



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



## ANÁLISIS DE COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN MOVIMIENTO DE TIERRAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES

### EXAMEN DE SUFICIENCIA DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

**Bach. ALAN CONDORI GONZA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO - PERÚ**

**2019**



## DEDICATORIA

*A mis padres Valerio Condori Chuquimamani y Margarita Gonza Condori; A mi hermana, sobrinos y a toda mi familia, que siempre han estado ahí, brindándome su apoyo y consejo en los buenos y malos momentos de esta vida, al cual seguiré recorriendo, buscando superarme día a día, para ser un buen profesional y servir a mi país con la sapiencia adquirida.*

*Alan Condori Gonza*



## AGRADECIMIENTO

*Gracias a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, por haberme permitido formarme en ella, gracias a la Escuela Profesional de Minas, gracias a todas los docentes y compañeros con los que he compartido parte de mi vida y hoy son unos grandes amigos para mí, en los cuales puedo confiar y compartir nuevas experiencias en esta nueva etapa profesional, gracias a Dios y a la Virgen de Copacabana, a las que siempre me encomendé para que me guie en el buen camino y me de la fe que nunca perdí.*

***Alan Condori Gonza***



# ÍNDICE GENERAL

## DEDICATORIA

## AGRADECIMIENTO

## ÍNDICE GENERAL

## ÍNDICE DE TABLAS

## ÍNDICE DE FIGURAS

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN .....	7
ABSTRACT.....	8
I. INTRODUCCIÓN .....	9
1.1.    OBJETIVO GENERAL.....	11
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
2.1.    Conceptos Generales.....	11
2.2.    Metodología de la investigación .....	13
2.3.    Partida de movimiento de tierras en roca fija y roca suelta .....	14
2.4.    Clasificación geomecánica del macizo rocoso .....	14
2.5.    Perforación.....	14
2.6.    Voladura.....	17
2.7.    Diseño de voladura en obras viales.....	17
2.8.    Voladura controlada.....	18
2.9.    Clasificación de los explosivos.....	19
2.10.   Análisis de costos de perforación .....	19
2.11.   Análisis de costos de voladura.....	20
2.12.   Como elegir el explosivo adecuado.....	20
2.13.   Precios Unitarios.....	20
2.14.   Análisis de Costos Unitarios.....	20
2.15.   Análisis de precios unitarios en la construcción de una obra vial de la región puno .....	21
2.16.   Formula de reajuste:.....	22
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	22
3.1.    Parámetros de la roca.....	22
3.2.    Parámetros de perforación y voladura .....	23
3.3.    Parámetros de diseño de bancos .....	23



3.4.	Parámetro de explosivos y accesorios .....	23
3.5.	Costo de voladura .....	24
3.6.	Costo de voladura mecanizada .....	24
3.7.	Costo de voladura convencional .....	24
3.8.	Elementos en una Estructura de Costos Unitarios .....	24
3.9.	Identificación de parámetros en las obras viales .....	25
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>26</b>
<b>V.</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>28</b>

**ÁREA:** Ingeniería de Minas

**LÍNEA:** Costos Mineros

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 13 de diciembre del 2019



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de Perforación .....	15
Tabla 2. Análisis de costos unitarios de una voladura en roca fija.....	21

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño de carga .....	16
---------------------------------	----

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>B</b>	: Burden
<b>Dex</b>	: Densidad explosivo gr/cm <sup>3</sup>
<b>Dro</b>	: Densidad de la roca gr/cm <sup>3</sup>
<b>De</b>	: Diámetro del explosivo (mm)
<b>S</b>	:Espaciamiento



## **Análisis de costos de perforación y voladura en movimiento de tierras en la construcción de obras viales**

Analysis of drilling and blasting costs in earthmoving in the construction of road works

Bach. Alan Condori Gonza

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, Facultad de Ingeniería de Minas,  
Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú.

### **RESUMEN**

En obras viales, se tiene un mayor costo en la partida movimiento de tierra, en terreno suelto, roca suelta y roca fija, de los cuales el costo de perforación y voladura, según el análisis de precios unitarios: Mano de obra, materiales y equipos, son los que tienen mayores deficiencias en el expediente técnico, causando en la etapa de ejecución del proyecto; paralizaciones de obra, ampliaciones de plazo y adicionales de obra, generando pérdidas económicas al estado, es por esto que se busca analizar el costo de perforación y voladura acorde a los trabajos de construcción de obras viales en la región de Puno, proponiendo un análisis de precios unitarios que debe identificar parámetros como: clasificación geomecánica del macizo rocoso, de equipos de perforación y voladura, de explosivos y accesorios y la seguridad, en comparación con proyectos mineros, teniendo como referencia, estudios realizados en artículos científicos y tesis, en el año 2019, estos elementos serán medidos por parámetros como rendimiento, costos, eficiencia y grado de incidencia, usando el método descriptivo analítico, según indicadores por resultados, al considerar los parámetros y rendimientos, se deberá tener una estimación real del presupuesto del estudio definitivo y riesgos menores en la ejecución de obra.

