesto						
Presupuesto	0404037	CARRETERA HUAURA-SAYAN-CHURIN				
Subpresupuesto	001	REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA HUAURA-SAYAN-CHURIN TRAMO I - II				
Cliente	Ministerio de Transportes y Comunicaciones			Costo al	30/04/2012	
Lugar	LIMA - HUAURA - SAYAN					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
100	OBRAS PROVISIONALES				8,574,004.12	
101.A	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	gib	1.00	1,477,837.42	1,477,837.42	
102.A	TRAZO Y REPLANTEO	km	99.28	1,636.24	162,445.91	
103.A	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL	mes	24.00	162,645.30	3,903,487.20	
107.A	ACCESO A CANTERAS, DME, PLANTAS DE PROCESO Y FUENTES DE AGUA	km	25.62	110,817.08	2,839,133.59	
108	DERECHO DE EXTRACCION DE CANTERA HUACAN	m3	382,200.00	0.50	191,100.00	
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS				22,722,138.40	
201.B	DESBROCE Y LIMPIEZA ARBUSTOS	ha	3.32	1,822.70	6,051.36	
202.B	DEMOLICION DE ESTRUCTURAS	m3	4,809.50	60.13	289,195.24	
204.A	FUNDACION DE TERRAPLEN ZONAS DE AMPLIACIONES	m3	124,307.80	15.62	1,941,687.84	
205.B	EXCAVACION EN ROCA FIJA	m3	250,385.40	29.08	7,281,207.43	
205.C	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	584,634.79	3.14	1,835,753.24	
PERFORACIÓN Y DISPARO EN ROCA FIJA						
Partida						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 320.0000	EQ. 320.0000	Costo unitario directo por : m3	19.83	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ A	hh	0.5000	0.0125	19.18	0.24
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0250	14.75	0.37
0147010003	OFICIAL	hh	5.0000	0.1250	12.84	1.61
0147010004	PEON	hh	3.0000	0.0750	11.58	0.87
Materiales						
0201800007	LUBRICANTES, FILTROS, GRASAS	%EQ		20.0000	4.72	0.94
0227000008	MECHA O GUIA RAPIDA	m		1.0000	0.95	0.95
0227020015	FULMINANTE N° 8	u		0.5000	1.02	0.51
0228000022	DINAMITA	kg		0.2500	11.36	2.84
0230020107	BARRENO DE PERFORACION 1 1/2" X 5' m	pza		0.0170	389.93	6.63
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	3.09	0.15
900302010120	MARTILLO NEUMATICO DE 29 kg	hm	4.0000	0.1000	3.89	0.39
900302010130	COMPRESORA NEUMATICA 196 HP 600-690 PCM	hm	1.0000	0.0250	173.22	4.33
						4.87

Figura N° 70: Subpartida de perforación y disparo del expediente N°3

Fuente: Provias Nacional

Para la partida de “perforación y disparo en roca fija” tenemos un costo final de s/. 19.83; sin embargo, este costo es a abril del 2012 por lo que es necesario que se actualice al 2020. Para esto haremos uso de la fórmula polinómica que se encuentra en el expediente, además de la tabla de índices unificados de setiembre del 2020 obtenida del diario El Peruano.

Primero mostraremos la fórmula polinómica del expediente y la tabla de índices unificados de marzo del 2012 y de agosto del 2020:

Fórmula Polinómica

Presupuesto **0404037 CARRETERA HUAURA-SAYAN-CHURIN**
 Subpresupuesto **001 REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA HUAURA-SAYAN-CHURIN TRAMO I - II**
 Fecha Presupuesto **30/04/2012**
 Moneda **NUEVOS SOLES**
 Ubicación Geográfica **150811 LIMA - HUAURA - SAYAN**

$$K = 0.121*(Mr / Mo) + 0.251*(DACr / DACo) + 0.082*(CAR / CAo) + 0.141*(Pr / Po) + 0.122*(MMr / MMo) + 0.283*(Ir / Io)$$

Monomio	Factor	(%)	Simbolo	Indice	Descripción
1	0.121	100.000	M	47	MANO DE OBRA
2	0.251	15.139		03	ACERO DE CONSTRUCCION CORRUGADO
		11.554		21	CEMENTO PORTLAND TIPO I
		73.307	DAC	30	DOLAR MAS INFLACION DEL MERCASO USA
3	0.082	9.756		13	ASFALTO
		90.244	CA	20	CEMENTO ASFALTICO
4	0.141	100.000	P	53	PETROLEO DIESEL
5	0.122	40.984		48	MAQUINARIA Y EQUIPO NACIONAL
		59.016	MM	49	MAQUINARIA Y EQUIPO IMPORTADO
6	0.283	100.000	I	39	INDICE GENERAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR

Estudio Definitivo del Proyecto de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Huarura-Sayan-Churin

Francisco Guerrero Paret

ING. FRANCISCO GUERRERO PARET
Especialista en Métricas, Costos y Precios

Estudio Definitivo del Proyecto de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Huarura-Sayan-Churin Km. 0+000 al Km. 104+400

ING. MARIA MAYORCA PALOMINO
Jefe de Estudio

Figura N°71: Fórmula Polinómica del expediente N°3

Fuente: Provias Nacional



ÁREAS GEOGRÁFICAS													
Cod.	1	2	3	4	5	6	Cod.	1	2	3	4	5	6
01	792,13	792,13	792,13	792,13	792,13	792,13	02	522,59	522,59	522,59	522,59	522,59	522,59
03	517,80	517,80	517,80	517,80	517,80	517,80	04	470,41	691,20	912,46	543,13	272,48	749,04
05	426,44	213,33	359,55	616,33	(*)	604,24	06	860,62	860,62	860,62	860,62	860,62	860,62
07	612,88	612,88	612,88	612,88	612,88	612,88	08	808,75	808,75	808,75	808,75	808,75	808,75
09	285,47	285,47	285,47	285,47	285,47	285,47	10	337,28	337,28	337,28	337,28	337,28	337,28
11	208,78	208,78	208,78	208,78	208,78	208,78	12	291,98	291,98	291,98	291,98	291,98	291,98
13	1718,06	1718,06	1718,06	1718,06	1718,06	1718,06	14	263,68	263,68	263,68	263,68	263,68	263,68
17	519,97	649,76	718,99	845,70	494,19	912,56	16	329,93	329,93	329,93	329,93	329,93	329,93
19	711,05	711,05	711,05	711,05	711,05	711,05	18	286,13	286,13	286,13	286,13	286,13	286,13
21	415,90	339,42	354,74	423,60	354,74	410,96	20	2064,35	2064,35	2064,35	2064,35	2064,35	2064,35
23	368,10	368,10	368,10	368,10	368,10	368,10	22	367,30	367,30	367,30	367,30	367,30	367,30
27	511,28	511,28	511,28	511,28	511,28	511,28	24	267,61	267,61	267,61	267,61	267,61	267,61
31	357,10	357,10	357,10	357,10	357,10	357,10	26	360,06	360,06	360,06	360,06	360,06	360,06
33	621,08	621,08	621,08	621,08	621,08	621,08	28	404,34	404,34	404,34	413,57	404,34	404,34
37	285,84	285,84	285,84	285,84	285,84	285,84	30	354,43	354,43	354,43	354,43	354,43	354,43
39	372,30	372,30	372,30	372,30	372,30	372,30	32	438,91	438,91	438,91	438,91	438,91	438,91
41	352,76	352,76	352,76	352,76	352,76	352,76	34	545,34	545,34	545,34	545,34	545,34	545,34
43	605,38	555,88	736,94	588,13	729,03	835,52	38	408,97	789,51	778,57	524,89	(*)	694,69
45	311,27	311,27	311,27	311,27	311,27	311,27	40	360,82	304,60	403,55	286,51	272,89	331,41
47	448,25	448,25	448,25	448,25	448,25	448,25	42	234,22	234,22	234,22	234,22	234,22	234,22
49	234,94	234,94	234,94	234,94	234,94	234,94	44	343,51	343,51	343,51	343,51	343,51	343,51
51	335,06	335,06	335,06	335,06	335,06	335,06	46	475,62	475,62	475,62	475,62	475,62	475,62
53	870,25	870,25	870,25	870,25	870,25	870,25	48	328,23	328,23	328,23	328,23	328,23	328,23
55	438,30	438,30	438,30	438,30	438,30	438,30	50	623,04	623,04	623,04	623,04	623,04	623,04
57	411,84	411,84	411,84	411,84	411,84	411,84	52	277,28	277,28	277,28	277,28	277,28	277,28
59	192,90	192,90	192,90	192,90	192,90	192,90	54	349,48	349,48	349,48	349,48	349,48	349,48
61	289,66	289,66	289,66	289,66	289,66	289,66	56	565,30	565,30	565,30	565,30	565,30	565,30
65	260,92	260,92	260,92	260,92	260,92	260,92	60	295,99	295,99	295,99	295,99	295,99	295,99
69	384,03	327,82	428,87	423,63	269,39	462,80	62	391,46	391,46	391,46	391,46	391,46	391,46
71	506,99	506,99	506,99	506,99	506,99	506,99	64	231,38	231,38	231,38	231,38	231,38	231,38
73	401,80	401,80	401,80	401,80	401,80	401,80	66	472,64	472,64	472,64	472,64	472,64	472,64
77	274,34	274,34	274,34	274,34	274,34	274,34	68	299,95	299,95	299,95	299,95	299,95	299,95
							70	218,25	218,25	218,25	218,25	218,25	218,25
							72	342,06	342,06	342,06	342,06	342,06	342,06