**PALABRAS CLAVE:** Precios unitarios, proyecto, adicionales, explosivos, presupuesto



## ABSTRACT

In road works, there is a higher cost in the item earthmoving, in loose terrain, loose rock and fixed rock, of which the cost of drilling and blasting, according to the analysis of unit prices: Labor, materials and equipment They are the ones with the greatest deficiencies in the technical file, causing in the project execution stage; work stoppages, term extensions and additional work, generating economic losses to the state, that is why we seek to analyze the cost of drilling and blasting according to the construction work of road works in the Puno region, proposing an analysis of unit prices that must identify parameters such as: geomechanical classification of the rocky massif, drilling and blasting equipment, explosives and accessories and safety, in comparison with mining projects, taking as a reference, studies carried out in scientific articles and theses, in the year 2019, these elements will be measured by parameters such as performance, costs, efficiency and degree of incidence, using the analytical descriptive method, according to indicators by results, when considering the parameters and yields, there must be a real estimate of the final study budget and risks minors in the execution of work..

**KEY WORDS:** Unit prices, project, additional, explosives, budget.





## I. INTRODUCCIÓN

Los proyectos viales según Exsa (2014) “considera como obras viales a las carreteras de toda categoría y a las vías férreas. En su construcción y mantenimiento es frecuente el empleo de explosivos, que se aplican tanto con métodos “tradicionales” como con otros denominados típicamente viales”. (p. 249).

En obras viales se tiene; aperturas, mejoramientos, ampliaciones y rehabilitaciones de carreteras, en los cuales una de las primeras etapas de trabajo es la partida de movimiento de tierras, en terreno suelto, roca suelta y roca fija, en donde debido a la dureza de la roca y el volumen a extraer, es necesario el uso de explosivos con la sub partida de perforación y voladura, el cual en la etapa de ejecución de obra, se tiene falencias, debido a la mala elaboración del estudio definitivo, específicamente en el análisis de precios unitarios de la sub partida de perforación y voladura, genera prestaciones adicionales como paralizaciones, ampliaciones de plazo, adicionales de obra, que ocasionan mayores gastos en la ejecución, ocasionando pérdidas económicas al estado y muchas veces quedan paralizadas e inconclusas durante largos periodos, los cuales se encuentran en procesos judiciales, arbitrajes y otros, ocasionando perjuicio a la población, es por ello que con criterios específicos como el costo de; mano de obra, materiales y equipos, se tenga el cálculo adecuado del análisis de precios unitarios.

El autor Rojas (2018) afirma:

En relación a las actividades mineras y civiles, la perforación y voladura de rocas son inevitables en dichas actividades. Por lo tanto, el uso de explosivos es probablemente el medio más ampliamente utilizado para el fracturamiento de las rocas. Una mala fragmentación puede hacer necesario la realización de voladuras secundarias o bien, la necesidad de romper los tamaños mediante medios mecánicos, añadido al sobre costo que se su pone. (p. 249).



En voladuras controladas se utiliza varios métodos para reducir el exceso de rompimientos; sin embargo, todos tienen un objetivo común; disminuir y distribuir mejor las cargas explosivas para reducir al mínimo los esfuerzos y la fractura de la roca, más allá de línea misma de excavación. (Carrillo, 2003,p. 109).

De acuerdo a Sanz Contreras (1993) nos indica que “Cuando se decide llevar a cabo una carretera, u otra obra lineal, en un macizo rocoso no ripable es necesario emplear las técnicas de perforación y voladuras para su excavación”. (p. 13).

Para la toma de decisiones óptimas y oportunas se debe realizar un análisis muy minucioso de las variables involucradas en las operaciones de perforación y voladura, enfatizando en analizar la identificar parámetros como: clasificación geomecanica del macizo rocoso, de equipos de perforación y voladura, de explosivos y accesorios y la seguridad, conociendo y analizando estos parámetros nos darán herramientas para crear modelos medibles que nos ayudaran a resolver problemas, como cuál es el equipo más óptimo y cuál es el explosivo que debe emplearse, para la elaboración de los precios unitarios en este proceso.

El autor MAMANI (2016) en su tesis menciona:

El seguimiento y control operativo de la perforación y voladura debe abarcar el control del diseño de la malla de perforación, máquina perforadora óptima, cumplimiento de estándares, control del modo de perforación y selección de explosivo según el tipo de roca, para de esta manera mejorar la operación y evitar la voladura secundaria. (p. 112).

La aplicación del método de la voladura controlada por el procedimiento pre – corte en el proceso constructivo de la carretera Lima – Canta – La viuda Unish a nivel del sub rasante se ha llegado a establecer resultados aceptables desde el punto de vista técnico – normativo del proceso constructivo de vías, evitando



operaciones de corrección que por lo general demandan innecesariamente costos adicionales que evita a su vez una demanda social; por los riesgos que gemelamente presentan las carreteras de la red vial nacional. (Montesinos, 2017, p. 106).

En la elaboración de los precios unitarios de perforación y voladura, lo debe realizar un especialista entendido en la materia y con criterios técnicos, según el organismo supervisor de contrataciones del estado, esto para no generar inconvenientes en la etapa de ejecución del proyecto.

### 1.1. Objetivo General

- Analizar y optimizar los costos en perforación y voladura mediante la estimación de parámetros en el estudio definitivo, para minimizar los riesgos en la ejecución de obras viales.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Conceptos Generales

**Proyecto:** por definición un proyecto es una intervención temporal y que debe producir cambios significativos (ampliar, crear, mejorar) en la capacidad de la entidad para prestar servicios y producir bienes.

**Expediente técnico:** es el conjunto de documentos de carácter técnico y/o económico que permiten la adecuada ejecución de una obra, el cual comprende la memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos de ejecución de obra, metrados, presupuesto de obra, valor referencial, fecha del presupuesto, análisis de precios, calendario de avance de obra valorizado, fórmulas polinómicas y, si el caso lo requiere, estudio de suelos, estudio geológico, de impacto ambiental u otros complementarios.

**Análisis de precios unitarios:** Cada partida del presupuesto constituye un costo parcial, la determinación de cada uno de los costos requiere de su correspondiente análisis



de precios unitarios; es decir la cuantificación técnica de la cantidad de recursos (mano de obra, materiales, equipo, maquinaria, herramientas, entre otros), que se requieren para ejecutar cada unidad de la partida y su costo.

**Costo:** es el esfuerzo económico que se debe realizar para obtener un producto o servicio. El costo es fundamentalmente un concepto económico, que influye en el resultado de la empresa.

**La partida:** es un concepto económico asociado al costo, empleado para agrupar los gastos, identificar el lugar donde éstos se originan y la forma directa o indirecta en que inciden en el costo.

Se puede definir como "actividad a realizar"; en donde se indican su alcance, su unidad de medición y otras características importantes que son tomadas en cuenta en el Análisis de Precio. Cada "Partida" tiene asociado un Precio Unitario "PU". (Rumaldo Torres, 2016, p. 35).

**Costos directos:** Es una unidad básica de costos, ya que significa el costo de producción. Es también el costo calculado que es influenciado solo por la actividad en sí. Es el costo de producción de la actividad, sin beneficio, sin costos asociados por gestión, impuestos, etc. (Rumaldo Torres, 2016, p. 42)

**Costos Indirectos:** Los costos indirectos se afectan globalmente y como no pueden ser asignados directamente a un producto, deben ser previamente distribuidos a través del denominado cuadro de reparto primario de costos.

**Presupuesto obras viales:** es el valor referencial que constituye el costo estimado de la obra a ejecutar, determinado a partir de la elaboración del presupuesto de obra, si la obra es ejecutada por administración directa consta de: costo directo, gastos generales, gastos de supervisión, gastos de liquidación, gastos de elaboración de expediente técnico y si la obra es ejecutada por administración indirecta consta de: costo directo, gastos



generales, utilidad, impuesto, gastos de supervisión y gastos de elaboración de expediente técnico.

**Corte en roca fija:** Se considera como roca fija aquel material compacto y de buena resistencia que requieren el empleo de explosivos, o el uso de tractor con ripper, compresoras y martillo neumático. En esta clasificación se encuentran las rocas sedimentarias e ígneas.

Esta partida se entiende como roca fija, aquel material que para su remoción requiere el uso de explosivos, en cantidades y proporciones debidamente calculadas, que permita la ruptura del material, previa perforación del macizo mediante el uso de martillos neumáticos accionados por aire comprimido. Al ejecutar esta partida se necesita equipos como son: compresora neumática, tractor de orugas, y un martillo neumático para realizar dicha partida.

**Corte en roca suelta:** se considera como roca suelta aquel material que para su disgregación requiere el empleo moderado de explosivos, o el uso de tractor con ripper. En esta clasificación se encuentran los conglomerados, rocas descompuestas, arcillas duras, rocas sedimentarias.

Esta partida consiste en el corte de material en roca suelta, incluyendo su eliminación, considerando dentro de éste material la excavación de material inadecuado para la sub rasante. El desquinche y peinado de talud de conformidad con los alineamientos, rasantes y dimensiones indicadas en los planos y metrados o como lo indique el Supervisor.

## 2.2. Metodología de la investigación

El método empleado en el presente trabajo de investigación es principalmente cualitativo, iniciamos el proceso con la recolección de información de diferentes Tesis y



artículos, para realizar un correcto análisis de costos unitarios en perforación y voladura para la región de Puno.

### **2.3. Partida de movimiento de tierras en roca fija y roca suelta**

Una de las partidas más importantes y determinantes en la construcción de obras viales es el movimiento de tierras, en el cual se tiene diferentes tipos de terreno, entre ellos las rocas fijas y rocas sueltas, que tienen diferentes características geomecánicas, los mismos que deben ser removidos con voladura, para ello se considera un sub presupuesto que forma una parte del presupuesto total del expediente técnico o estudio definitivo del proyecto.