Figura N°72: Índices Unificados marzo 2012

Fuente: Diario el Peruano

Artículo 1.- Aprobar los Índices Unificados de Precios de la Construcción (Base: julio 1992 = 100,0) para las seis (6) Áreas Geográficas correspondientes al mes de Agosto de 2020, que se indican en el cuadro siguiente:

ÁREAS GEOGRÁFICAS													
Cód.	1	2	3	4	5	6	Cód.	1	2	3	4	5	6
01	1008,15	1008,15	1008,15	1008,15	1008,15	1008,15	02	593,68	593,68	593,68	593,68	593,68	593,68
03	571,93	571,93	571,93	571,93	571,93	571,93	04	575,84	972,70	1062,86	593,43	405,25	760,55
05	453,73	218,39	432,03	608,45	(*)	620,92	06	1013,67	1013,67	1013,67	1013,67	1013,67	1013,67
07	749,91	749,91	749,91	749,91	749,91	749,91	08	936,49	936,49	936,49	936,49	936,49	936,49
09	299,46	299,46	299,46	299,46	299,46	299,46	10	438,93	438,93	438,93	438,93	438,93	438,93
11	261,85	261,85	261,85	261,85	261,85	261,85	12	324,88	324,88	324,88	324,88	324,88	324,88
13	1592,42	1592,42	1592,42	1592,42	1592,42	1592,42	14	263,67	263,67	263,67	263,67	263,67	263,67
17	671,14	788,52	765,94	867,96	819,14	900,92	16	354,83	354,83	354,83	354,83	354,83	354,83
19	820,15	820,15	820,15	820,15	820,15	820,15	18	363,58	363,58	363,58	363,58	363,58	363,58
21	458,63	423,68	449,56	452,97	449,56	419,52	20	1864,52	1864,52	1864,52	1864,52	1864,52	1864,52
23	439,25	439,25	439,25	439,25	439,25	439,25	22	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
27	505,97	505,97	505,97	505,97	505,97	505,97	24	235,47	235,47	235,47	235,47	235,47	235,47
31	378,96	378,96	378,96	378,96	378,96	378,96	26	390,58	390,58	390,58	390,58	390,58	390,58
33	895,96	895,96	895,96	895,96	895,96	895,96	28	628,13	628,13	628,13	606,26	628,13	628,13
37	311,30	311,30	311,30	311,30	311,30	311,30	30	538,27	538,27	538,27	538,27	538,27	538,27
39	466,30	466,30	466,30	466,30	466,30	466,30	32	479,33	479,33	479,33	479,33	479,33	479,33
41	467,21	467,21	467,21	467,21	467,21	467,21	34	452,65	452,65	452,65	452,65	452,65	452,65
43	766,64	726,00	972,80	690,46	1160,69	962,86	38	445,19	997,82	912,39	567,86	(*)	643,09
45	334,15	334,15	334,15	334,15	334,15	334,15	40	405,05	472,62	443,96	350,10	272,89	331,41
47	619,99	619,99	619,99	619,99	619,99	619,99	42	316,26	316,26	316,26	316,26	316,26	316,26
49	337,82	337,82	337,82	337,82	337,82	337,82	44	399,55	399,55	399,55	399,55	399,55	399,55
51	306,34	306,34	306,34	306,34	306,34	306,34	46	477,65	477,65	477,65	477,65	477,65	477,65
53	732,50	732,50	732,50	732,50	732,50	732,50	48	382,27	382,27	382,27	382,27	382,27	382,27
55	518,83	518,83	518,83	518,83	518,83	518,83	50	703,70	703,70	703,70	703,70	703,70	703,70
57	436,54	436,54	436,54	436,54	436,54	436,54	52	335,29	335,29	335,29	335,29	335,29	335,29
59	212,21	212,21	212,21	212,21	212,21	212,21	54	458,49	458,49	458,49	458,49	458,49	458,49
61	255,39	255,39	255,39	255,39	255,39	255,39	56	606,12	606,12	606,12	606,12	606,12	606,12
65	259,56	259,56	259,56	259,56	259,56	259,56	60	295,99	295,99	295,99	295,99	295,99	295,99
69	389,45	327,82	428,87	488,52	269,39	451,51	62	478,20	478,20	478,20	478,20	478,20	478,20
71	660,29	660,29	660,29	660,29	660,29	660,29	64	348,21	348,21	348,21	348,21	348,21	348,21
73	583,92	583,92	583,92	583,92	583,92	583,92	66	753,18	753,18	753,18	753,18	753,18	753,18
77	346,58	346,58	346,58	346,58	346,58	346,58	68	275,50	275,50	275,50	275,50	275,50	275,50
							70	218,25	218,25	218,25	218,25	218,25	218,25
							72	448,53	448,53	448,53	448,53	448,53	448,53
							78	529,81	529,81	529,81	529,81	529,81	529,81
							80	109,91	109,91	109,91	109,91	109,91	109,91

(*) Sin Producción

Nota: El cuadro incluye los índices unificados de código: 30, 34, 39, 47, 49 y 53, que fueron aprobados mediante Resolución Jefatural N° 165-2020-INEI.

Figura N°73: Índices Unificados setiembre 2020

Fuente: Diario el Peruano

A continuación, procedemos a calcular el coeficiente de reajuste “K” para así tener un costo más real y poder compararlo con el que se obtendrá mediante la hoja de cálculo:

Cálculo del coeficiente de reajuste:

Proyecto: Carretera Huarua-Sayan Churin
 Fecha de Presupuesto: Abril-2012
 Área Geográfica N° 02- Lima

Tabla N°18: Cálculo del coeficiente de reajuste

SIM	IU	COEF. INDC.	%	Io (abril- 012)	Ir (agosto -2020)	
		1	2	3	Ir	5=1x2x4/3
M	47	0.121	100.000	448.25	619.99	0.167
	3	0.251	15.139	517.8	571.93	
	21		11.554	339.42	423.68	
DAC	30		73.307	354.43	538.27	0.277
	13	0.062	9.756	1718.06	1592.42	
CA	20		90.244	2064.35	1864.52	0.057
P	53	0.141	100.000	870.25	732.5	0.119
	48	0.122	40.984	328.23	382.27	
MM	49		59.016	234.94	337.82	0.058
I	39	0.283	100.000	372.3	466.3	0.354
					K=	1.033

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla N°18 vemos que el coeficiente de reajuste es igual a 1.033, por lo tanto, el costo actualizado para la partida de perforación y disparo del expediente N°03 será: 19.83×1.033 , lo que nos da un valor de s/. 20.48.

Además, debemos realizar la conversión de este costo a dólares, debido a que las actividades de voladura se trabajan en esta moneda; entonces considerando el tipo de cambio actual es de s/.3.58 tenemos un costo final de \$5.72, siendo este el valor a comprar.