### **2.4. Clasificación geomecánica del macizo rocoso**

Las clasificaciones de los macizos rocosos están basadas en algunos o varios factores que determina su comportamiento mecánico:

- Propiedad de matriz rocosa.
- Tipo y frecuencia de discontinuidades, que determine el grado de fracturamiento, el tamaño y forma de los bloques del macizo rocoso.
- Grado de meteorización o alteración.
- Estado de tensiones in situ.
- Presencia de agua.

### **2.5. Perforación**

Para la rotura de la roca se realizan dos operaciones básicamente: la penetración (perforación) y la fragmentación de la roca (voladura). La primera se realiza a través de un orificio o corte, generalmente por medios mecanizados, hidráulicos o térmicos, con la finalidad de introducir explosivos dentro de los mismos u otros propósitos, lograr la apertura de un túnel, galería o pozo, para extraer un mineral de tamaño y forma



específicamente deseado, etc., la segunda busca aflojar y fragmentar grandes masas de material, convencionalmente mediante energía química, hidráulica, entre otras.

**Tabla 1.** *Parámetros de Perforación*

Descripción	Und	Total
Altura de banco	m.	8.0
Diámetro de broca	Pulg	4.0
Malla		Triangular
Espaciamiento	m.	3.0
Burden	m.	2.6
Sub drilling	m.	1.0
Deck	m.	1.0
Altura de taladro	m.	0.0
Taco	m.	2.5

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de burden y espaciamento, generalmente al llegar a una zona nueva donde aún no se hizo trabajos, se considera la densidad de la roca, la densidad del explosivo a usar, como se emplea en el siguiente calculo.

$$B = 0.012 \left( \left( \frac{2dx}{dro} \right) + 1.50 \right) De$$

B = Burden (m)

Dex = Densidad explosivo gr/cm<sup>3</sup>

Dro = Densidad de la roca gr/cm<sup>3</sup>

De = Diametro del explosivo (mm)

$$B = 0.012 \left( \left( \frac{2 * 0.82}{2.7} \right) + 1.5 \right) 101.6$$

$$B = 2.60 \text{ m}$$

Para los cálculos de espaciamiento (S) se puso de acuerdo a la siguiente formula.

$$S = 1.2 * B$$

De donde se tiene el siguiente resultado

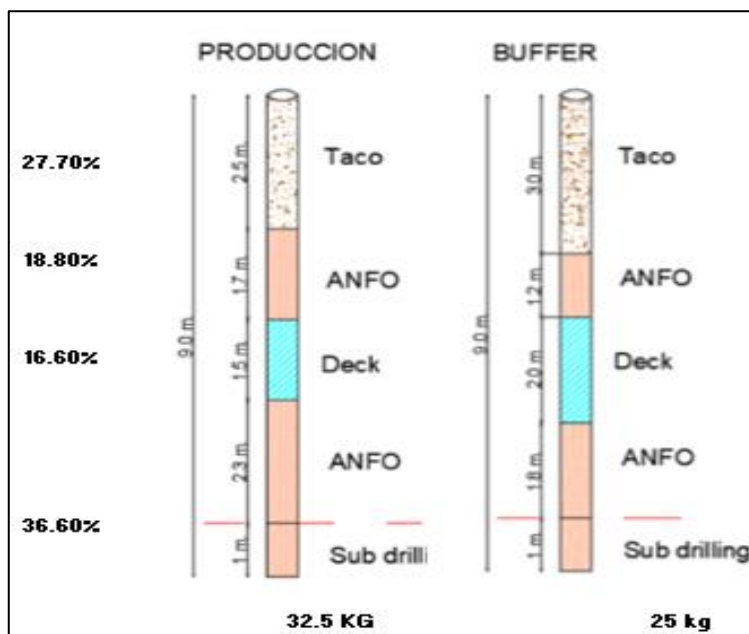
$$S = 1.2 * 2.60$$

$$S = 3.00 \text{ m}$$

**FACTOR DE CARGA:** Es la cantidad de explosivo necesaria para fragmentar 1 m<sup>3</sup> de roca. Se expresa en kg/m<sup>3</sup>.

$$FC = (\text{Total de explosivo (Kg)}) / (\text{Total de m}^3 \text{ rotos})$$

El factor de carga 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, la igualdad de carga específica, una voladura efectuada con taladros de pequeño diámetro.



*Figura 1.* Diseño de carga





## 2.6. Voladura

La voladura de rocas, es la actividad final que se realiza, es el cierre con éxito la guardia. Para realizar tal efecto en la roca se utiliza los explosivos comerciales en el carguío de los taladros previamente perforados, desde luego el disparador tiene que tener bien presente la actividad que desarrolla es de suma importancia y delicadeza en el uso del explosivo.