➤ Análisis de Costos Unitarios para el Expediente N°3 mediante hoja de cálculo:

Del expediente tenemos que el volumen a volar es de 250, 385.40 m³; los tipos de rocas que contempla el proyecto son: Caliza, Andesita y Cuarcita, considerando sus respectivas propiedades y parámetros de perforación según manual práctico de voladura – Exsa.

Análisis 1: Roca Caliza

Donde sus propiedades de resistencia a la compresión y a la tracción es de 120 Mpa y densidad de la roca existente 2.20 TM/m³ dato obtenido con referencia al libro de mecánica de rocas de Pedro Ramírez Oyanguren – Leandro Alejandro Monge, considerando un tipo de equipo Neumático con rendimientos EQ:623.70 m³/día y MO:623.70 m³/día, los parámetros de perforación serán obtenidos con referencia al manual práctico de voladura – Exsa, donde la distancia a la cara libre(B) y espaciamiento(E), depende del tipo de roca, en este caso se está considerando una roca dura siendo B=35Φ, E=43 Φ, siendo Φ el diámetro de perforación. Donde dichos valores serán analizados en la base de datos de la tabla N°19 que a continuación se detalla:

Tabla N°19: Base de datos para actividades de perforación y voladura

BASE DE DATOS - PERFORACION Y VOLADURA EN ROCA FIJA		
1.0. DATOS GENERALES		
NOMBRE DEL PROYECTO :	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Huaaura–Sayan–Puente Tingo en el departamento de Lima. El tramo del proyecto tiene una longitud aproximada de 99.28 km. Forma parte de la Red Vial Nacional PE-18.	
LUGAR DE PROYECTO:	Ruta Nacional N° PE-18, provincias de Huaaura y Oyón (Lima).	
FECHA DE PRESUPUESTO:	30 de Abril del 2012	
FECHA DE EJECUCION DE PROYECTO:	Inicio de la obra : 24/04/2013 - Término Real : 21/11/2016	
DÍAS TRABAJADOS POR MES	30	Días / mes
TIPOS DE ROCA	Caliza, Andesita y Cuarcita	
ALTURA DE PROYECTO	2500.00	msnm
TIPO DE ROCA A CONSIDERAR	Caliza	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	120	Mpa
2.0. PRODUCCION REQUERIDA		
Producción Total Requerida	250,385.40	m ³
Plazo de Ejecución	24.00	meses
3.0. PERFORACION DE PRODUCCION		
3.1. Producción Requerida por Equipo		
Tipo de Equipo de Perforación	Track drill neumático	
% Participación Producción Requerida	100.0%	
Producción Requerida por Alternativa	250,385.40	m ³
Producción Requerida por Turno	347.76	m ³ /día
N° Turnos / Día	1.00	Turnos/día
Jornada de Trabajo por Turno	8.00	Hr / turno

3.2. Equipos de Perforación		
Marca de Equipo de Perforación	Ingersoll Rand ECM 351	
Modelo de Equipo de Perforación	Telescopico	
Tipo de Compresora	Compresora Portátil	
Marca de Compresora	Sullair	
Modelo de Compresora	750 DTQ	
Costo Horario del Equipo (Sin I.G.V.)	50.00	US\$/hr
Consumo de Petróleo	8.00	gln/hr
Precio Unitario de Petróleo (Sin I.G.V.)	3.40	US\$/gln
3.3. Vida Util de Accesorios de Perforación		
Broca Retractil de Botones, 2 1/2" ø	300.00	m.p.
Barra MF, Rosca T38, de 12 pies	3,000.00	m.p.
Shank Adapter T38.	3,500.00	m.p.
Precio Unit. Acces. de Perforación (Sin I.G.V.)		
SHANK Adaptador de Culata T38 HL700	550.00	US\$/und
Barra de Extensión T38 Tipo MF, de 12 pies	500.00	US\$/und
Broca Normal T38, de 2½" ø	250.00	US\$/und
3.4. Parámetros de Perforación		
Diámetro de Perforación	2 1/2	Pulg
Velocidad de Perforación	18.00	m/hr
% Eficiencia Operacional	75%	
Fragmentación Máxima	25.00	Pulg
Grado de Abrasividad	ROCA_MUY_DURA	
Peso específico del material	2.20	TM/m3
Distancia a la Cara Libre (B)	2.20	m
Espaciamento (E)	2.80	m
Profundidad de perforacion (H)	3.00	m
Sobreperforación (S)	0.20	m
Producción / Equipo-Turno	623.70	m³/turno
Producción / Equipo-Día	623.70	m³/equipo-día

Fuente: Elaboración Propia

Una vez analizado y procesado la base de datos podemos iniciar con el cálculo del primer resultado el analisis de precios unitarios de perforacion, donde se divide en subpartidas de Mano de Obra, accesorios de perforacion y equipos obteniendose un resultado de 4.84 (Cuatro con 84/100 soles). Ver detalle en la tabla N°20.

Tabla N°20: Análisis de precios unitarios de perforación

1.- ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE PERFORACIÓN						
NOMBRE DEL PROYECTO :	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Huaura-Sayan-Puente Tingo en el departamento de Lima. El tramo del proyecto tiene una longitud aproximada de 99.28 km. Forma parte de la Red Vial Nacional PE-18.	N° Taladros:	34	Taladros	P.e.:	2.20
FECHA DE PRESUPUESTO:	30 de Abril del 2012	Diam. Perf.:	2.50	Pulg.	B (m):	2.20
UBICACIÓN DE PROYECTO :	Ruta Nacional N° PE-18, provincias de Huaura y Oyón (Lima).	Veloc. Perf.:	18.00	m/hr	E (m):	2.80
PARTIDA :	perforacion de produccion	Efic. Operac.:	75%		H (m):	3.00
EQUIPO :	Track drill neumático	Hrs/Turno:	8.00	Hr	S (m):	0.20
TIPO DE ROCA:	Caliza	Prod/Turno:	623.70	m³	Mts. Perf.	108.00
		Fragment.:	25.00	Pulg.		
DESCRIPCION	CANT	INSUMO (Cant/m³)	UND	P. Unit. Soles/Und	Parcial Soles/m³	TOTAL (Soles/m³)
1. MANO DE OBRA	REND. 623.70					
Supervisor	0.50	0.00641	HH	30.0552	0.1928	
Perforista de equipo sobre orugas	1.00	0.01283	HH	34.3488	0.4406	
Ayudante de perforistas de equipo sobre oruga	1.00	0.01283	HH	21.4680	0.2754	0.91
2. ACCESORIOS DE PERFORACIÓN						
SHANK Adaptador de Culata T38 HL700	1.00	0.00058	pza	1925.00	1.1111	
Barra de Extensión T38 Tipo MF, de 12 pies	1.00	0.00006	pza	1750.00	0.1010	
Broca Normal T38, de 2½" ø	1.00	0.00005	pza	875.00	0.0433	
Afilado de brocas y barrenos	5%				0.0022	1.26
3. EQUIPOS	REND. 623.70					
3.1 Track drill neumático	Ingersoll Rand ECM 351	1.00	0.00962	HM	88.9384	0.8556
A.1 Costo horario de posesión		25.00				
B.1 Costo horario de operación (a+b+c+d+e+f)						
a) Mantenimiento (US\$/hr)						
b) Llantas/tren de rodaje (US\$/hr)						
c) Lubricantes (US\$/hr)		0.41				
d) Repuestos (US\$/hr)		0.00				
3.2 Compresora Portátil	750 DTQ	1.00	0.0096	HM	93.5411	0.8999
A.2 Costo horario de posesión		25.00				
B.2 Costo horario de operación (a+b+c+d+e+f)						
a) Mantenimiento (US\$/hr)						
b) Llantas/tren de rodaje (US\$/hr)						
c) Lubricantes (US\$/hr)		0.74				
d) Filtros (US\$/hr)		0.99				
e) Repuestos (US\$/hr)		0.00				
f) Petróleo (gln/hr)		8.00				
Petróleo (US\$/hr)		3.40	0.0096	HM	95.20	0.9158
						2.67
					COSTO DIRECTO	Soles/m³
						4.84

Fuente: Elaboración Propia

La segunda evaluación o resultado que se obtiene después de haber procesado los datos son los precios unitarios de voladura, que se obtiene del resultado de hacer el cálculo de explosivos de voladura detallado en la tabla N°21; y diseño de voladura detallado en la tabla N°22, obteniendo un resultado de 5.47 (Cinco con 47/100 soles). Ver detalle tabla N°23.

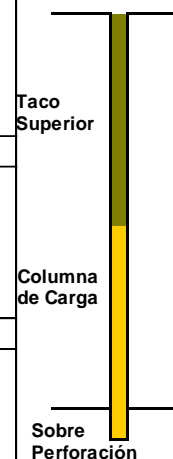
Tabla N°21: Cálculo de explosivos para voladura

2.1- CALCULO DE EXPLOSIVOS PARA VOLADURA					
Corte en Roca Fija	m3	250,385.40			
Periodo de ejecución	Mes	24.00			
Volumen al mes	M3	10,432.73			
Diametro propuesto	Pulg	2 1/2			
Diseño de Voladura					
Distancia a la Cara Libre (B)	(m.)	2.20			
Espaciamiento (E)	(m.)	2.80			
Profundidad de perforacion (H)	(m.)	3.00			
Sobreperforación (S)	(m.)	0.20			
Long. De Perforación	(m.)	3.20			
Volumen a remover por taladro	(m3)	18.48			
Total Taladros por proyecto	(Cant)	13,549.00			
Total metros perforados	(m.)	43,356.80			
Factor de carga ANFO	(Kg/m3)	0.23			
Factor de carga EMULSION	(Kg/m3)	0.10			
Densidad de Roca	(g/cc)	2.20	Densidad del Explosivo	g/cc	1.22
Factor de potencia	(Kg/Tn)	0.11	Densidad lineal	Kg/m	3.87
Taladros por voladura	(Cant)	200.00	Explosivo por taladro	Kg/tal.	4.31
N° de voladuras por proyecto	(Cant)	68.00	Long. De carga	m.	1.11
Total voladuras al mes	(Cant)	3.00	Long. De taco	m.	2.09
Factor de Seguridad	(%)	5.00	Explosivo por taladro	Cart.	3.00
			Peso del Explosivo	Kg.	2.09
			Peso del Explosivo por taladro	Kg.	6.27
ESTIMACION DE MATERIAL EXPLOSIVO PARA EL PROYECTO					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	Und / EMBALAJE	EMBALAJES	REDONDEO EMBALAJE
Anfo	KG.	61,273.48	25.00	2,450.94	2,451.00
Emulsión 1 1/4 X 12	KG.	26,912.28	25.00	1,076.49	1,077.00
Cordon detonante 5G	MTL	119,386.76	1,000.00	119.39	120.00
Exanel de 8.00 MTS	UND.	13,549.00	100.00	135.49	136.00
Retardos de superficie	UND.	2,133.97	60.00	35.57	36.00
Detonador ensamblado 2.4 MTL	UND.	142.80	350.00	0.41	1.00
Otros	UND.				
FACTOR DE INCIDENCIA DE MATERIAL EXPLOSIVO					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	Factor Incidencia		
Anfo	KG.	61,275.00	0.2447		
Emulsión 1 1/4 X 12	KG.	26,925.00	0.1075		
Cordon detonante 5G	MTL	120,000.00	0.4793		
Exanel de 8.00 MTS	UND.	13,600.00	0.0543		
Retardos de superficie	UND.	2,160.00	0.0086		
Detonador ensamblado 2.4 MTL	UND.	350.00	0.0014		
Otros					

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°22: Diseño de voladura

2.2.- DISEÑO DE VOLADURA		
2.2.1.- Equipo de perforación	Track drill neumático	
Tipo de roca	Caliza	
Fragmentación máxima	25.00	pulg
Altura de banco	3.00	m
Diámetro de perforación	2 1/2	pulg
Tipo de explosivo	ANFO	
Densidad del explosivo	0.85	gr/cm ³
Diseño de Malla Asumido:		
Distancia a la Cara Libre (B)	2.20	m
Espaciamiento (E)	2.80	m
Sobreperforación (S)	0.20	m
Diseño de Carga:		
Longitud total de taladro	3.20	m
Sistema de carga	Continua	
Taco(1/3*H)	1.07	
Longitud total de carga	2.13	m
Longitud de carga ANFO	1.60	75%
Longitud de carga EMULSIÓN	0.53	25%
Volumen roto / taladro	18.48	m ³ /tal
Factor de Carga ANFO(columna de carga):		
Tipo de explosivo	ANFO	
Densidad de explosivo	0.85	g/cm ³
Densidad lineal	2.69	Kg/m
Peso explosivo / taladro	4.31	Kg/tal
Factor de carga	0.23	Kg/m ³
Factor de Carga EMULSIÓN (columna de carga):		
Tipo de explosivo	EMULSIÓN	
Densidad de explosivo	1.12	g/cm ³
Densidad lineal	3.55	Kg/m
Peso explosivo / taladro	1.89	Kg/tal
Factor de carga	0.10	Kg/m ³
Iniciador:		
N° decks (taco intermedio)	1	
N° iniciadores tipo Dinamita / taladro	1	
Peso 1 Iniciador Booster	0.9	Lb.
Peso total iniciadores / taladro	0.3906	Kg/tal
Factor de consumo	0.02	Kg/m ³
Cordón Detonante:		
Cantidad amarre con iniciador	0.25	m/tal
Cantidad longitud del taladro - Línea 1	3.20	m/tal
Cantidad longitud del taladro - Línea 2	0.00	m/tal
Cantidad amarre con línea superficie	0.20	m/tal
Cantidad amarre taladro a taladro	2.80	m/tal
Cantidad amarre fila a fila	0.88	m/tal
Cantidad tramo para chispeo	1.48	m/tal
Cantidad total cordón / taladro	8.81	m/tal
Factor de consumo	0.48	m/m ³



Fuente: Elaboración Propia

El diseño de voladura es parte del análisis de precios unitarios de voladura, donde los costos dependen mucho del tipo de roca, diseño de la malla de perforación, diámetro de perforación, para este caso se analizará con datos de referencia de parámetros de diseño de mallas de perforación del manual práctico de voladura – Exsa, propiedades de roca del libro mecánicas de rocas de Pedro Ramírez Oyanguren – Leandro Alejandro Monge y Mg. Ing. Fredy Ponce Ramírez, obteniéndose resultados del factor de carga Anfo y factor de carga emulsión.

Tabla N°23: Cálculo de explosivos para voladura

2.0.- ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS VOLADURA						
NOMBRE DEL PROYECTO :	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Huaura-Sayan-Puente Tingo en el departamento de Lima. El tramo del proyecto tiene una longitud aproximada de 99.28 km. Forma parte de la Red Vial Nacional PE-18.	N° Taladros:	34	Taladros	P.e.:	2.20
FECHA DE PRESUPUESTO:	30 de Abril del 2012	Diam. Perf.:	2 1/2	Pulg.	B (m):	2.20
UBICACIÓN DE PROYECTO :	Ruta Nacional N° PE-18, provincias de Huaura y Oyón (Lima).	Efic. Operac.:	75%		E (m):	2.80
PARTIDA :	Voladura	Hrs/Turno:	8.00	Hr	H (m):	3.00
MATERIAL:	Caliza	Prod/Turno:	623.70	m³	S (m):	0.20
		Fragment.:	25.00	Pulg.		

DESCRIPCION	CANT.	INSUMO (Cant/m³)	UND	P. Unit. Soles/Und	Parcial Soles/m³	TOTAL (Soles/m³)
1. MANO DE OBRA REND. 623.70						
Supervisor	0.50	0.0064	HH	49.0697	0.3147	1.07
Maestro Manipulador de Explosivo	1.00	0.0128	HH	34.3488	0.4406	
Ayudante de Voladura	1.00	0.0128	HH	24.5349	0.3147	
2. MATERIALES						
Anfo	61275.00	0.2447	KG	5.60	1.3704	4.40
Emulsión 1 1/4 X 12	26925.00	0.1075	UND	6.00	0.6452	
Cordon detonante 5G	120000.00	0.4793	MTL	3.20	1.5336	
Exanel de 8.00 MTS	13600.00	0.0543	MTS	10.00	0.5432	
Retardos de superficie	2160.00	0.0086	UND	10.40	0.0897	
Detonador ensamblado 2.4 MTL	350.00	0.0014	MTS	5.60	0.0078	
Otros (protección de voladuras)	5%				0.2095	
COSTO DIRECTO					Soles/m³	

Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar en los siguientes gráficos la incidencia que tiene cada componente correspondiente a la partida de perforación y voladura, siendo los explosivos la partida con mayor porcentaje de incidencia, seguido de equipos, mano de obra y accesorios de perforación.