Una adecuada fragmentación es importante para facilitar la remoción y transporte del material volado y esta relación directa con el uso al que se destinará este material, lo que calificará a la mejor fragmentación. (Chipana Tito, 2015, p. 48)

## 2.7. Diseño de voladura en obras viales

Por otro lado, la gran longitud de tramo y las cambiantes condiciones de geometría y de propiedades de las rocas a arrancar a lo largo del trazo de las obras viales, imponen el diseño de cada disparo como si fuera un caso en particular adaptado al perfil del terreno, denominándoseles por ello “métodos viales”, entre los que consideramos a:

- Cortes de ladera o a media ladera, con taladros cortos y largos.
- Excavación de trincheras (o cortes de montura).
- Voladura para nivelaciones y de remoción de material para relleno de depresiones.
- Excavaciones para rampas.
- Excavaciones para cimentación de puentes y muros de contención.
- Voladura para zanjas y cunetas.
- Voladuras de gran volumen por gravedad: voladuras coyote o calambucos y voladuras de desplome.



## 2.8. Voladura controlada

El principal objetivo de la voladura controlada es reducir y distribuir mejor las concentraciones de cargas explosivas; de tal manera de disminuir el fracturamiento y el debilitamiento de las paredes circundantes, así como también:

- a) Minimizar el fracturamiento hacia atrás de los límites del talud y, consecuentemente, minimizar costos. Por que como bien se sabe, si el excesivo fracturamiento hacia atrás en la parte perimetral del talud es mayor al diseñado; será necesario usar sistemas de sostenimiento artificial muy costosos.
- b) Mantener un equilibrio en las actividades sociales del entorno controlando los niveles permisibles de ruido, vibraciones y control de los gases residuales de la voladura.
- c) Reducción de los niveles de vibraciones.
- d) La aplicación de voladuras controladas permite desarrollar los trabajos de profundización con factores de seguridad elevados.

La aplicación de voladuras controladas a corto, mediano y largo plazo, es la opción más rentable y sostenible en el tiempo para una empresa minera de clase mundial. Sobreponiendo el cuidado del entorno social y el sólido desarrollo de las propias operaciones. (Montesinos Perez, 2017, p. 75)

En voladuras controladas se utiliza varios métodos para reducir el exceso de rompimiento; sin embargo, todos tienen un objetivo común; disminuir y distribuir mejor las cargas explosivas para reducir al mínimo los esfuerzos y la fractura de la roca, más allá de la línea misma de excavación. (Carrillo Leon, 2003, p. 58)



## **2.9. Clasificación de los explosivos**

En términos generales los explosivos por su forma de reacción se clasifican en: explosivos químicos y explosivos nucleares.

Los explosivos químicos actúan por procesos de reacción química de detonación producidos por efecto de una onda de choque. Están mayormente vinculados a compuestos nitrados y son los de aplicación común en minería y construcción civil.

Los nucleares están vinculados a la desintegración de materiales como uranio 235 y plutonio, proceso que desprende inmensas cantidades de energía. Su empleo actual es en el campo militar y de investigación.

Aunque no se clasifican como explosivos, algunos productos especiales actúan como una explosión física sin detonación previa, producida por la súbita expansión de gases inertes licuados como el CO<sub>2</sub> (cardox) por aplicación de calor. Su empleo está limitado a ambientes con alto nivel de grisú en las minas de carbón, o donde no se puede emplear explosivos convencionales. (Exsa, 2014, p. 23)

## **2.10. Análisis de costos de perforación**

Para el análisis de costos en perforación se debe considera:

- Costo de mano de obra: operar de equipo, ayudante de equipo y beneficio social.
- Costo de supervisión: Ingeniero residente, Ingeniero de seguridad, capataz y beneficio social.
- Costo de herramientas: lampas, picos, barretilla y llaves.
- Costo de implementos de seguridad: ropa de agua punto azul, botas de jebe, lentes de seguridad, guantes de cuero, protector con porta lámparas, tafilete para protector, respirador 3m, filtros de respirador MSA, mameluco con cinta fosforescente, correa de seguridad y tapón para oído.



### **2.11. Análisis de costos de voladura**

Para el análisis de costos de voladura se tiene que considerar los parámetros de la perforación como: longitud del taladro, tonelaje roto, numero de taladros.

Costo de explosivos y accesorios de voladura: explosivo, cordón detonante, mecha de seguridad, fulminante y transporte y custodia.

### **2.12. Como elegir el explosivo adecuado.**

La elección de un determinado explosivo para un esquema de voladuras correspondiente a una obra específico debe hacerse de acuerdo con una serie de parámetros si se quiere alcanzar un resultado satisfactorio: Naturaleza y propiedades de la roca, Diámetro y profundidad de los barrenos, Humedad en los barrenos, Toxicidad de los gases de explosión, Naturaleza de la atmósfera, Fragmentación, Condiciones de seguridad intrínseca, Factor económico. (Lopez Ruano, 2012).