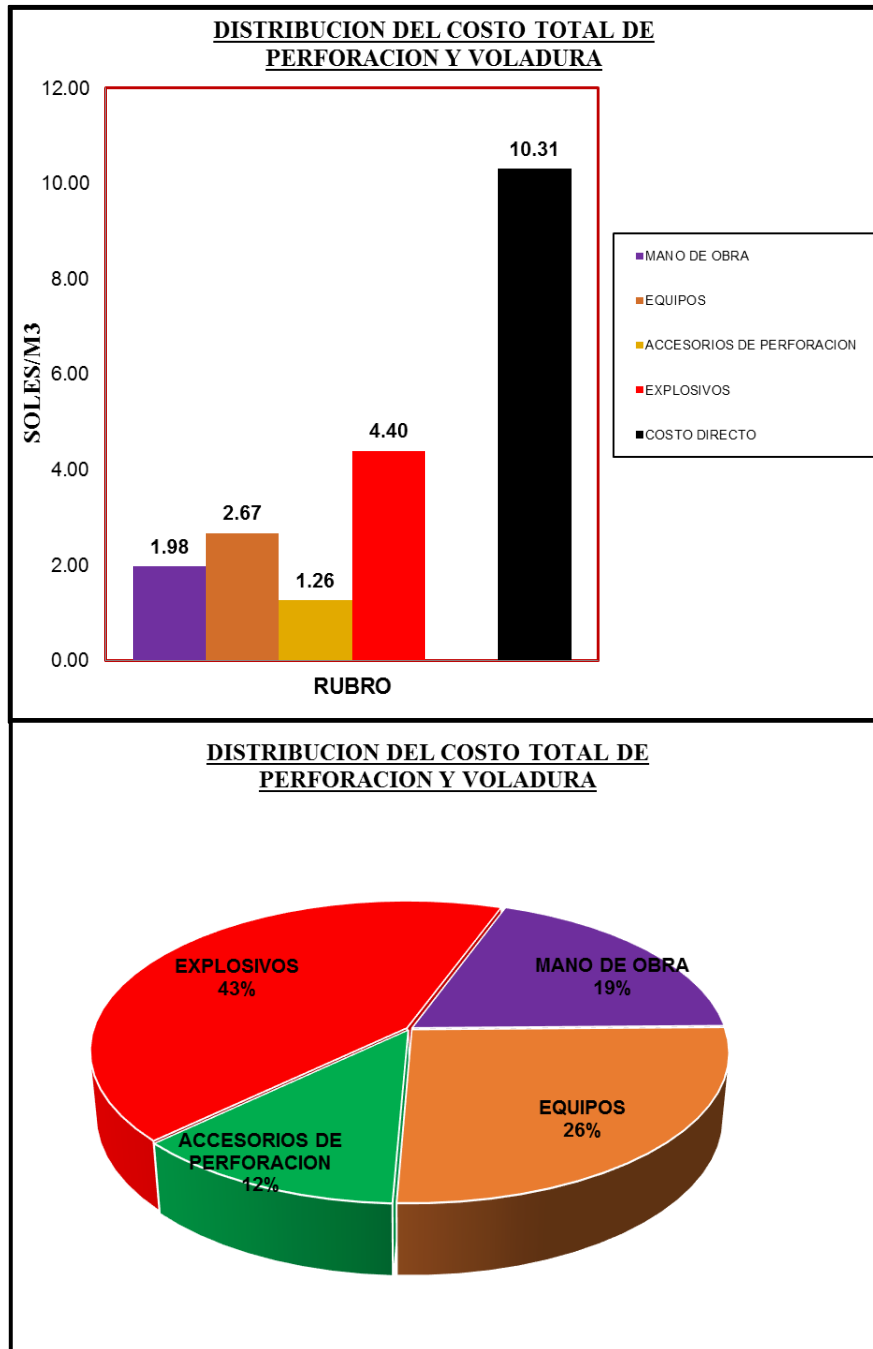


Figura N°74: Distribución del costo total de perforación y voladura

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, en la siguiente tabla vemos que la estimación de costos de perforación y voladura para el proyecto es de 10.31 (Diez con 31/100 soles).

Tabla N° 24: Análisis del costo final para la parida de perforación y voladura (caliza)

ANALISIS DE COSTO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

NOMBRE DEL PROYECTO :

REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA HUAURA-SAYAN-PUENTE TINGO EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA. EL TRAMO DEL PROYECTO TIENE UNA LONGITUD APROXIMADA DE 99.28 KM. FORMA PARTE DE LA RED VIAL NACIONAL PE-18.

UBICACIÓN DE PROYECTO : Ruta Nacional N° PE-18, provincias de Huaura y Oyón (Lima).

NIVEL DE PERFORACION : Hasta sub-rasante de acuerdo a los Especificaciones del Plano

FECHA DE ELABORACIÓN : domingo, 08 de noviembre de 2020

PERIODO DE EJECUCIÓN : 24.00 MESES

TIPO DE ROCA A CONSIDERAR Caliza

ESTIMACION DE COSTO DE PERFORACIÓN Y VOLDURA

DESCRIPCIÓN	UNID	METRADO	COSTO UNIT. (Soles/m3)	"PRECIO" UNIT. (Soles/m3)
CORTE EN ROCA FIJA	m3	250,385.40		10.31
Costo de Perforación			4.84	
Costo de Voladura			5.47	
COSTO DIRECTO			10.31	

Fuente: Elaboración Propia

Análisis 2: Roca Andesita

Donde los parámetros de perforación son:

- Diámetro de Perforación (Φ): 2 1/2 "
- Resistencia a la compresión: 128 Mpa
- Peso específico del material: 2.50 TM/m3
- Distancia a la Cara Libre (B): 34 $\Phi \sim 2120m$
- Espaciamiento (E): 40 $\Phi \sim 2.50m$

Tabla N°25: Análisis del costo final para la parida de perforación y voladura (andesita)

ANALISIS DE COSTO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

NOMBRE DEL PROYECTO :

REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA HUAURA–SAYAN–PUENTE TINGO EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA. EL TRAMO DEL PROYECTO TIENE UNA LONGITUD APROXIMADA DE 99.28 KM. FORMA PARTE DE LA RED VIAL NACIONAL PE-18.

UBICACIÓN DE PROYECTO : Ruta Nacional N° PE-18, provincias de Huaura y Oyón (Lima).

NIVEL DE PERFORACION : Hasta sub-rasante de acuerdo a los Especificaciones del Plano

FECHA DE ELABORACIÓN : domingo, 08 de noviembre de 2020

PERIODO DE EJECUCIÓN : 24.00 MESES

TIPO DE ROCA A CONSIDERAR Andesita

ESTIMACION DE COSTO DE PERFORACIÓN Y VOLDURA

DESCRIPCIÓN	UNID	METRADO	COSTO UNIT. (Soles/m3)	"PRECIO" UNIT. (Soles/m3)
CORTE EN ROCA FIJA	m3	250,385.40		13.03
Costo de Perforación			6.49	
Costo de Voladura			6.53	
COSTO DIRECTO			13.03	

Fuente: Elaboración Propia

Análisis 3: Roca Cuarcita

- Donde los parámetros de perforación son:
- Diámetro de Perforación (Φ): 2 1/2 "
- Resistencia a la compresión: 252 Mpa
- Peso específico del material: 2.70 TM/m3
- Distancia a la Cara Libre (B): 33 $\Phi \sim 2.10m$
- Espaciamiento (E): 38 $\Phi \sim 2.40m$

Tabla N°26: Análisis del costo final para la parida de perforación y voladura (cuarcita)

ANALISIS DE COSTO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

NOMBRE DEL PROYECTO :

REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA HUAURA-SAYAN-PUENTE TINGO EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA. EL TRAMO DEL PROYECTO TIENE UNA LONGITUD APROXIMADA DE 99.28 KM. FORMA PARTE DE LA RED VIAL NACIONAL PE-18.

UBICACIÓN DE PROYECTO : Ruta Nacional N° PE-18, provincias de Huaura y Oyón (Lima).

NIVEL DE PERFORACION : Hasta sub-rasante de acuerdo a los Especificaciones del Plano

FECHA DE ELABORACIÓN : domingo, 08 de noviembre de 2020

PERIODO DE EJECUCIÓN : 24.00 MESES

TIPO DE ROCA A CONSIDERAR Cuarcita

ESTIMACION DE COSTO DE PERFORACIÓN Y VOLDURA

DESCRIPCIÓN	UNID	METRADO	COSTO UNIT. (Soles/m3)	"PRECIO" UNIT. (Soles/m3)
CORTE EN ROCA FIJA	m3	250,385.40		15.23
Costo de Perforación			7.92	
Costo de Voladura			7.32	
COSTO DIRECTO			15.23	

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar que con esta hoja de cálculo obtuvimos un costo por m3 de s/. 10.31, para una roca caliza, de s/. 13.03 para roca andesita y s/.15.23 para una roca cuarcita siendo estos precios en dólares, \$2.88, \$3.64 y \$4.25 respectivamente; corroborando así que el tipo de roca y sus características influyen al momento de determinar el costo unitario.

Además, observamos que los costos obtenidos para cada tipo de roca son inferiores al que se considera en el expediente técnico (\$5.72), siendo la variación de 51.57% para la caliza; 38.80 % para la andesita y 28.46 % para la cuarcita.

A continuación, se muestra en la siguiente tabla un resumen con la comparación entre el costo unitario para la partida de excavación de roca fija del expediente con el obtenido mediante la hoja de cálculo para todos los expedientes.

Tabla N°27: Cuadro comparativo de costos unitarios

Expediente N°	Año	Tipo de Roca	Costo Según Expediente (s/.)	Coefficiente de reajuste "K"	Costo Actualizado	Cambio a \$ (1)	Costo según Hoja de Calculo (s/.)	Cambio a \$ (2)	Variación (\$) (1-2)	%
1	2012	Cuarcita	19.82	1.213	24.04	6.72	15.23	4.25	2.46	37%
2	2012	Volcanica	18.00	1.047	18.85	5.26	15.24	4.26	1.01	19%
3	2012	Volcanica	19.83	1.033	20.48	5.72	15.24	4.26	1.46	26%
4	2012	Andesita	18.09	1.021	18.47	5.16	13.03	3.64	1.52	29%
5	2015	Andesita	17.89	1.005	17.98	5.02	13.03	3.64	1.38	28%
6	2012	Andesita	21.10	1.103	23.27	6.50	13.03	3.64	2.86	44%
7	2012	Andesita	20.18	1.112	22.44	6.27	13.03	3.64	2.63	42%
8	2012	Caliza	27.22	1.051	28.61	7.99	10.31	2.88	5.11	64%
9	2012	Caliza	16.18	1.014	16.41	4.58	10.31	2.88	1.70	37%
10	2017	Caliza	17.25	1.001	17.27	4.82	10.31	2.88	1.94	40%
11	2017	Caliza	14.67	1.010	14.82	4.14	10.31	2.88	1.26	30%
12	2014	Diorita	15.59	1.120	17.46	4.88	15.43	4.31	0.57	12%
13	2017	Caliza	20.42	1.002	20.46	5.72	10.31	2.88	2.84	50%
14	2018	Diorita	23.20	0.982	22.78	6.36	15.43	4.31	2.05	32%
15	2019	Esquisto	16.08	0.932	14.99	4.19	12.32	3.44	0.74	18%

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla N° 27 vemos que en promedio el costo unitario es de \$ 5.56 según los expedientes técnicos, y con la hoja de cálculo, se obtiene un costo promedio de \$ 3.59, además observamos que dependiendo del tipo de roca los costos pueden optimizarse, teniendo un ahorro de 12 % para una roca diorita por ejemplo y de hasta un 64% para una caliza.

5.4 Análisis de Resultados

Con la revisión y análisis de los expedientes técnicos, pudimos observar lo siguiente:

- Los expedientes técnicos cuentan con estudios de geología y geotecnia en los que se clasifica el tipo de roca a usar; sin embargo, no consideran ni existe una propuesta de la malla de perforación, en contraste vemos que dentro de los análisis de costos unitarios si aparecen los equipos para los trabajos de perforación, además no se toma en cuenta el tipo de roca, a pesar que según el análisis con la hoja de cálculo, esto

incide considerablemente en los costos unitarios. Además, todos los expedientes consideran de forma típica el uso del martillo neumático; esto se puede deber a que los expedientes están usando de manera general lo planteado en el libro del Ing. Walter Ibañez, Costos y Tiempos en Carreteras. Por lo tanto, podemos afirmar que los costos no reflejan lo que la teoría indica.

- En cuanto a la técnica de voladura vemos que los expedientes detallan las características de la roca como ya se mencionó; sin embargo, esta información no se ve plasmada en algún cálculo para determinar las cantidades y el tipo de explosivo a usar; pero al revisar los análisis de costos unitarios vemos que todos los expedientes consideran 0.25 kg de dinamita de forma típica, lo que nos lleva a pensar que probablemente también se estén usando lo que se indica en el libro del Ing. Walter Ibañez. Por lo tanto, los costos tampoco reflejan lo que la teoría indica.
- En cuanto a las especificaciones técnicas, todos los expedientes revisados que han sido aprobados por el MTC detallan claramente como se deben realizar las actividades de perforación y voladura en obras de carreteras. Lo que todos los expedientes mencionan en resumen es el siguiente párrafo, que también se encuentra en el Manual de Carreteras EG-2013:

Para iniciar los trabajos de Perforación y Voladura de rocas se deberá presentar en primer lugar un Procedimiento Ejecutivo con carácter de obligatoriedad para ser aprobado por la supervisión, en el cual debe establecer los criterios de voladuras, las mallas de perforación; las cargas respectivas, los tipos de explosivos, los equipos a utilizar, etc. Considerando que se cumpla los requerimientos ofrecidos en la propuesta técnico económica del Contratista para realizar esta partida de voladura de roca. Este procedimiento deberá estar en concordancia con el Estudio Geológico y Geotécnico que forma parte del Estudio Definitivo.

Por lo tanto, las especificaciones técnicas en los expedientes técnicos si consideran la malla de perforación y la técnica de voladura para la elaboración de costos unitarios, además que reflejan lo que la teoría indica.

- Del Análisis de Costos Unitarios de cada Expediente observamos que los 10 tienen la siguiente estructura: Partida de Excavación en Roca Fija y esta a su vez las sub

partidas de Perforación y Disparo, y Desquinche y Peinado de Taludes; tal como lo indica el Ing. Walter Ibañez en su libro Costos y Tiempos en Carreteras.

Además, identificamos que para la subpartida de perforación y disparo los expedientes indican cantidades similares a lo que el libro indica respecto a los materiales; 8 de los 10 expedientes utilizan las mismas cantidades para los materiales de barreno, fulminante y dinamita. A continuación, se mostrará un ejemplo usando el expediente N°2: Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera imperial – Mayocc – Ayacucho, Tramo Mayocc – Huanta, carretera longitudinal de la Sierra PE-3S que se ubica en los departamentos de Huancavelica y Ayacucho, provincia de Churcampa y Huanta.