### **2.13. Precios Unitarios**

El precio unitario es el valor monetario que se le asigna a una sola unidad de medida. Para cuantificar el concepto de trabajo con fines de medición y pago, los precios unitarios pueden ser de varios tipos, dentro de los cuales podemos considerar los descritos a continuación: 1) Por unidad de medida: Metro Lineal, Metro Cuadrado, Metro Cubico, Por lote, Por pieza, Por peso, etc.

### **2.14. Análisis de Costos Unitarios**

La integración del precio unitario, sirve para clasificar, describir y analizar el concepto de trabajo, con el propósito de conformar el catálogo de conceptos de obra, a partir de esto, se integrará el precio unitario como medida de pago del concepto de trabajo.

La integración del precio unitario se determina por los cosos directos (costo real de la obra), y el factor de sobre costo (costos indirectos, financiamiento, utilidad y cargos

adicionales), una vez, obtenidos todos los montos de los conceptos de trabajo se obtiene el presupuesto de obra.

Es conveniente entender que cada análisis de precios unitarios prevé la ejecución de un proceso constructivo bajo determinadas condiciones, pero sólo en una única oportunidad; es decir, deben hacerse los trabajos bien a la primera. Si por los trabajos se deben hacer procesos totales o parciales, los costos inherentes deberán ser deducidos de la utilidad; por tanto, no se cumplirá con la expectativa del margen previsto en la obra. (Rumaldo Torres, 2016, p. 86)

## 2.15. Análisis de precios unitarios en la construcción de una obra vial de la región Puno

En el expediente técnico, del proyecto: construcción y mejoramiento de la carretera dv. Vilquechico – Cojata – Sina – Yanahuaya (tramo iii Sina – Yanahuaya) sub tramo 03 desde km 15+840 al 31+200, aprobado con RGGR N° 340 - 2012 -GGR-GR PUNO, se tiene el análisis de precios unitarios en la voladura de roca fija:

**Tabla 2.** Análisis de costos unitarios de una voladura en roca fija

VOLADURA DE ROCA FIJA								
Partida	Rendimiento	m3/DIA	MO.	260.0000	EQ.	260.0000	Costo unitario directo por : m3	16.36
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>								
0147010001	CAPATAZ			hh	0.5000	0.0154	19.78	0.30
0147010004	PEON			hh	2.0000	0.0615	11.93	0.73
0147010025	PERFORISTA OFICIAL			hh	3.0000	0.0923	13.23	1.22
								<b>2.25</b>
<b>Materiales</b>								
0227000009	GUIA DE SEGURIDAD			m		1.0000	1.20	1.20
0227010096	CORDON DETONANTE			m		2.0000	0.50	1.00
0227020011	FULMINANTE			und		1.0000	0.50	0.50
0228010005	DINAMITA EXSA			kg		0.5000	8.80	4.40
0230080011	BARRENO 5' X 7/8"			und		0.0100	41.00	0.41
								<b>7.51</b>
<b>Equipos</b>								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		0.0300	2.25	
0349020011	COMPRESORA NEUMATICA 93 HP 335-375 PCM			hm	1.0000	0.0308	73.97	2.28
0349060004	MARTILLO NEUMATICO DE 25 Kg.			hm	2.0000	0.0615	70.30	4.32
								<b>6.60</b>

Fuente: Elaboración propia.



## **2.16. Formula de reajuste:**

En el caso de contratos de obra pactados en moneda nacional, los documentos del procedimiento de selección establecen las fórmulas de reajuste. Las valorizaciones que se efectúen a precios originales del contrato y sus ampliaciones son ajustadas multiplicándolas por el respectivo coeficiente de reajuste “K” que se obtenga de aplicar en la fórmula o fórmulas polinómicas, los Índices Unificados de Precios de la Construcción que publica el Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI, correspondiente al mes en que debe ser pagada la valorización. Una vez publicados los índices correspondientes al mes en que debió efectuarse el pago, se realizan las regularizaciones necesarias.

Tanto la elaboración como la aplicación de las fórmulas polinómicas se sujetan a lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 011-79-VC y sus normas modificatorias, ampliatorias y complementarias.

## **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Teniendo como base diferentes estudios referentes al uso de explosivos en diferentes trabajos mineros y obras civiles, se ha tomado los siguientes criterios para un buen trabajo de perforación y voladura en obras viales como son:

### **3.1. Parámetros de la roca**

Para tener valores más precisos de los parámetros de perforación y voladura, es necesario realizar un análisis geomecánico y pruebas de laboratorio del macizo rocoso en detalle, incluyendo rosetas de mapeo de estructuras geológicas, para evitar la fuga de energía, aprovechando la capacidad calórica y el poder rompedor del explosivo usado.

Así mismo para poder empezar el proceso de la selección de máquina perforadora y el explosivo a utilizarse en el proceso de perforación y voladura, se tiene que considerar



algunos parámetros del macizo rocoso, pues por ser una variable aleatoria tendrá una influencia determinante a lo largo de todo el proceso de voladura.