Análisis de precios unitarios								
Presupuesto	0499003	ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA IMPERIAL - MAYOCC - AYACUCHO, TRAMO: MAYOCC - HUANTA..					Fecha	31/07/2012
Subpresupuesto	001	TRAMO MAYOCC - HUANTA (ALT 1)						
Partida	(930101910402-0499003-01) PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA							
Rendimiento	m3/DIA	MO. 320.0000	EQ. 320.0000	Costo unitario directo por : m3			18.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
Mano de Obra								
0147010001	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0125	20.40	0.26		
0147010003	OFICIAL	hh	5.0000	0.1250	13.46	1.68		
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0500	12.15	0.61		
						2.55		
Materiales								
0227000007	GUIA	m		1.0000	1.17	1.17		
0227020011	FULMINANTE	und		1.0000	1.42	1.42		
0228000022	DINAMITA	kg		0.2500	10.08	2.52		
0230080010	BARRENO 5' X 1/8"	und		0.0170	334.52	5.69		
						10.80		
Equipos								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.55	0.08		
930101971001	COMPRESORA NEUMATICA 199 HP 600-690 PCM	hm		0.0250	167.72	4.19		
930101972201	MARTILLO NEUMATICO 25-29 KG	hm		0.1000	3.82	0.38		

Figura N°75: Subpartida de perforación y disparo expediente N°2

Fuente: Expediente técnico N°2

Descripción	Unidad	Costo	Cantidad				Selva	Precio Unitario	Parcial	Total
			Sierra							
			Hasta 2300 msm	2300 a 3800 msm	Más de 3800 msm					
	R =	320	320	260	260	320				
Materiales										
Dinamita	Kg	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250				
Fulminante	Und	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000				
Mecha	MI	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000				
Barreno 5' x 1/8" 5M/M3/300M/Und	Und	0.0170	0.0170	0.0170	0.0170	0.0170				
Mano de Obra										
0.5 Capataz B	hh	0.013	0.013	0.015	0.015	0.013				
1.0 Controlador (Of)	hh	0.025	0.025	0.031	0.031	0.025				
4.0 Perforistas (Of)	hh	0.100	0.100	0.123	0.123	0.100				
2.0 Peón	hh	0.050	0.050	0.062	0.062	0.050				
Equipo										
1.0 Compres. 600 - 690	hm	0.025	0.025	0.031	0.031	0.025				
4.0 Martillo Neumatico 25 - 29 kg	hm	0.100	0.100	0.123	0.123	0.100				
Herram. (3%MO)	%	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030				
							Costo Unitario			

Figura N°76: Subpartida de perforación y disparo

Fuente: Costos y Tiempos en Carreteras

5.5 Contratación de Hipótesis:

Al haber concluido con la revisión, resumen y análisis de los componentes de Geología y Geotecnia, Especificaciones Técnicas, Presupuesto y Análisis de Costos Unitarios de los 15 expedientes técnicos, se presenta la comprobación de las hipótesis planteadas.

5.5.1. Hipótesis General

Hipótesis Alterna (Hi): Considerar la perforación y voladura en las partidas de movimiento de tierras a nivel de roca fija para carreteras, influye de manera significativa al momento de elaborar el análisis de costos unitarios.

Hipótesis Nula (Ho): Considerar la perforación y voladura en las partidas de movimiento de tierras a nivel de roca fija para carreteras, no influye de manera significativa al momento de elaborar el análisis de costos unitarios.

5.5.2 Hipótesis específica 1

Hipótesis Alternativa (Hi1): Considerar y proponer la malla de perforación en los estudios de geología y geotecnia en los expedientes de carreteras, influye significativamente en análisis de costos unitarios.

Hipótesis Nula (Ho1): Considerar y proponer la malla de perforación en los estudios de geología y geotecnia en los expedientes de carreteras, no influye significativamente en análisis de costos unitarios.

De acuerdo a la revisión y al análisis que se hizo de los 15 expedientes técnicos, pudimos observar que los estudios de geología y geotecnia muestran el tipo de roca, y en 4 expedientes se muestran estudios especializados como la clasificación geomecánica RMR (Rock Mass Rating), con los que se determinan los siguientes parámetros:

- Resistencia uniaxial
- Grado de fracturación
- Espaciado de las discontinuidades
- Estado de las discontinuidades

Según Mamani, I., el desarrollo de los trabajos de perforación y voladura expone inicialmente las características del macizo rocoso, siendo esta una variable aleatoria que influye directamente en las demás variables (voladura y costos unitarios), para lo cual se realiza el mapeo geomecánico utilizando el método RMR; y de esta forma poder elegir la máquina más adecuada para realizar la perforación y los agentes de voladura a utilizarse; para así realizar un trabajo donde se gaste menos recursos económicos, diseñar la malla de perforación más adecuada sin que sea necesario invertir en voladura secundaria; sin embargo, no se encontró ningún documento con estos cálculos en el componente de Geología y Geotecnia.

Por tal motivo es que se verifica la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

5.5.3 Hipótesis específica 2

Hipótesis Alternativa (Hi2): Considerar la técnica de voladura en los expedientes técnicos de carreteras influye significativamente en el análisis de costos unitarios.

Hipótesis Nula (Ho2): Considerar la técnica de voladura en los expedientes técnicos de carreteras no influye significativamente en el análisis de costos unitarios.

Sabemos que las características del macizo rocoso también influyen para determinar el tipo y la cantidad de explosivos; Exsa en su Manual Práctico de Voladura, nos menciona que las rocas debido a su formación, edad y a los diversos eventos geológicos que han sufrido, presentan diversas estructuras secundarias que influyen en su fracturamiento con explosivos. Las principales desventajas que presentan son la pérdida de energía por fuga de gases y la perforación de piedras sobredimensionadas. En consecuencia, es necesaria la aplicación de la técnica de voladura para un óptimo cálculo de las cantidades, así como del tipo de explosivo a usar.

Según Romero, F., el tipo de explosivo a usar deberá ser aquel que tenga un menor costo por m³ de roca volada. Ya elegido el explosivo, se procurará usar el mínimo de explosivos en la carga de los barrenos que produzca los resultados requeridos, esto redundará en el aspecto económico de la voladura. Así mismo, Rojas, K y Flores, Y., determinaron una reducción de costos de explosivos de voladura de 15.76 US\$ por metro lineal; corroborando así que la técnica de voladura influye al momento de determinar los costos unitarios para estas partidas.

Sin embargo, de lo revisado en los expedientes, se determinó que ni uno contaba con este cálculo.

Es por esto que verificamos la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

5.5.4 Hipótesis específica 3

Hipótesis Alternativa (Hi3): Las especificaciones técnicas de los expedientes técnicos en carreteras toman en consideración la malla de perforación y técnicas de voladura para la elaboración de los costos unitarios.

Hipótesis Nula (Ho3): Las especificaciones técnicas de los expedientes técnicos en carreteras no toman en consideración la malla de perforación ni técnicas de voladura para la elaboración de los costos unitarios.

Dentro de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción del Manual de Carreteras encontramos que, dentro de las Excavaciones para Explanaciones se encuentra la Excavación Clasificada en Roca Fija, mencionando lo siguiente:

Para iniciar los trabajos de Perforación y Voladura de rocas se deberá presentar en primer lugar un Procedimiento Ejecutivo con carácter de obligatoriedad para ser aprobado por la supervisión, en el cual debe establecer los criterios de voladuras, las mallas de perforación; las cargas respectivas, los tipos de explosivos, los equipos a utilizar, etc. Considerando que se cumpla con los requerimientos ofrecidos en la propuesta técnico económica del Contratista para realizar esta partida de voladura en roca. Este procedimiento deberá estar en concordancia con el Estudio Geológico y Geotécnico que forma parte del Estudio Definitivo.

Esta información si se encuentra planteada en cada uno de los expedientes revisados; por lo que concluimos que las especificaciones técnicas de los expedientes de carreteras si consideran la malla de perforación y las técnicas de voladura, verificando así la hipótesis alternativa y rechazando la hipótesis nula.