También es necesaria esta información para los parámetros geométricos de diseño de malla de perforación pues como ya se comentó la roca es una variable aleatoria que va influir a lo largo de todo el proceso de perforación y voladura de la obra vial, Como son: resistencia de la roca intacta, rock quality designation (RQD), separación entre diaclasas, estado de diaclasas y agua freática.

### **3.2. Parámetros de perforación y voladura**

La fase de perforación y voladura debe de ser la más precisa, ya que una perforación incorrecta puede ser la causa de aumento de costos a largo plazo en las otras actividades como la limpieza y transporte, para la programación de perforación y voladura se requerirá la información de otras áreas, se debe de considerar los parámetros geométricos de minado que son determinantes en el momento de la selección de perforadoras y explosivos también se debe de considerar la secuencia de minado tanto con los rendimientos y eficiencias.

### **3.3. Parámetros de diseño de bancos**

Las variables de diseño también llamadas variables geométricas, son variables controlables para hacer más eficiente la distribución de taladros de perforación y voladura, una buena distribución de taladros en el terreno distribuirá el poder de detonación del explosivo adecuadamente, obteniendo como resultado una voladura óptima sin necesidad de realizar voladuras secundarias que atrase la operación.

### **3.4. Parámetro de explosivos y accesorios**

Tan importante como la perforación también lo es la voladura y el explosivo utilizado en este proceso de operación, también debemos de tener gran énfasis en los accesorios utilizados pues los explosivos y accesorios que combinaremos son elementos



para lograr obtener el resultado deseado; con una buena fragmentación, sin voladura secundaria, al menor costo posible. La voladura se define como la acción de romper roca y excavar con el uso de explosivos.

### **3.5. Costo de voladura**

En voladura se utilizan insumos y estos tienen un costo específico, lo importante de un explosivo para que su costo sea lo más óptimo posible es que cueste barato y cumpla su objetivo de romper la roca sin tener la necesidad de realizar voladura secundaria los resultados de una buena voladura están ligados a una buena operación de perforación, sin embargo, la voladura es la actividad más crítica pues está ligado a muchas variables no controlables.

### **3.6. Costo de voladura mecanizada**

En la voladura de bancos se usará el anfo y el anfo pesado, su costo involucra accesorios necesarios para iniciar la voladura estos costos se considerarán como costos variables y también se usará mano de obra lo cual se considerará costos fijos para ejecutar en una hoja de cálculo.

### **3.7. Costo de voladura convencional**

En la voladura de la zanja para el canal los precios de los accesorios y explosivos se considerarán como costos variables, los costos de mano de obra para el carguío no se considerarán pues las operaciones de perforación ya se consideraron, esto es una operación integrada de perforación y voladura para la producción de la zanja.

### **3.8. Elementos en una Estructura de Costos Unitarios**

Para la elaboración del precio unitario se debe tener en cuenta múltiples factores. En general, deberemos hacer un cálculo aproximado de cuánto incide ciertos elementos sobre el precio unitario más que otros. Estos elementos son:

- 1) La mano de obra.





- 2) Los materiales.
- 3) La maquinaria y equipo.
- 4) Equipo de protección personal.

La Mano de Obra: La mano de obra se define como el esfuerzo tanto físico como mental que supone llevar a cabo un trabajo; pero también es un concepto que se utiliza para valorar el costo de ese esfuerzo. Es, por tanto, un parámetro esencial a la hora de crear un presupuesto.

Materiales: Un material es un elemento que puede transformarse y agruparse en un conjunto. Material se refiere a un recurso utilizado en la alimentación de un proceso productivo.

Maquinaria: Una máquina es un conjunto de elementos móviles y fijos cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía, o realizar un trabajo con un fin determinado.

Equipo de Protección Personal: Son una de las medidas de control más usadas para disminuir el nivel de riesgo a la que pueda estar expuesta una persona durante sus actividades diarias, y esto se debe a su bajo coste de implementación.

### **3.9. Identificación de parámetros en las obras viales**

El rendimiento incide sobre Equipos y Mano de Obra. El rendimiento indica cuánto de la mano de obra incide efectivamente sobre la actividad. (Rumaldo Torres, 2016, p. 37)

Para aumentar el PU debemos bajar el rendimiento, mientras que para disminuir el PU debemos aumentar el rendimiento.

#### **3.9.1. Parámetros de perforación:**

- Cantidad de taladros.
- Longitud perforada.



- Tiempo de perforación (horas maquina).
- Aceros utilizados.

### **3.9.2. Parámetros de voladura:**

- Material volado
- Cantidad de explosivo
- Factor de Carga
- Factor de potencia

### **3.9.3. Parámetros de carguío:**

- Rendimiento: Hace referencia al resultado deseado efectivamente obtenido por cada unidad que realiza la actividad económica.
- Volumen.
- Tiempo de trabajo.

### **3.9.4. Parámetros de transporte:**

- Número de equipos de transporte.
- Número de viajes.
- Ciclo promedio.

## **IV. CONCLUSIONES**

La adquisición del conocimiento para llevar a cabo: la clasificación de la roca, la estimación de volumen del macizo rocoso, el diseño de voladuras y la ejecución de las mismas; es esencial y necesaria, para que el oferente, contratista, delegado residente e ingeniero a cargo de la apertura y/o ampliación de una carretera, puedan realizar un análisis meticuloso de la metodología a utilizar para la ruptura, aflojamiento y fragmentación de la roca, integrado eficientemente al costo total del proyecto.

El uso de explosivos son una fuente de energía que con el ingenio del hombre se puede permitir aprovecharlo de diferentes maneras para sacar un beneficio en especial en



excavaciones en roca, pues los explosivos constituyen el medio más económico, por que ayudan a realizar el trabajo con mayor rapidez, eficacia y eficiencia, que cualquier medio mecánico en diferentes obras viales.

Para conseguir la optimización de presupuestos, antes de elaborar los precios unitarios en perforación y voladura, se debe evaluar los; parámetros de la roca, parámetros de equipos de perforación y voladura, parámetros de explosivos y accesorios y los parámetros de seguridad en la ejecución del proyecto.

En la elaboración de costos unitarios directos en las partidas de perforación y voladura que integran el presupuesto de obra, se debe tener presente los rendimientos de la mano de obra y el equipo mecánico que intervendrá en la obra de acuerdo a la localización y los factores climáticos de la misma, así mismo se debe considerar la cantidad de materiales e insumos que se requieren para conseguir las partidas terminadas de acuerdo a las especificaciones técnicas y según diseños propuestos en los planos del proyecto.

En el análisis precios unitarios en los costos de perforación y voladura se debe considerar en: a) mano de obra; especialista en seguridad, perforista u operador de equipo, capataz, oficial y peón, b) materiales; barra de extensión, brocas de botones, adaptador, explosivos, cordón detonante, mecha de seguridad, fulminante, c) equipos; herramientas manuales, compresora neumática y martillo neumático, y otros como transporte de los explosivos, custodia del explosivo (polvorín).

En la elaboración de los precios unitarios de perforación y voladura, lo debe realizar un especialista entendido en la materia, según el organismo supervisor de contrataciones del estado, esto para no generar inconvenientes en la etapa de ejecución del proyecto.



## V. REFERENCIAS

- Carrillo Leon, W. J. (2003). Uso de explosivos en demoliciones para voladuras controladas. In *Ciencia e ingeniería Neogranadina* (pp. 109–118). Bogota, Colombia.
- Chipana Tito, R. M. (2015). *Diseño de perforación y voladura para reducción de costos en el frente de la galería progreso de la contrata minera Cavilquis- Corporación Minera Ananea S.A.* (Universidad Nacional del Altiplano) Retrieved from [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1937/Chipana\\_Tito\\_Rudy\\_Milton.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1937/Chipana_Tito_Rudy_Milton.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Exsa, S. a. (2014). Manual practico de voladura. Retrieved from [https://www.academia.edu/23767654/MANUAL\\_PRACTICO\\_DE\\_VOLADURA\\_Edición\\_especial\\_La\\_Línea\\_más\\_Completa\\_para\\_Voladura\\_Das\\_Komplete\\_Sprengstoffprogramm\\_The\\_Most\\_Complete\\_Blasting\\_Line](https://www.academia.edu/23767654/MANUAL_PRACTICO_DE_VOLADURA_Edición_especial_La_Línea_más_Completa_para_Voladura_Das_Komplete_Sprengstoffprogramm_The_Most_Complete_Blasting_Line)
- Lopez Ruano, C. R. (2012). *Apertura y ampliación de carreteras con el uso y manejo de explosivos para la voladura de roca.* (Universidad de San Carlos de Guatemala)
- Mamani Neyra, I. R. (2016). *Análisis y optimización de costos de perforación y voladura en la construcción del Canal San Antonio De Miña.* (Universidad Nacional del Altiplano)
- Montesinos Perez, E. D. (2017). *Voladura controlada para talud final en la construcción de la carretera Lima-Canta-La viuda Unish.* (Universidad Nacional del Altiplano)
- Rojas Linares, E. L. (2018). Un nuevo enfoque predictivo de la fragmentación en la Voladura de Rocas. *Industrial Data*, 21(1), 17.  
<https://doi.org/10.15381/idata.v21i1.14907>
- Rumaldo Torres, W. F. (2016). *Análisis de costos unitarios de operación de la empresa*



*minera aurífera Estrella de Chaparra S.A. (Universidad Nacional Santiago  
Antúnez de Mayolo)*

Sanz Contreras, J. L. (1993). *Manual para el control y diseño de voladura en obras de  
carretera. Ministerio de obras publicas y transportes. Retrieved from  
[https://es.scribd.com/doc/76724526/Manual-para-el-Control-y-Diseno-de-  
Voladuras-en-Obras-de-Carreteras-MOPT-1](https://es.scribd.com/doc/76724526/Manual-para-el-Control-y-Diseno-de-Voladuras-en-Obras-de-Carreteras-MOPT-1)*