CONCLUSIONES

1. Determinamos que considerar la perforación y voladura influye significativamente en el análisis de costos unitarios para la partida de movimiento de tierras a nivel de roca fija en carreteras; esto debido a que luego de la revisión de los 15 expedientes y el uso de la hoja de cálculo se pudo determinar una variación de hasta un 64% en el costo final de la partida
2. De la revisión de los expedientes técnicos concluimos que ninguno tiene alguna propuesta para la malla de perforación. Además, se concluye que el no hacerlo influye de manera significativa en los costos unitarios, ya que mediante la hoja de cálculo determinamos que dependiendo del tipo de roca se consideran diferentes tipos de mallas obteniendo costos unitarios que en comparación a los expedientes técnicos variaban desde un 12 % hasta un 64%.
3. Así mismo, concluimos que ningún expediente toma en consideración la técnica de voladura para elaborar los costos unitarios; sin embargo, vimos que los explosivos representan un 40% del costo total de la partida, por lo que concluimos también que la técnica de voladura si tiene una influencia significativa en los costos unitarios.
4. Las especificaciones técnicas que observamos en todos los expedientes técnicos revisados coinciden con lo que se indica el Manual de Carreteras, por lo que concluimos que las especificaciones técnicas si consideran la malla de perforación y la técnica de voladura para la elaboración de los costos unitarios.
5. La revisión de los expedientes también nos llevó a observar que todos los expedientes en sus costos unitarios consideran materiales y equipos típicos sin importar el tipo de roca a volar; siendo estos muy similares a los considerados en el libro Costos y Tiempos en Carreteras del Ing. Walter Ibañez; por lo que concluimos que los análisis de costos unitarios fueron elaborados solo en base a lo que el libro indica y no a un cálculo como nos dice la teoría.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que las partidas de movimiento de tierras a nivel de roca fija en los expedientes de carreteras tomen en cuenta la perforación y voladura al momento de elaborar el análisis de costos unitarios, ya que se determinó que estos costos pueden optimizarse considerablemente.
2. Es recomendable que al momento de elaborar el análisis de costos unitarios se tome en cuenta el tipo de roca para el diseño de la malla de perforación, debido a que esto influye directamente en el costo final de la partida.
3. Es necesario que esta investigación se continúe el próximo año y aplicándola en el campo toda vez que esta tesis ha sido descriptiva y explicativa, permitiendo así validar y mejorar lo planteado en esta investigación.
4. Es necesario que esta investigación se continúe el próximo año y aplicándola en el campo toda vez que esta tesis ha sido descriptiva y explicativa, permitiendo así validar y mejorar lo planteado en esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- (1987), I. G. (1987). *Manual de perforación y voladura*. España.
- (1990), C. J., & Enrique Albarán N. (1990). *Manual de perforación y voladura de Rocas*. España: Instituto Tecnológico GeoMinero de España.
- (2014), H. R. (2014). *Metodología de la Investigación, México DF, México*. México: INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Anaex. (2016). *Guía del Explosivista, (Anaex, Edición octubre 2016)*.
- Antayhua Gabonal, F. (2017). Implementación de la voladura controlada en los frentes de avance de los niveles 3170 y 3050 en mina Chipmo-U.E.A. Orcopampa. (*Tesis para optar el grado de Ingeniero de Minas*). Lima-Perú.: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ayamamani Pachari, C. (2016). Diseño de perforación y voladura y su incidencia en los costos unitarios en balcón III de la corporación minera Ananea S. A. (*Tesis para optar el grado de ingeniero de Minas*). Universidad Nacional del Altiplano. Perú. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Perú.
- Bernaola Alonso, J. C., & Herrera Herbert, J. (2013). *Perforación y voladura en rocas de minería*. Madrid.
- Calvin J, I. E. (1998). *Diseño de Voladura* . Primera Edición, 1998.
- Carrasco León, C. (2016). La optimización de las operaciones unitarias de perforación y voladura, mejora el rendimiento económico en la unidad minera San Andrés - MARSA 2014. . (*Tesis para optar el grado de Ingeniero de Minas*). Apurímac - Perú: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Carrasco León, C. (2016.). La optimización de las operaciones unitarias de perforación y voladura, mejora el rendimiento económico en la unidad minera San Andrés - MARSA 2014. (*Tesis para optar el grado de Ingeniero de Minas*). Apurímac - Perú: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Correa, L. M. (24 de Septiembre de 2017). Diseño del sistema de perforación y voladura en los bancos D, E y F en la mina de caliza el tesoro, contrato de concesión ili-16111 ubicada en la vereda las caleras del municipio de Nobsa-Boyacá. (*Tesis para optar el grado de Ingeniero de Minas*). Sagamoso - Boyacá, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Cruz Mamani, K. (2019). Propuesta de diseño de perforación y voladura para optimizar los costos en la construcción del By Pass 260 NV-1470 en la Unidad Minera La Soledad

- S.A.C – Chalhuanne – Arequipa. (*Tesis para optar el grado de Ingeniero de Minas*). . Cusco - Perú: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Espinoza Zamalloa, & L.-(. (2016). Perforación y voladura en corte escalonado, para la reducción de costos en labores de avance en la zona Valeria, Marsa - 2014 (Tesis para optar el grado de ingeniero de minas). Apurimac , Perú: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac.Perú.
- Exsa. (2014). *Manual práctico de voladura (Exsa, 2014)- Edición especial, La línea más completa para voladura Das Komplette Sprengstoffprogramm The Most Complete Blasting*. Exsa.
- Huatuco Lozano, O. (2016). Reducción de costos en voladura aplicando el modelo matemático de Pearse. (*Tesis para optar el grado de Ingeniero de Minas*). Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ibañez, W. (2015). *Costos y Tiempos en Carreteras, Lima, Perú*. Lima: Editorial Macro.
- Jimeno, C. L. (2014). *Libro Manual de perforación y voladura de rocas*. España: Instituto GeoMinero de España.
- Joyo Cancho, F. (2019). Modelo geológico-geotécnico para definir la excavación de laderas por banqueo en rocas sedimentarias para obras viales. Construcción d ela carretera Kimbiri-Kepashiato, tramo Cielo Punku Quebrada Honda (km 1+000 al km 5+000)(*Tesis de maestria*) . Lima, Lima, Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcoa, Lima - Perú.
- Llaccolla Phuyo, G. (2019). Reducción de costos operativos, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura consorcio minero horizonte S.A- Pataz, La Libertad. . (*Tesis para optar el grado de Ingeniero de Minas*). Cusco -Perú: Universidad Nacional de san Antonio Abad del Cusco.
- Mamani Neyra, R. (2016). Análisis y optimización de costos de perforación y voladura en la construcción de canal San Antonio de Miña (*Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil*). Puno, Puno, Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Perú.
- Morales Curo, K. (2019). Reduccion de costos unitarios mediante la optimización de la malla de perforación y voladura en el inclincado-180 valeria norte de la empresa minera Vicus SAC (*Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil*). Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro -Perú.
- N. (s.f.). *Perfeccionamiento de los trabajos de perforación y voladura en la empresa AL Baraka*. *Ciencia y Futuro*, 10(1),18.
- Nguema Mozoho, A. A. (2020). *Perfeccionamiento de los trabajos de perforación y voladura en la empresa AL Baraka*. *Ciencia y Futuro*, 10(1),18.

- Ortega Ramos, C. &. (2015). Modificación de las mallas de perforación de voladuras a partir del índice de esfuerzo geológico (GSI), caso mina "La Maruja". *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 40(1), 32-38.
- Pernía Llera, J. M. (1987). *Manual de perforación y voladura de rocas*. España: Instituto Geológico y Minero de España.
- Ponce Ramires, F. (2011). *Perforación y Voladura de rocas en minería y construcción*. Lima.
- Quispe Centeno, N. (2019). Diseño de mallas de perforación y voladura y su incidencia en los costos unitarios en la unidad minera Chahuane. (*Tesis para optar el grado de Ingeniero De Minas*) . Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa .
- Ramírez Oyanguren, P., & Alejandro Monge, L. (2004). *Mecánica de Rocas - Fundamentos de Ingeniería de taludes*.
- Rojas Aparco, K. &. (2017). Diseño de malla de perforación y voladura para la reducción de costos en el nivel 1590 cruce 520 de la U.E.A. capitana - Corporación Laces S.A.C. Minería y Construcción - Caraveli - Arequipa. . (*Tesis para optar el grado de Ingeniería de Minas*). Huancavelica - Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Romero Naranjo, R. (2009). Manual técnico para el uso de explosivos utilizados en voladuras a cielo abierto en vías terrestres. (*Tesis para optar el grado de magister*). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Maestría en Vías Terrestres.
- Sanz, J. L. (1993). *Manual para el control y diseño de voladuras en obras de carretera*.
- Vilca Callata, Y. (2019). Voladura controlada y reducción porcentual de dilución y costos en tajeo con uso de exsablock en la minera aurífera retamas s.a. (*Tesis para optar el grado de Ingeniero de Minas*). Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano.