



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Control de la Desviación de Taladros para Obtener una  
Óptima Fragmentación de la Roca en Unidad de  
Producción Pallasca

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE MINAS**

**AUTORES:**

Ducep Nuntón, Roberto José (ORCID: 0000-0002-8671-1799)  
Vera Fernández, Luis Orlando (ORCID: 0000-0002-3746-8913)

**ASESORA:**

Mg. Salazar Cabrejos, Rosa Eliana (ORCID: 0000-0002-1144-2037)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Perforación y voladura de rocas

**CHICLAYO – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

### **A MI MADRE**

Jossick Elaine Nuntón Nuñez por darme la oportunidad de estudiar la carrera profesional que me apasiona, por inculcarme buenos valores desde pequeño y ayudarme a ser buena persona.

***Roberto José***

### **A MI FAMILIA**

Dedico esta tesis con todo mi amor a toda mi familia que me mostro su apoyo incondicional, el cual me brindaron día tras día su atención y lograron que pueda desarrollar mis estudios con felicidad y dedicación.

***Luis Orlando***

## **Agradecimiento**

### **A LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

Por brindar una enseñanza de calidad a sus estudiantes y prepararnos para todo tipo de retos en la vida profesional.

### **A NUESTROS ASESORES**

Agradecemos con admiración a nuestros notables docentes Rosa Eliana Salazar Cabrejos y Javier Ángel Salazar Ipanaque la cual nos brindaron el conocimiento basto para poder desempeñarnos con calidad en nuestro informe.

### **A NUESTROS SERES AMADOS**

Mediante este esfuerzo que hemos realizado, se le agradece al todo poderoso creador nuestro el cual día a día nos ha iluminado con los saberes y sobre todo con las ideas pertinentes de nuestro informe, es propicio dedicarles estas significativas líneas a nuestras familias que con su paciencia, amor y apoyo han sido pilar fundamental para no desmallar en el camino.

***Los autores***

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	9
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	9
3.2. Variables y operacionalización.....	9
3.3. Población, muestra y muestreo.....	10
3.3.1. Población.....	10
3.3.2. Muestra .....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	11
3.4.1. Técnicas de recolección de datos .....	11
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5. Procedimientos .....	13
3.6. Método de análisis de datos .....	14
3.7. Aspectos éticos.....	14
IV. RESULTADOS.....	15
V. DISCUSIÓN.....	31
VI. CONCLUSIONES .....	36
VII. RECOMENDACIONES .....	38
REFERENCIAS .....	39
ANEXOS.....	44

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Estimación de la desviación de taladros</i> .....	16
<b>Tabla 2.</b> <i>Nueva estimación de la desviación del taladro</i> .....	18
<b>Tabla 3.</b> <i>Tipos de Brocas</i> .....	20
<b>Tabla 4.</b> <i>Sistema de Perforación</i> .....	21
<b>Tabla 5.</b> <i>Designación de calidad de la roca y RQD</i> .....	23
<b>Tabla 6.</b> <i>Clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR)</i> .....	24
<b>Tabla 7.</b> <i>Estado de los equipos de perforación</i> .....	25
<b>Tabla 8.</b> <i>Mantenimiento y cambio de los equipos de perforación</i> .....	26
<b>Tabla 9.</b> <i>Costos extras debido a la desviación de taladros</i> .....	29
<b>Tabla 10.</b> <i>Tamaño de la fragmentación de la roca</i> .....	30

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Diseño de malla de perforación y enumeración de taladros.....	15
<i>Figura 2.</i> Testigo para medir el RQD.....	22
<i>Figura 3.</i> Gráfica porcentaje de desviación – costos extras .....	28

## Resumen

El presente informe de investigación tuvo por finalidad proponer un control de la desviación de taladros para obtener una óptima fragmentación de la roca en Unidad de producción Pallasca. La investigación surgió del problema con respecto al deficiente control de la desviación de taladros. Por ello, se trabajó con el frente a perforar ubicada en la Unidad de producción Pallasca, especialmente en el área de perforación del Nivel 1; teniendo una investigación de tipo básica y un diseño no experimental de tipo transversal descriptivo. También, para el recojo de información se utilizó el método analítico, técnica de análisis documental y técnica de observación. Cuyos instrumentos empleados fueron guías de análisis documental y guías de observación; se empleó el inclinómetro magnético. Finalmente, se obtuvo como resultado que la Unidad de producción Pallasca no posee un control de la desviación de los taladros. Por consiguiente, se propuso un control más detallado de las desviaciones de taladros, el cual se utilizó el inclinómetro magnético para el estudio. Concluyendo que la Unidad de producción Pallasca, con el control propuesto se beneficiaría en la reducción de sobre costos extras que se generaría en el carguío y acarreo. Asimismo, se obtendría una óptima fragmentación de la roca en Mina.

**Palabras clave:** Perforación, desviación de taladros, Fragmentación de roca.

## **Abstract**

The purpose of this research report was to propose a control of the deviation of drills to obtain optimal rock fragmentation in the Pallasca Production Unit. The investigation arose from the problem with respect to the deficient control of the deviation of drills. For that reason, we worked with the front to drill located in the Pallasca Production Unit, especially in the drilling area of Level 1; having a basic type investigation and a non-experimental design of a descriptive transversal type. Also, the analytical method, documentary analysis technique and observation technique were used for information gathering. The instruments used were documentary analysis guides and observation guides; the magnetic inclinometer was used. Finally, it was obtained as a result that the Pallasca Production Unit does not have a control of the deviation of the drills. Therefore, a more detailed control of the drills' deviation was proposed, and the magnetic inclinometer was used for the study. It was concluded that the Pallasca Production Unit, with the proposed control would benefit in the reduction of extra costs that would be generated in loading and hauling. Likewise, an optimal fragmentation of the rock in the mine would be obtained.

**Keywords:** Drilling, Drill Deviation, Rock Fragmentation

## **I. INTRODUCCIÓN**

La minería en el Perú es la actividad económica más importante, ya que con sus ingresos ayuda al desarrollo del país, dando trabajo a las personas cercanas a los proyectos mineros. El Perú logra desarrollar e invertir en otros proyectos como construcción de carreteras, hospitales, colegios, etc. La minería subterránea es aquella que se dedica a la explotación de recursos debajo de la superficie de la tierra.

La realidad problemática se presenta explicando que en la actualidad en la empresa minera Pallasca existe un problema con respecto al deficiente control de la desviación de taladros para obtener una óptima fragmentación de la roca. Esto se relaciona a la falta del control de desviación de los taladros originando una mala fragmentación de la roca, siendo esto un gran problema para la empresa minera Pallasca que trae como consecuencias la dilución del mineral y un sobre costo en la recuperación del mineral.

La investigación se ejecutó en la empresa minera Pallasca que se encuentra ubicada en la provincia de Pallasca del departamento de Ancash, ubicada a 3650 msnm. Lugar donde no se encontró un control de la desviación de los taladros de perforación, originando pérdidas económicas en la venta del mineral debido a la dilución y la mala fragmentación de la roca.

En este sentido la primera causa es equipos de perforación en mal estado. Bernaola (2015) nos dice que manipular en mal estado los equipos de perforación en una mina es muy peligroso, puede ocasionar accidentes y también pérdidas económicas. De la misma forma, en la unidad de producción Pallasca se apreció que trabajan con las perforadoras sin su debido mantenimiento y los equipos de perforación como las brocas y los barrenos desgastados. Teniendo como consecuencia la excesiva dilución del mineral. Según Morales (2016) señala que, en la Mina Casapalca, los tajos de producción presentan diversos problemas debido a que hay varios bancos por una ineficiente voladura y esto se debe a que los taladros de producción se están desviando mucho ya que se está trabajando con brocas muy desgastadas, lo cual está afectando a la producción y aumentando los

costos de operación. Lo mismo ocurrió en la unidad de producción Pallasca, al trabajar con equipos de perforación en mal estado los taladros se desviaban mucho y se generaba una sobre dilución no planificada.

Así mismo, otro factor es las condiciones desfavorables del terreno. Por ello, Pomayay (2019) afirma que unos de los factores que predeterminan las malas condiciones del terreno es por causa de las fallas, diaclasas, o estratos, estos son problemas de malas condiciones de terreno estos efectos son producidos por causa naturales y reacción física y química del mismo manto de la tierra. En la unidad Pallasca se presencié muchas discontinuidades como fallas y fisuras lo que originaba que los taladros se desviaran más de lo común. Teniendo como consecuencia la sobre rotura del frente de perforación. Según Cantero (2015) señala que en Córdoba, la operación de explotar oro de tipo aluvión, por los mismos pobladores se pudo reconocer que hay sobre rotura en el avance debido a que las múltiples presencias de fallas y la masiva filtración de agua hacen que se desvíen los taladros de perforación. Por ello en la unidad de producción Pallasca la presencia de múltiples fallas y filtración de agua en el avance estaba afectando la perforación de taladros lo que originaba la desviación.

Por último, otra de las causas del problema es la falta de experiencia del maestro perforista y ayudantes. Según Quispe (2015) afirma que para obtener óptimos resultados en la operación de perforación, el personal encargado debe tener experiencia que ayude a obtener mejores resultados en la realización de los taladros. En la unidad de producción Pallasca los 4 maestros perforistas no tienen el mismo nivel de experiencia trabajando en la perforación de taladros, solo uno que supera los 5 años de experiencia en trabajos de perforación subterránea y es el que se encarga de instruir a los demás. Teniendo como consecuencia la mala manipulación u operacionalidad de las perforadoras. Según Rodríguez (2016) nos afirma que un perforista al no tener la suficiente experiencia en su trabajo no podrá realizar muy bien los taladros. Por lo cual, en la unidad de producción Pallasca el perforista que tiene más años de experiencia se encarga de orientar a los demás perforista y ayudantes, para que así se puedan obtener mejores resultados en la perforación de taladros.

Frente a todo lo mostrado se plantea la formulación del problema: ¿De qué manera se puede realizar un control de la desviación de taladros para obtener una óptima fragmentación de la roca en unidad de producción Pallasca?

Así mismo, la justificación del presente informe de investigación se evidencia de un carácter económico y teórico. Económica porque fue realizada con la finalidad de controlar y disminuir la desviación que sufren los taladros cortos en la perforación, ya que esto podría influenciar en la fragmentación de la roca y la dilución del mineral generando inconvenientes como pérdidas económicas y problemas en el avance debido a la mala perforación de taladros, si se logra controlar la desviación de los taladros la empresa minera obtendrá mejores resultados, debido a que el mineral será más fácil de recuperar debido a la fragmentación que se obtendrá en la voladura. Por otro lado, se consideró teórica porque fue realizada con la finalidad de servir como aportes de investigación para otros estudiantes de la carrera de ingeniería de minas, debido a que es un tema muy importante ya que la desviación de taladros siempre es un tema de debate en el ámbito minero.

De acuerdo a lo investigado se presenta el objetivo general: realizar un control de la desviación de taladros para obtener una óptima fragmentación de la roca en unidad de producción Pallasca. Donde se desarrolló los siguientes objetivos específicos: Estimar la desviación máxima que tienen los taladros en la unidad de producción Pallasca, conocer las características geomecánicas del macizo rocoso para la perforación de taladros, verificar el estado de la maquinaria utilizada en la perforación de taladros y determinar el impacto económico que generaría una mala perforación de taladros.

La hipótesis que se propone con el control de la desviación de taladros, se podrá obtener una buena fragmentación de la roca y así pueda seguir con los procesos de recuperación de mineral sin ningún problema, y por otro lado tener menos dilución ya que los taladros se realizarían lo más rectos que se pueda.

## II. MARCO TEÓRICO

Entre los antecedentes nacionales Palomino (2016) una investigación titulada “Optimización de los procesos de la operación unitaria de perforación y voladura en las labores mejorando la eficacia en compañía minera poderosa s.a.” que tiene como objetivo general optimizar los procesos de la operación unitaria de perforación y voladura en las labores para obtener una eficacia en costos y rendimientos Compañía Minera Poderosa S.A. cuya conclusión es que los barrenos deben estar destinados para una labor específica, ya que en cada labor los tipos de roca pueden variar y esto afectaría para poder llevar un mejor control, al variar el tipo de roca también cambia las herramientas de perforación ya que así se obtendrá una eficacia máxima. Esta investigación nos ayudó a saber cómo se pueden optimizar los diferentes procesos en la perforación y voladura, para así poder obtener óptimos resultados, y no originar problemas como la desviación de taladros, averíos de barrenos y reducción de vida útil de los materiales de perforación.

Así mismo, Colonio (2015) una investigación titulada “Aplicación del método de explotación tajeo por subniveles para la optimizar la producción en compañía de minas Buenaventura”, que tiene como objetivo aplicar el método de explotación tajeo por subniveles orientando a la optimización del mineral teniendo en cuenta las condiciones geomecánicas, y concluye que con las mismas condiciones geomecánicas se optimizó la productividad anual del mineral, aplicando taladros largos, en mina recuperada, aprovechando las características geomecánicas favorables del tajeo 775 para poder controlar la desviación y así se pueda maximizar la producción del mineral. Esta investigación nos ayudó a identificar los casos de desviación de taladros de perforación en el método de explotación de tajeos por subniveles se pudo conocer cuáles son los grandes problemas que se afrontan los materiales de perforación cuando se perfora un frente.

Por otro lado, Hanco (2014) una investigación titulada “Optimización en las operaciones de taladros largos teniendo en cuenta los equipos, drop raising slot y los lodos de perforación en la minera condestable.” Que establece como objetivo general explicar la optimización en las operaciones de Taladros Largos en las tres

etapas de su ejecución cuya conclusión que para la perforación de taladros largos en abanico se utilizó el modelo simba 1254, ya que tiene mucha libertad de movimiento, pudiendo hacer perforaciones con giros de hasta 360°, se puede avanzar más rápido y teniendo control en la desviación de los taladros. Esta investigación ayudó a conocer cómo se puede optimizar la perforación de taladros largos, en lo que son tiempos de perforación, costos, lo relacionado con la desviación, debido que en los taladros largos se genera más desviación, así como también en los taladros cortos, debido a que es un problema muy grave y se debe de ver una solución adecuada.

Vásquez (2015) una investigación titulada “Mejoramiento de la productividad en la veta Gina Socorro tajo 6675-2 aplicando el método tajeo por subniveles con taladros largos.” cuyo objetivo general es mejorar la productividad en la veta Gina socorro tajo 6675-2 mediante el método tajeo por subniveles que tiene como conclusión que se aplicó el método por subniveles taladros largos ya que la veta Gina Socorro tiene la características adecuadas para que se aplique este método de explotación minera, la cual ayudará a la empresa minera tener mayores beneficios económicos y poder evitar cualquier tipo de accidentes. Esta investigación ayudó a conocer cómo maximizar la producción mediante la implementación del método tajeo por subniveles con taladros largos, este mejoramiento de la productividad se dio gracias a la correcta perforación de taladros, siendo la desviación muy poca debido al minucioso control.

De igual modo, Celis (2016) una investigación titulada “Implementación de menores longitudes en los taladros largos para reducir la desviación con equipos simbas H1254 en el cuerpo casapalca 4 en el nivel 11.” cuyo objetivo Determinar las óptimas longitudes de los taladros para poder evitar la desviación con equipos Simba H1254, por lo cual concluye que en las desviaciones de taladros pueden ser controladas en los taladros de menor longitud ya que al ser más pequeños es más fácil, en la unidad de producción los taladros de 20 metros tuvieron una desviación de 6,6%, por otra parte los de 8 metros tuvieron una desviación de 3,71% estando dentro del rango permisible. Esta investigación permitió conocer que para que no exista mucha desviación en los taladros con los equipos simbas se pueden utilizar

menores longitudes a la que se suelen utilizar, así se puede controlar la desviación de los taladros y obtener mejores resultados en la explotación del mineral.

Así mismo, Apaza (2013) una investigación titulada “Implementación de taladros largos en vetas angostas para determinar su incidencia en la productividad, eficiencia y seguridad de las operaciones mineras – pashsa, mina huarón s.a.” cuyo objetivo es realizar la implementación de taladros largos en vetas angostas por subniveles para determinar su incidencia en la producción, eficiencia y seguridad de las operaciones mineras y asegurar su factibilidad técnica en la unidad de producción Huarón. Se concluye, que cuando se realizó la implementación de taladros largos en vetas angostas por subniveles en veta Llacsacocha se incrementó su producción optimizando su eficiencia e incrementado la seguridad de las operaciones mineras. Esta investigación ayudó a conocer que cuando se implementan taladros largos en un método de explotación y si son bien realizados podemos incrementar la productividad esto es debido a la poca dilución que tendrá el mineral y la poca dilución por el control que se le dio.

La perforación, Sonami (2014) define que es la operación que consiste en abrir huecos cilíndricos en la roca, con ayuda de una máquina perforadora que consta de una barra de acero y brocas o triconos que ayudan a triturar la roca, una vez creados los huecos se pueden introducir los explosivos. El propósito de la perforación es la de abrir en el macizo rocoso huecos cilíndricos los cuales reciben el nombre de taladros, que luego serán introducidos los explosivos y accesorios.

Componentes del sistema de perforación, Isem (2017) define que los componentes de un sistema de perforación son las partes que componen a la perforadora, los cuales son el barreno, la broca y el fluido de barrido. El impacto que se genera por la percusión ayuda a que el barreno con la broca o tricono triture a la roca mientras avanza, aplicando rotación hacen que el sistema sea más efectivo y se pueda avanzar muy rápido, en casos de taladros de pequeñas longitudes la desviación se puede controlar teniendo una exactitud de posicionamiento de los taladros, las brocas deben de estar en buen estado, y los operadores deben de estar altamente capacitados con una vasta experiencia en perforación.

Los Parámetros De Perforación, UPCommons (2014) nos indica que la perforación se puede controlar con los parámetros relacionados con el equipo de perforación, haciendo buen estudio del terreno y capacitando a los perforistas. Parámetros conectados con el progreso de penetración, como el empuje concerniente a la corona, la rapidez de rotación, las propiedades del fluido de perforación y su marcha de circulación.

La Desviación, Singh (2018) definió la desviación de barrenos es la diferencia que hay entre la localización planeada de la ubicación del barreno y el destino final del barreno. Por otro lado, Carcedo et (2014), dijeron que si se logran perforar bien los taladros se obtendrá la granulometría planificada, y así no se generarán costos extras en operaciones posteriores, por consiguiente, se elabora una perforación de excelencia, se da cuando se realizó con las técnicas más óptimas y cuando se realizó correctamente la perforación.

Los Tipos de desviaciones, Rincón et (2016) nos redacta que cuando se desvia un barreno en la perforación de taladros se debe a 4 clases distintas las cuales son: Error en la marcación de la perforación, desviación por alineación del brazo del jumbo, deflexión en la perforación y desviaciones profundas.

Causas que Originarían la desviación de los taladros, Kangwa et (2013) nos indica que existen muchas causas que originan la desviación de los taladros, que pueden variar desde las causadas provocadas fuera del taladro, dentro del taladro y las que están relacionadas con el equipo de perforación. En algunas empresas mineras existen varias causas que originan la desviación de los taladros, por lo cual se deben de detectar lo más pronto posible y corregir, para poder evitar los problemas.

Causas Provocadas fuera del Taladro: fallo de posicionamiento del equipo, fallo en la selección y lectura de ángulos y fallo en la fijación de viga de avance, también hay causas relacionadas durante la perforación las cuales son fuerza de avance, rotación, barrido de detritus y percusión. existen causas dentro del taladro como tamaño de grano, plegamiento, tipo de roca y fracturamiento y por último causas

relacionadas con el equipo que son regulación de la perforadora, afilador correcto y oportuno de las brocas y condición mecánica de la perforadora.

Mark (2018) nos menciona que el problema es más pronunciado con los agujeros horizontales. La gravedad crea una flacidez en el centro de la cuerda, apuntando la broca hacia arriba y forzándola a girar fuera del centro. Si se da una desviación de taladros inmensamente excesiva, el subsecuente inconveniente que tendremos es la dilución, la cual afecta directamente a los costos de la recuperación de mineral extraído, la tarea de nosotros es obtener el control de la desviación de los taladros para que no haya una sobre dilución y no se generen costos extras en la recuperación del mineral.

Dilución, University Queen's (2017) nos menciona que la dilución es el material de desecho que no se separa del mineral en las etapas de extracción y se envía a la planta de procesamiento. Nos dice que la dilución es un gran daño para mineros por que el costo de dilución no es solo el costo directo obvio (las toneladas de dilución desplazan las toneladas de mineral en los circuitos de manejo de mineral y de proceso), sino que también se incluye los costos indirectos significativos.

Vergne (2014) nos afirma que la desviación de los taladros trae consigo muchos problemas en la operación unitaria de perforación, el taladro perforado al desviarse más de lo esperado hace que la dilución aumente y nos generaría pérdidas económicas ya que nuestro mineral disminuirá la ley, también, habrá sobre rotura provocando problemas en las áreas de trabajo. La distribución correcta de los taladros de perforación en un frente de trabajo nos permite obtener una óptima fragmentación de la roca, pero si se desvían los taladros o no se le da una buena distribución entonces la fragmentación de la roca será mala, esto afecta a los procesos consiguientes a la voladura, las chancadoras y molinos tendrán más trabajo de lo normal, la recuperación del mineral se verá afectada y aumentarán los costos.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El informe de investigación según CONCYTEC (2018) es de tipo básica. Se basó de teorías de diversos autores y así poder aumentar el conocimiento en el desarrollo del informe de investigación.

El diseño de investigación es no experimental de tipo transversal descriptivo simple porque está dirigido a la recolección de datos. Según Arias (2013) define que la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, para así poder establecer su estructura comprendiendo las descripciones de la naturaleza actual.

#### 3.2. Variables y operacionalización

En esta matriz se va considerar nuestras variables señalando sus definiciones conceptuales y operacionales de cada variable, donde se va agregar sus respectivas dimensiones, indicadores y su escala de medición que vamos a realizar en nuestro informe de investigación. (Ver anexo N° 04)

##### **Definición conceptual**

**Variable independiente:** Diaz (2019) señala que el control de la desviación de taladros nos permite tener una mejor voladura ya que la fragmentación de la roca será la adecuada y que la dilución del mineral no sea muy alta.

**Variable dependiente:** Pino (2018) dice que la fragmentación de la roca debe ser óptima para que no tenga problemas en los siguientes procesos, para eso se deberá de tener una perforación de taladros con desviaciones mínimas.

##### **Definición operacional**

**Variable independiente:** Control de la desviación de taladros, se define como la exactitud o el movimiento no planificado que sufren los taladros cuando se perfora un macizo rocoso.

**Variable Dependiente:** Fragmentación de la roca se define como la disminución de tamaño de un macizo rocoso para obtener una óptima granulometría producto de la perforación y voladura de rocas.

**Dimensión:** Para la variable independiente son equipos de perforación, perforación y operario. Y para la variable dependiente son estudios geomecánico, malla de perforación, voladura y fragmentación.

**Indicadores:** Por un lado, para la variable independiente sus indicadores son tipos de equipos, mantenimiento, rendimiento, aceros de perforación, longitud de taladro, inclinación de taladro, precisión de la perforación, experiencia y capacitaciones. Por otro lado, para la variable dependiente son calidad del macizo rocoso, discontinuidades, tipo de arranque, distribución geométrica, explosivo, accesorios, factor de carga y distribución granulométrica.

**Escala de medición:** Para este informe de investigación se consideraron las escalas de mediciones ordinal, nominal, razón e intervalo.

**Unidades:** Las unidades que se trabajaron en este informe de investigación son veces/mes, metros perforados, metros, grados, centímetros, años o meses, RQD, Kg/disparo, ms, Kg/m y %.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población**

Cáceres (2014) dice que es un conjunto de todos los elementos que se estudiará, para poder conocer algo en una investigación y acerca de los cuales se intenta sacar conclusiones. Para el informe de investigación está constituida por los trabajadores que laboran en la unidad de producción Pallasca.

- **Criterios de inclusión:**
  - Nivel 1 de la unidad de producción Pallasca
  
- **Criterios de exclusión:**
  - Galería abandonada en el nivel 1

### **3.3.2. Muestra**

Hernández et (2014) nos dice que es un subconjunto o población en que se llevará a cabo la investigación, es parte de la población que se estudia para poder representarla. Para el informe de investigación está constituida por los trabajadores del área de perforación y voladura de rocas de la unidad de producción Pallasca.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.4.1. Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas para poder recolectar datos desarrollados en el control de la desviación de taladros para obtener una óptima fragmentación de la roca en unidad de producción Pallasca son los siguientes:

- **Técnica de análisis documental:** Según Cruz (2015) dice que es un conjunto de operaciones destinadas a representar un documento y su contenido bajo una forma diferente de su forma original. Esta técnica tuvo el fin de representar la información de varios documentos recoleccionados en un registro estructurado donde ayudó a poder obtener información para el desarrollo de la investigación.
- **Técnica de observación:** Según Rekalde (2014) dice que es una técnica la cual nos ayuda a observar detalladamente fenómenos, hechos y objetos de tal manera que se pueda obtener información necesaria para una investigación. Esta técnica tuvo el fin de obtener datos in situ, con la cual se recolectó datos en la mina Pallasca en el área de perforación y voladura y así poder tener información detallada de las operaciones que nos servirán en el informe de investigación.
- **Técnica de la entrevista:** Según Morga (2015) dice que es una técnica con la cual se obtiene información mediante el diálogo mantenido en un encuentro formal y planeado, que se da entre dos o más personas las cuales son las entrevistadas o los entrevistadores. Esta técnica tuvo el fin de obtener datos a partir de la opinión y conocimiento de los trabajadores de la empresa minera Pallasca que laboran en el área de perforación y voladura.

### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

#### **a. Guía de observación**

- **Guía de observación de campo**

Según Pérez et (2014) dice que es un documento que nos permite observar varios fenómenos y poder organizar los datos recogidos. Se elaboraron 2 guías de observación las cuales ayudaron a recoger datos de la empresa minera Pallasca en el área de perforación y voladura. La guía de observación de campo de la maquinaria utilizada en la perforación de taladros se elaboró con la finalidad de recolectar datos sobre la maquinaria de perforación que utilizan los trabajadores en la empresa minera Pallasca, ya que se tuvieron en cuenta diferentes campos los cuales fueron la perforadora y las partes que la componen, con la cual se pudo saber en qué estado trabajan las perforadoras en el frente de avance. (Ver anexo N° 06) y la guía de observación de campo del frente de perforación se elaboró con la finalidad de recolectar datos sobre el frente en el cual se trabajó y así poder detallar los problemas que se encontraron en el frente, los cuales fueron fallas, discontinuidades, acuíferos y presencia de agua que filtra de la superficie. (Ver anexo N° 08)

#### **b. Guía de entrevista**

- **Guía de entrevista**

Según Ortiz (2015) nos dice que es un documento que los temas, preguntas y aspectos a analizar en una entrevista. Se elaboraron y aplicaron 2 guías de entrevistas que ayudaron a recoger información desde el punto de vista y conocimiento que poseen los trabajadores de la empresa minera Pallasca. La guía de entrevista sobre conocimiento de datos generales de la empresa minera Pallasca se elaboró y aplicó con la finalidad de poder saber la opinión y el conocimiento que tienen los trabajadores de la empresa minera Pallasca con respecto a la desviación de los taladros por lo cual, ayudó a poder recolectar datos desde el punto de vista del trabajador. (Ver anexo N° 05) y la guía de entrevista sobre conocimiento de mantenimiento en las perforadoras y equipos de perforación se elaboró y aplicó con la finalidad de

conocer la opinión y el conocimiento que tienen los trabajadores sobre el mantenimiento que se le dan a las perforadoras y equipos de perforación.  
(Ver anexo N° 07)

### **3.5. Procedimientos**

**Primera etapa:** Planificación y recopilación de información bibliográfica de tesis, libros, revistas y documentos en los diversos sitios webs que se relacionaron a lo investigado con la finalidad de que sirvieran de ayuda para poder desarrollar el informe de investigación. Teniendo todo el material informativo obtenido de los diferentes sitios webs y de diversos autores se pudo recoger conceptos que ayudaron al desarrollo del marco teórico del informe de investigación, en lo cual si se quería citar a algún autor se tenía que verificar la fecha de publicación ya que solo se pudo seleccionar a los que tuvieran un máximo de 7 años de publicación.

**Segunda etapa:** Aplicación de los instrumentos en la empresa minera Pallasca en el área de perforación y voladura con la finalidad de recolectar datos en la empresa minera y así poder compararlos con los datos teóricos que se obtuvieron de los diferentes autores que se obtuvo en la primera etapa. Se tomaron apuntes con ayuda de las guías de observación en el nivel 420 de la empresa minera Pallasca, para que la información obtenida este ordenada y lista para poder ser procesada, también se pudo obtener información a través de la aplicación de la guía de entrevista conociendo el punto de vista de los trabajadores del área de perforación y voladura de la empresa minera Pallasca.

**Tercera etapa:** Procesamiento de la información obtenida en campo mediante las guías de observación, obtenidos los diferentes datos en la empresa minera Pallasca en el área de perforación y voladura se analizó y procesó para poder obtener los resultados. Teniendo los resultados se pudo verificar si se realizó una buena investigación para luego poder compararla con resultados de otros autores y así nuestro informe de investigación pudo llegar a una conclusión, la cual fue lo que se esperaba en la hipótesis.

### 3.6. Método de análisis de datos

Se utilizó el método analítico lo cual consistió en observar, analizar e identificar las perforadoras y equipos utilizados en la perforación de taladros en la empresa minera Pallasca y así saber las causas de la desviación de los taladros de perforación. También se empleó el método hipotético deductivo para la ejecución del informe de investigación, el cual es una técnica que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis, infiriendo de ellas conclusiones que deben afrontarse con los hechos.

### 3.7. Aspectos éticos

Según los reglamentos decretados por la Universidad César Vallejo y a la condición de la investigación los aspectos éticos a estudiar en el presente informe de investigación serán los siguientes:

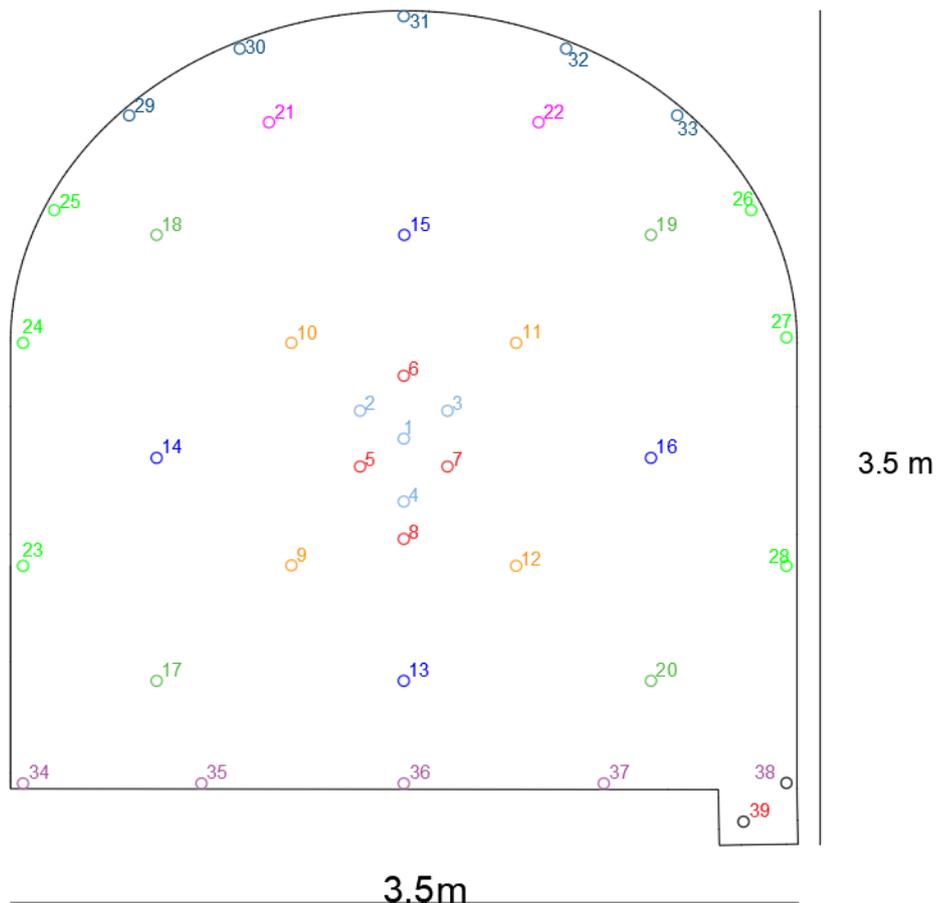
- **Beneficencia:** Como futuros ingenieros de minas, el informe de investigación se orientó a ayudar a las empresas mineras de pequeña escala con la finalidad de producir un beneficio lo cual es reducir las pérdidas económicas que se dan por la venta del mineral diluido producto de la desviación de los taladros.
- **Autonomía:** Los tesisistas llegaron a ciertos acuerdos manteniendo una buena comunicación para así poder tomar buenas decisiones en beneficio del desarrollo del informe de investigación.
- **Honestidad:** Durante la aplicación de los instrumentos se tomaron datos verdaderos, en la guía de entrevista los trabajadores fueron muy honestos en sus respuestas y para la obtención de los resultados no se modificaron ni alteraron los datos siendo lo más transparentes posibles.
- **Responsabilidad:** Los tesisistas desarrollaron el informe de investigación con mucho empeño, presentando semanalmente lo requerido por la metodóloga y el asesor de prácticas siempre en el horario designado.

## IV. RESULTADOS

Teniendo en cuenta los objetivos planteados y la aplicación de instrumentos se obtuvieron los siguientes resultados.

### 4.1. Desviación máxima de los taladros

Figura 1. Diseño de malla de perforación y enumeración de taladros



Fuente: AutoCAD-Creación Propia

En la unidad de producción Pallasca se realiza el tipo de minería convencional, las dimensiones en la que se trabaja la malla de perforación es de 3.5m x 3.5m realizado con 2 perforadoras Jack leg aplicando el tipo de perforación rotopercutiva. Se perforan 39 taladros con una longitud de penetración de 2.44 metros lo cual fue llevado al software AutoCAD para poder tener un esquema de la malla de perforación y poder enumerar los taladros y así estimar la desviación que tiene cada uno. El burden es de 17 a 19 cm y espaciamientos de 23 cm manteniendo el paralelismo entre los taladros para su mejor distribución de la energía del explosivo.

Se tomaron datos de 6 frentes de perforación en distintos turnos de trabajo para poder obtener mejores resultados con un tipo de corte paralelo. Los 3 primeros frentes de perforación en el que se tomaron los datos de la desviación de los taladros fueron con los equipos de perforación tal y como se encontraban en la unidad de producción Pallasca. En los otros 3 frentes de perforación donde se tomaron los datos para poder obtener la nueva desviación promedio se reemplazaron las brocas de tipo esféricas por las balísticas, las barras de perforación también fueron reemplazadas por unas nuevas debido a que las antiguas ya se habían excedido en metros de trabajo y las 2 perforadoras Jack leg recibieron su mantenimiento adecuado para poder obtener una nueva desviación promedio que sea menor a la que se obtuvo con anterioridad.

**Tabla 1. Estimación de la desviación de taladros**

N° de taladro	Ubicación	Longitud de barreno (m)	Desviación(°)	Desviación (%)	Desviación del taladro (m)
1	Taladro de alivio	2.44	4°	7 %	0.17
2	Taladro de alivio	2.44	4°	7 %	0.17
3	Taladro de alivio	2.44	4°	7 %	0.17
4	Taladro de alivio	2.44	3°	5.25 %	0.13
5	Primera ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
6	Primera ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
7	Primera ayuda	2.44	5°	8.75 %	0.21
8	Primera ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
9	Segunda ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
10	Segunda ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
11	Segunda ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
12	Segunda ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
13	Tercera ayuda	2.44	5°	8.75 %	0.21
14	Tercera ayuda	2.44	5°	8.75 %	0.21
15	Tercera ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
16	Tercera ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
17	Cuarta ayuda	2.44	8°	14 %	0.34
18	Cuarta ayuda	2.44	8°	14 %	0.34
19	Cuarta ayuda	2.44	6°	10.5 %	0.26
20	Cuarta ayuda	2.44	6°	10.5 %	0.26
21	Stopping	2.44	9°	15.75 %	0.38

<b>22</b>	Stoping	2.44	9°	15.75 %	0.38
<b>23</b>	Cuadrador	2.44	6°	10.5 %	0.26
<b>24</b>	Cuadrador	2.44	6°	10.5 %	0.26
<b>25</b>	Cuadrador	2.44	6°	10.5 %	0.26
<b>26</b>	Cuadrador	2.44	5°	8.75 %	0.21
<b>27</b>	Cuadrador	2.44	6°	10.5 %	0.26
<b>28</b>	Cuadrador	2.44	6°	10.5 %	0.26
<b>29</b>	Corona	2.44	10°	17.5 %	0.43
<b>30</b>	Corona	2.44	9°	15.75 %	0.38
<b>31</b>	Corona	2.44	10°	17.5 %	0.43
<b>32</b>	Corona	2.44	8°	14 %	0.34
<b>33</b>	Corona	2.44	10°	17.5 %	0.43
<b>34</b>	Arrastre	2.44	8°	14 %	0.34
<b>35</b>	Arrastre	2.44	8°	14 %	0.34
<b>36</b>	Arrastre	2.44	10°	17.5 %	0.43
<b>37</b>	Arrastre	2.44	9°	15.75 %	0.38
<b>38</b>	Arrastre	2.44	9°	15.75 %	0.38
<b>39</b>	Arrastre	2.44	10°	17.5 %	0.43

Fuente: Elaboración propia

Se estimó la desviación promedio de los taladros del frente de perforación con ayuda del inclinómetro magnético que estuvo ubicado en las perforadoras Jack leg, para la sección de 3.5m x 3.5m se perforaron 39 taladros, de los cuales 4 son de alivio y 35 son cargados de explosivo ANFO. El inclinómetro magnético estima el ángulo de la desviación para lo cual se tuvo que convertir en porcentaje ya que con esa unidad de medida fue más fácil trabajar. Luego sabiendo que la longitud de los taladros es de 8 pies y teniendo el porcentaje de desviación se obtuvo la desviación que presentaba cada taladro.

Como se pudo obtener el porcentaje de desviación de los 39 taladros que fueron realizados para la malla de perforación se pudo estimar la desviación promedio de los taladros la cual fue del 11%. En la zona de las ayudas la desviación de los taladros no excede del 11%, pero en la zona de las coronas y arrastres la desviación de los taladros tiende a elevarse hasta 17.5% (desviación máxima) debido a fue más difícil perforar en esas partes del frente de perforación.

Las barras de perforación que utilizan en la unidad de producción Pallasca para la perforación de los taladros son barras cónicas de juego de 4 y 6 pies. Las brocas

con las que se trabajan son del tipo esférico y balístico, cuando se obtuvieron los datos de la desviación de los 39 taladros se trabajó con las brocas del tipo esférico pero ya contaban con más de 40 metros trabajados por lo que se pudo apreciar que estaban muy desgastadas lo cual era un problema ya que es un factor para que los taladros se desviaran.

La desviación de los taladros en la unidad de producción Pallasca es del 11% teniendo este dato se pudo saber las causas que originaban que se produzca la desviación, las condiciones del frente de perforación al presentar múltiples fallas y presencia de agua originan que los taladros se desvíen lo cual se detallará en el segundo resultado que se obtuvo en la unidad de producción y otra de las causas son las brocas desgastadas que al hacer contacto con la roca para la penetración del barreno no se logra guiar lo más recto posible ya que los dientes de la broca no contaban con lo necesario para el requerimiento de perforar esto sumado a la presencia de fallas hacían que los taladros se desvíen ya que al ingresar el barreno y encontrarse con las fisuras seguían la dirección donde había menos tensión y es ahí donde se producía la desviación del barreno lo cual se detallará en el tercer resultado que se obtuvo en la unidad minera.

Estimando la desviación de los taladros que fue 11% se procedió a realizar un control para poder reducir la desviación de los taladros, lo cual consistió en reemplazar las brocas tipo esféricas que estaban desgastadas ya que se habían excedido de los metros trabajados por brocas de tipo balísticas para poder obtener óptimos resultados y se pudo visualizar el mal estado en el que se encontraban lo cual fue apuntado en las guías de observación para que la información del estado de las brocas este ordenada. También se reemplazó las barras de perforación debido a que ya habían superado los 305 metros trabajados y estaban desgastadas lo cual no brindaba un óptimo rendimiento.

**Tabla 2.** Nueva estimación de la desviación del taladro

N° de taladro	Ubicación	Longitud de barreno (m)	Desviación(°)	Desviación (%)	Desviación del taladro (m)
1	Taladro de alivio	2.44	2°	3.5 %	0.09
2	Taladro de alivio	2.44	2°	3.5 %	0.09
3	Taladro de alivio	2.44	1°	1.75 %	0.04
4	Taladro de alivio	2.44	1°	1.75 %	0.04

5	Primera ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
6	Primera ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
7	Primera ayuda	2.44	3°	5.3 %	0.12
8	Primera ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
9	Segunda ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
10	Segunda ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
11	Segunda ayuda	2.44	3°	5.3 %	0.12
12	Segunda ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
13	Tercera ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
14	Tercera ayuda	2.44	3°	5.3 %	0.12
15	Tercera ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
16	Tercera ayuda	2.44	3°	5.3 %	0.12
17	Cuarta ayuda	2.44	5°	8.75 %	0.21
18	Cuarta ayuda	2.44	3°	5.3 %	0.12
19	Cuarta ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
20	Cuarta ayuda	2.44	3°	5.3 %	0.12
21	Stoping	2.44	5°	8.75 %	0.21
22	Stoping	2.44	5°	8.75 %	0.21
23	Cuadrador	2.44	3°	5.3 %	0.12
24	Cuadrador	2.44	3°	5.3 %	0.12
25	Cuadrador	2.44	4°	7 %	0.17
26	Cuadrador	2.44	3°	5.3 %	0.12
27	Cuadrador	2.44	4°	7 %	0.17
28	Cuadrador	2.44	3°	5.3 %	0.12
29	Corona	2.44	5°	8.75 %	0.21
30	Corona	2.44	4°	7 %	0.17
31	Corona	2.44	4°	7 %	0.17
32	Corona	2.44	3°	5.3 %	0.12
33	Corona	2.44	4°	7 %	0.17
34	Arrastre	2.44	5°	8.75 %	0.21
35	Arrastre	2.44	4°	7 %	0.17
36	Arrastre	2.44	4°	7 %	0.17
37	Arrastre	2.44	3°	5.3 %	0.12
38	Arrastre	2.44	4°	7 %	0.17
39	Arrastre	2.44	3°	5.3 %	0.12

Fuente: Elaboración propia

Reemplazadas las brocas y las barras de perforación se procedió a la perforación de los 39 taladros de la malla de perforación de 3.5m x 3.5m, con ayuda del inclinómetro magnético se pudo obtener los nuevos resultados de la desviación que sufrían los taladros. Al tener el ángulo de desviación de todos los taladros perforados en el frente se convirtió a porcentajes para lo cual se estimó que la nueva desviación promedio de los taladros es del 5%, mucho menos a la calculada antes del cambio de las brocas con una diferencia de 6% lo cual se pudo reducir tras el uso correcto de los equipos de perforación.

La desviación de los taladros en las zonas más complicadas de perforar no excedieron del 8.75% (nueva desviación máxima), en los anteriores resultados los taladros llegaron a desviarse hasta 17.5% en las zonas complicadas de perforar, la diferencia es de 8.75% entonces la reducción de la desviación es muy considerable tras los datos obtenidos. Luego de estimar la desviación promedio de los taladros se procedió a aplicar un control adecuado para disminuir la desviación la cual se logró reducir en más de 50% la desviación de los taladros ya que la primera estimación de la desviación promedio fue de 11% después del control que se le aplicó la estimación de la desviación promedio de los taladros fue de 5% logrando un óptimo resultado.

**Tabla 3. Tipos de Brocas**

<b>Tipos de Brocas</b>				
<b>FECHA</b>	<b>Dureza de la roca</b>		<b>Tipo de inserciones</b>	<b>ventajas</b>
<b>16/10/2020</b>	Semidura Homogénea		Balístico (diámetro 38mm) Cóncavo	Excelente soplado Reduce las desviaciones
<b>16/10/2020</b>	Muy abrasiva	Dura y	Esférico (diámetro 38mm) Domo Doble	Máxima protección a botones periféricos.

Fuente: Elaboración propia

Para reconocer la desviación máxima de los taladros en la Unidad de producción Pallasca se empleó documentación entregada por la empresa a partir de los cuales se tiene conocimiento de la desviación de los taladros, a partir de los cuales se

determinó que la desviación de los taladros es del 11%. Por lo que en la perforación de taladros no se obtuvieron los planificados en mina esto se debe a diferentes presencias de discontinuidades por lo cual esto generaría la desviación de los taladros, se obtuvieron datos para poder emplear de manera eficiente la perforación y así poder controlar la desviación de los taladros.

En la Unidad de producción Pallasca el primer registro nos arroja 11% de desviación ya que emplean un Tipo de Broca Esférico (diámetro 38 mm Domo). Este tipo de broca no llegaría a ser el óptimo debido a que el botón es en forma de domo y se excedía en los metros trabajados.

**Tabla 4.** Sistema de Perforación

FECHA	Sistema de perforación (Área y Sección)		
	Diámetros	Secciones	Sistemas de Perforación
16/10/2020	27 – 40 mm	< 10 m <sup>2</sup>	Jack Legg
16/10/2020	35 – 45 mm	10 – 30 m <sup>2</sup>	Jumbo
16/10/2020	38 – 51 mm	> 30 m <sup>2</sup>	Jumbo

Fuente: Presentación PPT Herrera, J (2016)

La identificación de la desviación máxima que sufren los taladros se realizó teniendo en cuenta fichas de investigación de Parámetros de perforación, de los cuales en el parámetro de tipo de broca se llegó a considerar de tipo balístico con un diámetro de 38 mm de forma Cóncavo, la dureza de la roca que se presencia en el área de trabajo es de Tipo III B (Media a Dura). Por lo que este tipo de broca es de menor costo y tiene un excelente soplado ya que a su vez reduciría las desviaciones de taladros.

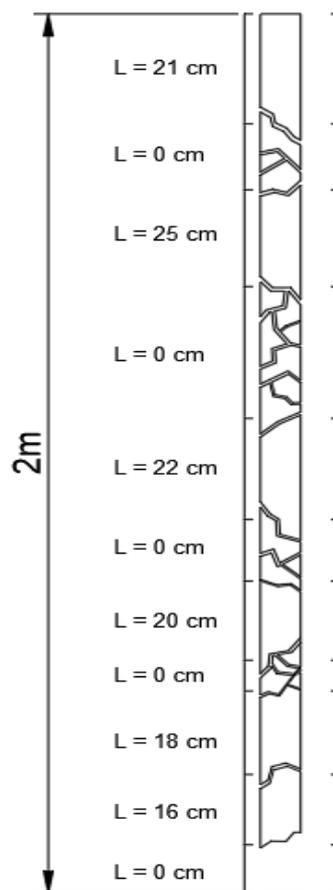
El Diámetro de broca en la unidad de producción es de 38mm. Se emplea una perforadora Jack Leg de la marca RNP debido al tamaño de sección de 10 m<sup>3</sup> ya que si se trabajaría con maquinaria Jumbo no llegaría a ser la adecuada por motivo de que estas máquinas trabajan taladros largos. En la unidad de producción Pallasca los trabajadores de perforación tienen poco conocimiento de la desviación de los taladros por lo que las guías son de mucha importancia para poder

determinar los parámetros óptimos para poder ejecutar una perforación adecuada y poder evitar desviaciones en los taladros, se controlaría la dilución generada por una mala perforación.

#### 4.2. Características geomecánicas del macizo rocoso

Para reconocer las características geomecánicas del macizo rocoso en la Unidad de producción Pallasca se utilizó la designación de calidad de roca y el instrumento RMR, donde se obtuvo los siguientes datos.

Figura 2. Testigo para medir el RQD



Fuente: AutoCAD-Creación Propia

En la Unidad de producción Pallasca se hallaron dos tipos de roca, siendo así de tipo sedimentario en la cual se encontró presencia de roca caliza y de tipo Ignea volcánica de color gris oscuro donde se halló roca andesita, en su estructura mineralizada se hace presencia de cuarzo y pirita, la potencia de la veta es de 80

cm, su buzamiento es de 78°. Se extrae Oro y Plata en la cual se obtiene 8 gr/tn de Oro y 6 oz/tn de Plata.

**Tabla 5.** Designación de calidad de la roca y RQD

Calidad de la roca	Calificación	RQD (%)
Muy mala (roca completamente meteorizada)	I	<25%
Mala (roca meteorizada)	II	25 a 50%
Media (Roca levemente meteorizada)	III	51 a 75%
Buena (Roca dura)	IV	76 a 90%
Muy buena (Roca fresca o intacta)	V	91 a 100%

$$RQD = \frac{\sum(\text{Longitud de pedazos de la muestra} > 10\text{cm})}{\text{Longitud Total de la muestra}} \times 100\%$$

$$RQD = \frac{21 + 25 + 22 + 20 + 18 + 16}{200} \times 100\%$$

$$RQD = 61\%$$

Fuente: Geología web

El muestreo es una fase de vital importancia en la evaluación de un Depósito Mineral, debido que en él se apoya el estudio de viabilidad técnica-económica, el tipo de muestreo que se había tomado es sistemático en la cual se tomó de la malla de perforación, la cual el método de muestreo fue lineal ya que se había empleado barrenos con diamantina para poder extraer los testigos.

El RQD es el índice más usado para medir el grado de fracturación de un macizo rocoso. Para poder hallar nuestro RQD en la unidad de producción Pallasca se tuvo que sumar la longitud de pedazos de la muestra mayores a 10 cm, al dividir la longitud de los pedazos sobre la longitud total de la muestra, nos dio como resultado 61%, según la tabla de designación de calidad de la roca este resultado nos indica que la roca se encuentra levemente meteorizada y es de media calidad.

**Tabla 6. Clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR)**

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI - RMR											
ESTACIÓN:	E:	N:	Z:				PNT				
R M R	1	Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple (MPa)		7	
			Compresión simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1		<1
			Puntuación	15	12	7	4	2	1		0
	2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		13	
		Puntuación		20	17	13	6	3			
	3	Separación entre diaclasas (m)		>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06		5	
		Puntuación.		20	15	10	8	5			
	4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m		4	
			Puntuación	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1mm	0.1-1mm	1-5mm	>5mm		1		
		Puntuación	6	5	3	1	0				
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		1		
		Puntuación	6	5	3	1	0				
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5mm		4		
		Puntuación	6	4	2	2	0				
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	descompuesta		3		
		Puntuación	6	5	3	1	0				
	5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	<10L/Min	10-25L/Min	25-125L/Min	>125 L/Min		10	
			Relación: presión de agua/ tensión principal mayor	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			
			Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo			
			Puntuación	15	10	7	4	0			
<b>VALOR TOTAL DEL RMR (SUMA DE LOS VALORES DE 1-5)</b>											
<b>TIPO DE ROCA SEGÚN EL RMR</b>											
RMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0				
CLASE	I	II	IIIa	IIIb	IVa	IVb	V				
DESCRIPCIÓN	Muy Buena	Buena	Regular A	Regular B	Mala A	Mala B	Muy mala				

Fuente: Bieniawski, 1989 – elaboración propia

En la tabla RMR nos dio un puntaje 48 puntos la cual nos detalla que es de clase III B por lo que sería Roca Regular B ya que se presencia diferentes discontinuidades. En la resistencia de la matriz rocosa mediante el ensayo de compresión simple de testigos de la roca su puntuación que nos arroja es de 4 esto nos indica que la resistencia de la roca es dura por lo que su puntaje total de Resistencia de la matriz rocosa (MPa) en la tabla 6 (RMR) será 7 puntos.

En el índice del RQD se utiliza como parámetro estándar en el registro de los testigos de perforación la cual indica el grado de fracturación del macizo rocoso. Se obtuvo un resultado de 62% (mala) por lo que su puntaje en la tabla 6 (RMR) será de 13. Se llegó a presenciar que la separación entre diaclasas es de 0.05 por lo

que es cerrada presentaría una estabilidad y condición del macizo rocoso buena, por ello en la tabla 6 (RMR) su puntaje es de 5.

En los estados de las discontinuidades se llegó a evidenciar que la longitud de la discontinuidad es de 2m lo que indicaría que la estabilidad de la masa rocosa es mayor por ello en la tabla 6 (RMR) se le da un puntaje de 4. En la abertura se llegó a evidenciar que es de 3mm esto daría a que la estabilidad y condición del macizo roco sea inferior, por ello en la tabla 6 (RMR) su puntaje es de 1. La rugosidad que se presencia en el macizo rocoso es ondulada por lo que la competencia del macizo rocoso es menor, por consiguiente, en la tabla 6 (RMR) su puntaje es de 1. Su relleno del macizo rocoso es duro lo que conlleva a que tenga una competencia mayor, por lo que en la tabla 6 (RMR) su puntuación es de 4. La alteración que se presencia en el macizo rocoso es moderadamente alterada lo que indica que menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y transformado en suelo, por lo que en la tabla 6 (RMR) su puntuación es de 3.

El estado de agua freática que se presenta en las discontinuidades es Ligeramente húmedo la cual produce que el macizo rocoso sea regularmente estable y su condición para poder ser perforado sea regular, por lo que en la tabla 6 (RMR) su puntuación es de 10. Como resultado final se tendría que el macizo rocoso estudiado es de condiciones regulares para poder ejecutar los taladros de perforación lo que conllevaría a tener más estudios de este tipo para poder tener conocimiento del macizo roco en el que se perforara y así poder emplear las herramientas y parámetros adecuados para evitar desviaciones de taladros futuras.

#### 4.3. Estado de la maquinaria utilizada en la perforación de taladros

**Tabla 7.** Estado de los equipos de perforación

Equipos de perforación	Mantenimiento y cambio adecuado para los equipos	Mantenimiento y cambio en unidad de producción Pallasca	Nuevo tiempo de mantenimiento y cambio	Estado de los equipos de perforación
Perforadora(Jack leg)	Mantenimiento cada 1524 metros trabajados (5000 pies).	Mantenimiento cada 1600 – 1700 metros trabajados.	Mantenimiento cada 1450 metro trabajados	Regular

<b>Barras de perforación</b>	Cambio cada 305 metros trabajados (1000 pies).	Cambio cada 350 – 400 metros trabajados.	Cambio cada 310 - 320 metros trabajados	Regular
<b>Brocas (esférica y balísticas)</b>	Cambio cada 30 metros trabajados (100 pies).	Cambio cada 50 – 80 metros trabajados.	Cambio cada 35 – 40 metros trabajados	Mala

Fuente: Elaboración propia

Las perforadoras Jack leg debían de recibir un mantenimiento cada cierto tiempo de haber trabajado, lo más adecuado es cada 5000 pies (1524 metros) para que puedan trabajar en óptimas condiciones, pero en la unidad de producción Pallasca recibían un mantenimiento cada 1600 a 1700 metros debido a que no se les llevaba un control adecuado, lo que generaba que las perforadoras se exijan trabajando sin su mantenimiento correspondiente lo cual originaba que su eficiencia bajaría considerablemente. El estado de las perforadoras Jack leg en la unidad de producción Pallasca fue regular debido a que llevan recién 3 meses trabajando en la perforación de taladros, el nuevo tiempo de mantenimiento que recibieron las perforadoras fue de 1450 metros para que así en la unidad de producción Pallasca las perforadoras Jack leg puedan operar en óptimas condiciones.

**Tabla 8.** Mantenimiento y cambio de los equipos de perforación

<b>Turnos trabajados</b>	2		
<b>Longitud del taladro</b>	2.44 metros		
<b>Taladros por turno</b>	39		
<b>Taladros por día</b>	78		
<b>Metros perforados por día</b>	190.32		
<b>Equipos de perforación</b>	<b>Trabajo diario en la unidad de producción por equipo de perforación</b>	<b>Cambio de equipos de perforación</b>	<b>Nuevo cambio de equipos de perforación</b>
<b>Perforadora</b>	95.16 metros (por perforadora)	Mantenimiento cada 1600 metros trabajados	Mantenimiento cada 1450 metros trabajados
<b>Barras de perforación</b>	95.16 metros (por perforadora)	1 cambio cada 4 días en cada perforadora (360 metros trabajados)	1 cambio cada 3 días en cada perforadora (310 metros trabajados)

<b>Broca</b>	95.16 metros (por perforadora)	2 cambios diarios en cada perforadora (60 metros trabajados por broca)	3 cambios diarios en cada perforadora (40 metros trabajados por broca)
--------------	--------------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia

El estado de las barras de perforación en la unidad de producción Pallasca fue regular debido a que solo se excedían 40 metros de perforación en los trabajos, esto ocasionaba que las barras de perforación se desgasten mucho. Las barras de perforación tienden a cambiarse cada 1000 pies (305 metros) pero en la unidad de producción las cambiaban cada 350 hasta los 400 metros lo cual no era lo adecuado ya que las barras se desgastaban demasiado. Las barras de perforación en el mercado tienen un precio de 120 \$USD

Para lo cual se designó que el nuevo cambio de las barras de perforación en la unidad de producción Pallasca sea entre el rango de 310 a 320 metros trabajados y así se evitó que se desgasten demasiado para que trabajen en óptimas condiciones, pero también prevaleciendo la economía de la unidad de producción. Por el estado de cómo estaban trabajando en la unidad de producción Pallasca con las barras de perforación se decidió cambiarlas 1 vez cada 3 días en cada perforadora, ya que se decidió cambiarlas cada 310 metros de perforación para así evitar que cuando se desgasten se produzcan atasques de barreno en el interior del taladro.

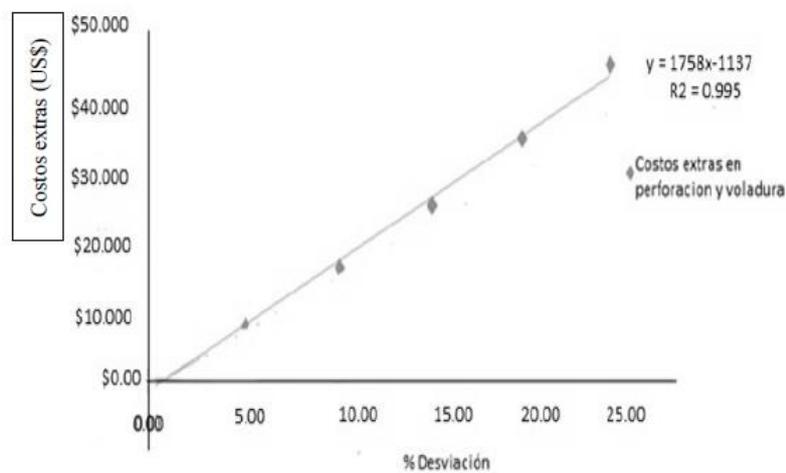
El estado de las brocas con las que trabajaban en la unidad de producción Pallasca fue malo debido a que se encontraban muy desgastados ya que se habían excedido en los metros trabajados, el cambio debía realizarse a los 100 pies (30 metros) pero lo realizaban entre el rango de 50 a 80 metros trabajados lo cual era muy malo ya que las brocas se desgastaban demasiado y tendían a desviarse lo que se vio reflejado en la primera toma de datos de la desviación de los 39 taladros. La longitud de los taladros perforados es de 2.44 metros y como son 39 taladros entonces se perforan 95.16 metros por turno entre las 2 perforadoras, pero se trabajan 2 turnos por día lo cual son 190.32 metros perforados al día. Las brocas en el mercado tienen un precio de 20 \$USD.

Entonces en un solo día para los 78 taladros perforados utilizaban 2 brocas por perforadora la cual se cambiaban cada 60 metros de trabajo lo que originaban que se desgasten y que se desvíen los taladros, esto sumado a la presencia de fallas

en el frente originaba que las barras de perforación penetren a la roca, pero sigan el camino donde había menos tensión. En la unidad de producción Pallasca para poder controlar la desviación de los taladros las brocas se cambian 3 veces al día por cada perforadora, entonces son 6 cambios de brocas que se realizan en la unidad de producción ya que cada una trabaja 40 metros en la perforación de taladros.

#### 4.4. Impacto económico que generaría una mala perforación de taladros

Figura 3. Gráfica porcentaje de desviación – costos extras



Fuente: Universidad nacional de Colombia

La estimación de la desviación promedio en la unidad de producción Pallasca fue del 11% ya que se pudo obtener después de medir la desviación de los 39 taladros que se trabajan en la malla de perforación de 3.5m x 3.5m. Entonces según la gráfica para un 11% de desviación de los taladros que se estaba generando en la unidad de producción los costos extras que se generarían podrían ser de 17 600 US\$, lo cual sería un impacto económico negativo por eso se decidió controlar la desviación de los taladros para poder reducir esos costos extras que se generarían por una mala perforación de los taladros.

**Tabla 9.**Costos extras debido a la desviación de taladros

<b>Desviación</b>	5%	10%	15%	20%	25%
<b>Costos extras(US\$)</b>	8 000	16 000	24 000	35 000	45 000
<b>Desviación en la unidad de producción Pallasca</b>	11%				
<b>Costos extras en la unidad de producción Pallasca</b>				17 600 US\$	
<b>Nueva desviación en la unidad de producción Pallasca</b>	5%				
<b>Nuevo costo extra en la unidad de producción Pallasca</b>				8 000 US\$	

Fuente: Elaboración propia

Estos gastos extras se ven reflejados en las operaciones post voladura, en el carguío y acarreo del mineral para ser más exactos. Por eso se decidió disminuir la desviación de los taladros en la unidad de producción Pallasca para poder obtener una óptima fragmentación de la roca y así no generar un impacto económico negativo.

Cuando se logró disminuir la desviación de los taladros y se realizó la nueva estimación promedio en la unidad de producción Pallasca la cual fue de un 5%. Lo cual generaría un impacto económico negativo y costos extras de 8 000 US\$ ya que se pudo saber con ayuda de la gráfica donde a un porcentaje de desviación ya está establecido los gastos extras que se generan, entonces al existir un poco de desviación en los taladros de perforación genera un impacto económico negativo al cual se le puede controlar disminuyendo la desviación de los taladros.

Al lograr disminuir la desviación de los taladros en la unidad de producción Pallasca los gastos extras se lograron disminuir en más del 50%, ya que con un 11% de desviación se generan gastos de 17 600, pero cuando se disminuyó a 5% se generan gastos extras de 8 000. Lo cual fue una gran ayuda el poder controlar y disminuir la desviación de los taladros para la unidad de producción Pallasca ya que el impacto económico negativo causado por la mala perforación de los taladros disminuyó.

**Tabla 10.** Tamaño de la fragmentación de la roca

<b>DESVIACIÓN</b>	<b>1%</b>	<b>3%</b>	<b>5%</b>	<b>7%</b>	<b>9%</b>	<b>11%</b>
<b>FRAGMENTACIÓN</b>	2"	4"	5"	8"	10"	12"

Fuente: Elaboración propia

En la unidad de producción Pallasca la desviación promedio que se estaba generando era de 11% dicha desviación generaba que la fragmentación de la roca sea pésimo por lo que en el carguío y acarreo generaba problemas. La fragmentación de la roca a un 11% era de 12 pulgadas de diámetro lo cual no era muy conveniente para la unidad de producción ya que esto hacia que se eleven los costos en el transporte del mineral debido a que en los carros mineros se generaban muchos espacios vacíos y no lograban transportar el tonelaje correspondiente por viaje.

Cuando se logró controlar la desviación de los taladros y disminuyó a un 5% la fragmentación de la roca disminuyó a 5" de diámetro, generando mejores resultados ya que los costos extras en el carguío y acarreo disminuyeron, debido a que el fragmento de la roca es menor a la que se obtenía cuando los taladros sufrían un 11% de desviación. Esto generó un impacto económico positivo debido a que los gastos se redujeron y así se pudo obtener mejores resultados.

## V. DISCUSIÓN

Según el objetivo general, realizar un control de la desviación de taladros para obtener una óptima fragmentación de la roca en unidad de producción Pallasca, los resultados obtenidos confirman la hipótesis planteada. Por lo que, se evidencia que controlando la desviación de los taladros se puede obtener una óptima fragmentación de la roca y no tener gastos elevados en el carguío y acarreo. Lo cual, al estimar la desviación máxima de los taladros la cual fue de 17.5% se pudo controlar y disminuir dicha desviación a un 8.75%. En otras palabras, al controlar la desviación de los taladros que se produce por el mal estado de los equipos de perforación, las condiciones desfavorables del terreno y la falta de conocimiento y experiencia en los maestros perforistas y ayudantes, se pueden reducir considerablemente los gastos en más de 50 %, de 17 600 US\$ a 8 000 US\$ lo que es una gran ayuda para la unidad de producción Pallasca.

Datos que al ser comparados con Vásquez (2015) en su tesis titulada “Mejoramiento de la productividad en la veta Gina Socorro tajo 6675-2 aplicando el método tajeo por subniveles con taladros largos.” que concluye que se aplicó el método por subniveles taladros largos ya que la veta Gina Socorro tiene la características adecuadas para que se aplique este método de explotación minera, la cual ayudará a la empresa minera debido a que se trabajará en la veta pero controlando las desviaciones de los taladros que se perforarán, así la productividad se puede maximizar ya que la desviación no afectará al mineral debido a que se podrá controlar. Con estos resultados se puede contrastar que sabiendo cuales son las principales causas que generan la desviación de los taladros se pueden controlar o tratar de disminuir dicha desviación para no generar sobre costos debido a las operaciones post voladura como son el carguío y acarreo de mineral y así se podrá maximizar la producción ya que la dilución disminuirá.

Según el objetivo específico, estimar la desviación máxima que tienen los taladros en la unidad de producción Pallasca, los resultados obtenidos son que la desviación que existe en la empresa minera Pallasca es de 11% pero aplicando y siguiendo con las pautas propuestas por nosotros la desviación de los taladros puede reducirse hasta un 5%, esto es debido a que en la empresa minera no se trabajaban

con equipos de perforación en un buen estado, las brocas muy desgastadas y los barras de perforación tendían a desviarse mucho debido a que se trabajaban con brocas en muy mal estado. Al trabajar con las brocas en mal estado ya que estaban desgastadas la desviación máxima era de 17.5% pero cuando se trabajó con las brocas adecuadas para el terreno la desviación máximo disminuyo hasta 8.75%.

Dichos datos obtenidos fueron comparados con lo encontrado por Palomino (2016) en su tesis titulada: "Optimización de los procesos de la operación unitaria de perforación y voladura en las labores mejorando la eficacia en compañía minera poderosa s.a." que concluye que los barrenos deben estar destinados para una labor específica, ya que en cada labor los tipos de roca pueden variar y esto afectaría para poder llevar un mejor control, esto originaría que los barrenos y las brocas se desgasten y su vida útil se disminuya considerablemente. Con estos resultados se puede contrastar que cuando las herramientas de trabajo en este caso las perforadoras, barrenos y brocas no están en un muy buen estado no van a poder cumplir con lo que se requiere, y si se les exige un sobre trabajo pueden reducir su vida útil lo cual generarían desviación de los taladros de perforación y pérdidas económicas.

Según el objetivo específico, conocer las características geomecánicas del macizo rocoso para la perforación de taladros en la unidad de producción Pallasca, los resultados obtenidos en la tabla 6 se evidencia que en la tabla RMR nos dio 48 puntos en la cual nos detalla que es de clase III B por lo que sería roca regular ya que se presencia diferentes discontinuidades, presencia de agua por lo que estos detalles influirían en la desviación de los taladros.

Dichos datos obtenidos fueron comparados con lo encontrado por Pomayay (2019) en su tesis titulada: dice que Unos de los factores que predeterminan las condiciones desfavorables del terreno es por causa de las discontinuidades, quiere decir que esto son relacionadas a, fallas, diaclasas, o estratos, estos son problemas de malas condiciones de terreno estos efectos son producidos por causa naturales y reacción física y química del mismo manto de la tierra. Las condiciones desfavorables del terreno permiten a que el taladro se desvíe mucho más de lo

planificado es por eso que se debe tener en cuenta que broca y barreno se utilizará para el terreno si no se hace un estudio adecuado puede predecirse estos casos de desviación de terreno.

No siempre se trata que sea un mal uso dependiendo del técnico que realice esta perforación también denominada taladro posteriormente si esta se desvió fue por la mala resistencia del macizo rocoso y por el poco estudio que se realizó antes de perforar, que concluye que los estudios del terreno a perforar deben ser detallados de manera específica y cada cierto tramo de 50 metros, ya que en cada avance el tipo de roca varían e incluso con la presencia de discontinuidades produce un ineficiente control, esto originó que los útiles de maquinaria se dañen, así mismo la eficiencia de maquinaria sea baja y su vida útil se disminuya. Con estos resultados se puede contrastar que cuando no se realiza un estudio detallado del terreno a perforar cada cierto tramo de avance, produce una ineficiencia en el proceso de perforación de los taladros creando así un desgaste de maquinaria y herramientas originando pérdidas en la empresa minera.

Según el objetivo específico, verificar el estado de la maquinaria utilizada en la perforación de taladros, los resultados obtenidos son que el estado de la maquinaria utilizada en la perforación de taladros no es muy buena debido a que se encuentran muy desgastadas las brocas y las barras de perforación. Lo cual origina una desviación debido a que las brocas al estar en pésimas condiciones y ser expuesta a trabajos de perforación que requieren de gran esfuerzo tienden a desviarse sufriendo un movimiento no planificado, esto generaría problemas tanto en el avance como en el lo productivo como es la dilución.

Dichos datos obtenidos fueron comparados con lo encontrado por Bernaola (2015) dice que la maquinaria ineficiente para los trabajos requeridos es relacionada por su sistema de transmisión o hidráulica, no son aptos para su labor, maquinarias insuficientes viene siendo también el tipo de mantenimiento y sistema inadecuado en su capacidad. Como bien se sabe la industria o mejor dicho el trabajo del ámbito minero relacionados con la minería artesanal o pequeña minería, atrae muchas pro y contras en el manejo adecuado de su avance donde su principal recurso para

poder trabajar está relacionado con el tipo de trabajo y usos de maquinaria de pequeña escala, por lo cual se necesitan máquinas de perforación en buen estado porque si no los trabajos que realice los hará en pésimas condiciones y no se obtendrán los resultados planificados. Con estos resultados se puede contrastar que la maquinaria empleada no posee el mantenimiento adecuado, y al ejercerlos en la perforación de los taladros estos reducen más su vida útil lo cual generaría muchas más pérdidas económicas.

Según el objetivo específico, determinar el impacto económico que generaría una mala perforación de taladros, los resultados obtenidos son que la desviación de los taladros es del 11% cuando se trabaja en un terreno sin muchas fracturas y presencia de agua pero se puede reducir a un 5% la desviación cuando se trabaja con los equipos de perforación en óptimas condiciones. Pero cuando en el tajeo hay presencias de fallas y demasiada filtración de agua la desviación de los taladros aumenta entre un 15%-18% lo que generaría una mala fragmentación de roca, ya que al tener una desviación muy elevada a la normal la distribución de los taladros varía más de lo que estaba planificado originando una mala fragmentación de la roca lo que origina un impacto económico negativo al subir el precio del procesamiento del mineral en operaciones post voladura. La desviación de los taladros disminuyen a un 5% después reemplazar las brocas desgastadas, realizar el mantenimiento correspondiente de las máquinas perforadoras y que los maestros perforistas tengan el criterio de evaluar el terreno de perforación basándose en los años de experiencia que poseen, esto origina que los taladros no se desvíen mucho así la distribución varia poco a lo planificado causando una óptima fragmentación de la roca, al tener una óptima fragmentación de la roca ya no se generaran sobre costos en operaciones post voladura.

Dichos datos obtenidos fueron comparados con lo encontrado por Colonio (2015) en su tesis titulada: "Aplicación del método de explotación tajeo por subniveles para la optimizar la producción en compañía de minas Buenaventura", quien concluyó que con las mismas condiciones geomecánicas se optimizó la productividad anual del mineral, aplicando taladros largos, en mina recuperada, aprovechando las características geomecánicas favorables del tajeo 775 para poder controlar la

desviación y así se pueda maximizar la producción del mineral. Con estos resultados se puede contrastar que cuando existe una desviación que sobrepasa el 10% en los taladros se tiene como resultado un impacto económico negativo ya que dicha desviación genera que el mineral se diluya más de lo planificado y la fragmentación no sea la óptima, aumentando el precio de las operaciones en el tratamiento del mineral lo que origina un grave problema en los costos. Cuando se logra controlar la desviación y es menor del 10% se obtienen óptimos resultados ya que la dilución no aumenta drásticamente y la fragmentación de la roca es la adecuada para ser procesada en las siguientes etapas de la mina.

## VI. CONCLUSIONES

1. En este trabajo se realizó un control de la desviación de taladros para obtener una óptima fragmentación de la roca en unidad de producción Pallasca, donde se obtuvo un 11% de desviación de los taladros y con el debido control se logró disminuir a un 5%. La desviación se generó por que se estaba perforando con las brocas inadecuadas y se encontraban muy desgastadas, al ser reemplazadas las brocas esféricas por brocas de tipo balísticas se obtuvieron mejores resultados disminuyendo las desviaciones de taladros en más de 50%.
2. Estimar la desviación máxima que tienen los taladros en la unidad de producción Pallasca, permitió conocer la desviación máxima de los taladros la cual fue 17.5% y la desviación promedio de los 3 primeros frentes donde se tomaron los datos fue del 11%, después con el control que se aplicó se tomaron datos de 3 frentes de perforación nuevos y la desviación máxima disminuyó a 8.75% y se tuvo como nueva desviación promedio de los taladros 5%.
3. Conocer las características geomecánicas del macizo rocoso para la perforación de taladros, permitió conocer el RQD del macizo rocoso donde se perforaron los taladros de los diferentes frentes de perforación fue 61%. Resultado que ayudó a poder obtener el RMR del macizo rocoso que fue 48 puntos, lo cual es de clase III B por lo que es roca regular B, con presencia de múltiples fallas y filtración de agua en las labores.
4. Verificar el estado de la maquinaria utilizada en la perforación de taladros, permitió conocer el estado de los equipos de perforación, las brocas de tipo esféricas con las que trabajaban estaban en un estado malo debido a que se excedían en los metros trabajados ya que cada una trabajaba 60 metros siendo lo mejor que trabajen 40 metros, el estado de las barras de perforación era regular debido a que se excedían poco en los metros trabajados cada una trabajaba 360 metros a lo cual lo mejor fue que trabajen 310 metros y el estado de las 2 perforadoras Jack leg era regular ya que se les hacía mantenimiento

cada 1600 metros de trabajo a lo cual se decidió que el mantenimiento se efectuó cada 1450 metros de trabajo.

5. Determinar el impacto económico que generaría una mala perforación de taladros, permitió conocer que para la primera desviación promedio que sufrían los taladros lo cual era del 11% si se seguía con este porcentaje de desviación los posibles gastos extras post voladura (carguío y acarreo) serian de 17 600 US\$. En la unidad de producción Pallasca se logró disminuir la desviación promedio de los taladros a 5% por lo cual los gastos extras en las operaciones post voladura que se generarían por la desviación disminuyó a 8 000 US\$ reduciendo los gastos en más de 50%.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda a la unidad de producción Pallasca, tener en cuenta la continuación del control de la desviación de taladros más adecuado aplicando tecnologías nuevas en el sector minero para el área de perforación. Para así poder evitar costos extras en operaciones post voladuras y evitar la generación de impactos económicos negativos.
2. Se recomienda un estudio geomecánico más detallado por cada 50 metros de avance, con el fin de que el operador tenga el conocimiento preciso para que pueda ejecutar los parámetros de perforación adecuados y así evitar fallas en proceso de perforación de los taladros.
3. Las próximas investigaciones al querer empezar a estudiar la desviación de los taladros deberían de empezar por la verificación del estado de los equipos de perforación, ya que es aquí por donde se empieza a poder controlar la desviación de los taladros.

## REFERENCIAS

**Anaya Mendoza. 2016.** *Planeamiento y control de producción en operaciones mineras utilizando el Hardward Project Manager.* Lima : s.n., 2016.

**Bernaola, José, Castilla Gómez, Jorge y Herrera Herbert, Juan. 2013.** *Perforación y Voladura de Rocas en Minería.* Madrid : s.n., 2013.

**Castilla Gómez, Jorge, Herrera Herbert, Juan y Bernaola Alonso, José. 2013.** *Perforación y voladura de rocas en minería.* Madrid : s.n., 2013.

**Celis Caballero, Hector Leodan. 2016.** *Reducción de la desviación de taladros largos implementando menores longitudes de perforación de taladros para bancos de producción de 20 metros de altura en sublevel stoping con simbas h1254, en el cuerpo casapalca 4 en el nivel 11 -11a, mina casapalca-u.* Trujillo : s.n., 2016.

**Reveles Lopez. 2014.** *Costos.* Guadalajara : s.n., 2014.

**Fernández, Davila. 2019.** *Introducción la contabilidad de Costos.* s.n. : Lider, 2019, pág. 2.

**Jimeno, Carlos López, y otros. 2014.** *Manual de perforación y voladura de rocas.* 2 edición. Madrid : Instituto Tecnológico Geominero de España, 2014.

**Rincón Durán, Juan David y Molina Escobar, Jorge Martin. 2016.** *Mejoramiento del arranque mediante el control de las desviaciones de perforación, caso mina “El Roble”, Colombia.* Medellin : s.n., 26 de Agosto de 2016.

**Palomino Vidal, Henry Alexander. 2016.** *optimización del proceso de perforación y voladura en las labores de desarrollo, para mejorar la eficiencia en compañía minera poderosa s.a.* Trujillo : s.n., 2016.

**SONAMI. 2014.** *Perforación y tronadura.* mayo de 2014, Guía De Operación Para La Pequeña Minería: s.n., Mayo de 2014

**Singh. 2018.** *The effects of rock mass characteristics on blasthole deviation.* Canadá : s.n., 01 de Enero de 2018, págs. 90 - 95.

**UPCommons. 2014.** [En línea] 2014. [Citado el: 01 de 05 de 2020.]

Disponible en:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8568/01.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

**Vergne. 2014.** *Hard Rock Miner is Handbook*. Quinta: s.n., 2014.

**Anaya Mendoza. 2016.** *Planeamiento y control de producción en operaciones mineras utilizando el Hardward Proyect Manager*. Lima : s.n., 2016.

**Reveles Lopez. 2014.** *Costos*. Guadalajara : s.n., 2014.

**Fernández, Davila. 2015.** *Introducción la contabilidad de Costos*. s.n. : Lider, 2015, pág. 2

**Kangwa, Sam y Sinkala, Thomson. 2013.** *Hole deviations in mining operations: Types, sources and effects*. Zambia : s.n., 2013, Vol. XX.

**Hogan, Jeff. 2017.** *How To Reduce Drill-Hole Deviation*. Salt Lake City : s.n., 18 de Abril de 2017.

**University, Queen's. 2017.** Dilution and ore recovery. [En línea] 12 de Febrero de 2017. [Citado el: 08 de 09 de 2020.]

Disponible en:

[https://minewiki.engineering.queensu.ca/mediawiki/index.php/Dilution\\_and\\_ore\\_recovery#:~:text=Dilution%20is%20the%20waste%20material,ore%20and%20waste%20tonnage%20milled](https://minewiki.engineering.queensu.ca/mediawiki/index.php/Dilution_and_ore_recovery#:~:text=Dilution%20is%20the%20waste%20material,ore%20and%20waste%20tonnage%20milled)

**Apaza Arivilca, Edwin Robin. 2013.** *Implementación de taladros largos en vetas angostas para determinar su incidencia en la productividad, eficiencia y seguridad de las operaciones Mineras – Pashsa, Mina Huarón S.A.* Arequipa. 2013. Tesis.

**Arias, Fidas. 2013.** *El Proyecto de Investigación*. Sexta. Caracas : EPISTEME, C.A., 2013. 980-07-8529-9.

**Blas Capcha, Mariela Estefani. 2019.** *Generación de topografía 3D para evaluar el método de explotación de taladros largos en la U.E.A. Julcani*. Puno : s.n., 2019. Tesis.

**Cáceres Huambo, Alberto. 2014.** *Población y Muestra*. Universidad Católica Santa María. Arequipa : s.n., 2014. Investigación.

**Carrasco Cavero, Alonso Andrés. 2013.** *Diseño de perforación y distribución de carga en taladros largos, para el método de explotación tajeo por subniveles, aplicando el módulo Carrascovol, en la minera Casapalca.* 2013. Tesis.

**Choque Choccelahua, Juan Carlos. 2019.** *Modelo Matemático de Langefors para optimizar el diseño de mallas de perforación y voladura de taladros largos – Unidad Yauliyacu.* Huancayo. 2019.

**Comun Rosas, Heberzon Rudolph Hanz. 2018.** *La influencia del método corte y relleno ascendente con Taladros largos en la producción de la Mina Animón – Volcan.* Huancayo. 2018. Tesis.

**Cruz Rubio, Maria. 2015.** El Análisis Documental : Indización y Resumen en bases de datos especializadas. [En línea] 07 de 2015. [Citado el: 15 de 11 de 2020.]

Disponible:[http://eprints.rclis.org/6015/1/An%C3%A1lisis\\_documental\\_indizaci%C3%B3n\\_y\\_resumen.pdf](http://eprints.rclis.org/6015/1/An%C3%A1lisis_documental_indizaci%C3%B3n_y_resumen.pdf).

**De la Cruz Escobar , Placido y Mallco Irrazal, Fredy. 2014.** *Aplicación de taladros largos en vetas angostas para reducir costos de operación en la zona esperanza - Cia Minera Casapalca s.a.* Huancavelica. 2014. Tesis.

**Diaz Carrasco, Sergio. 2019.** *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación.* s.l. : SAN MARCOS E I R LTDA, 2019. 978-9972-38-344-1.

**Idone Chamorro, Anthony. 2015.** *Aplicación del método de explotación tajeo por subniveles - taladros largos para la recuperación de mineral económicamente rentable de los rellenos de mina San Genaro de la Corporación Minera Castrovirreyña S.A.* Huancayo : s.n., 2015. Tesis.

**Leon Campos, Dany Richard. 2017.** *Aplicación del tajeo por subniveles con taladros largos para optimizar recursos en la mina caridad, compañía minera Huancapeti S.A.C.* Ancash. 2017. Tesis.

**Mallqui Balbin, Yerlin Jhonatan. 2019.** *Diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos en Sub Level Stopping para incrementar la productividad en mina Marcapunta Sur de Sociedad Minera El Brocal S.A.A.* Huancayo : s.n., 2019. Tesis.

**Mamani Chura, Denis Nestor. 2019.** *Análisis de costos de perforación en el método de explotación sublevel stoping con taladros largos de diámetros de 64mm y 89mm para incrementar la productividad en la U.M. Colquijirca- El Brocal.* Puno : s.n., 2019. Tesis.

**Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Bautista Lucio, Pedro. 2014.** *Metodología de la Investigación.* México : s.n., 2014.

**Ortiz Cruz, Monserrat. 2015.** Prezi - Guia de Entrevista y de Observación. [En línea] 30 de 04 de 2015. [Citado el: 05 de 11 de 2020.]

Disponible en: [https://prezi.com/ooatecj5\\_fgt/guia-de-entrevista-y-de-observacion/#:~:text=La%20gu%C3%ADa%20de%20entrevista%20es,a%20analizar%20en%20una%20entrevista..](https://prezi.com/ooatecj5_fgt/guia-de-entrevista-y-de-observacion/#:~:text=La%20gu%C3%ADa%20de%20entrevista%20es,a%20analizar%20en%20una%20entrevista..)

**Pérez Porto, Julián y Merino, Maria. 2014.** Definición de Guia de Observación. [En línea] 2014. [Citado el: 17 de 11 de 2020.]

Disponible en: <https://definicion.de/guia-de-observacion/>.

**Pino, Raul. 2018.** *Metodología de la Investigación.* Segunda. Lima : SAN MARCO, 2018. 978-997-234-242-4.

**Rekalde, Itziar, Vizcarra, Maria y Macazaga, Ana Maria. 2014.** *La Observación como estrategia de investigación para construir contextos de aprendizaje y fomentar procesos participativos.* Madrid : s.n., 2014. Vol. XII. 1139-613X.

**Saforas Huamán, Josmel Frandy. 2015.** *Evaluación técnica económica del minado por subniveles con taladros largos en mantos para incrementar la producción – U.E.A. Colquijirca de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.* Huancayo : s.n., 2015. Tesis.

**Suarez Tocas , Richard Saul. 2019.** *Evaluación del método de explotación por subniveles con taladros largos para optimizar la producción en la Compañía Minera Chalhuane S.A.C.* Huancayo : s.n., 2019. Tesis.

**Tito Quispe, Rubén Paúl. 2018.** *Explotación por subniveles con taladros largos en cuerpos mineralizados para el incremento de la producción en la unidad minera Untuca - Cori Puno SAC.* Puno : s.n., 2018. Tesis.

**Vásquez Rivas , Juan Genaro. 2015.** *Elección y aplicación del método tajeo por subniveles con taladros largos para mejorar la producción en la veta Gina Socorro Tajo 6675 - 2 de la U.E.A. Uchucchacua de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.* Huancayo : s.n., 2015. Tesis.

**Zorrilla Bello, Cristian. 2018.** *Implementación del método de explotación por subniveles con taladros largos, para incrementar la producción en la unidad minera Contonga, empresa minera los Quenuales S.A.* Huaraz. 2018. Tesis.

## ANEXOS

### ANEXO N° 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	Tipo de investigación
Control de la desviación de taladros para obtener una óptima fragmentación de la roca en unidad de producción Pallasca	<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVOS GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	V.I Control de la desviación de taladros	Cuantitativa
	¿En qué medida se realizará un control de la desviación de taladros para obtener una óptima fragmentación de la roca en unidad de producción Pallasca?	Realizar un control de la desviación de taladros cortos para obtener una óptima fragmentación de la roca en unidad de producción Pallasca	Si se logra controlar la desviación de los taladros cortos, se podrá obtener una buena fragmentación de la roca y así pueda seguir con los procesos de recuperación de mineral sin ningún problema, y por otro lado tener menos dilución ya que los taladros se realizarían lo más rectos que se pueda.		
	<b>PROBLEMA ESPECÍFICO</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICA</b>	V.D Fragmentación de la roca	<b>DISEÑO</b>
	¿Cómo ayuda la estimación de la desviación de los taladros cortos en la producción de la unidad de producción Pallasca?	Estimar la desviación máxima que tienen los taladros cortos en la unidad de producción Pallasca	La estimación de la desviación de los taladros cortos nos ayudará para saber la dilución del mineral		Descriptivo simple
	¿Por qué es importante conocer las características geomecánicas del macizo rocoso para la perforación de taladros?	Conocer las características geomecánicas del macizo rocoso para la perforación de taladros	Conociendo las características geomecánicas del macizo rocoso se podrá perforar de una manera óptima evitando una desviación máxima		
	¿Cómo me ayuda la verificación del estado de la maquinaria utilizada en la perforación de taladros?	Verificar el estado de la maquinaria utilizada en la perforación de taladros	Verificando el estado de la maquinaria utilizada en la perforación de taladros se podrá saber en qué condiciones se va a perforar y obtener un óptimo trabajo		
	¿Por qué es importante determinar el impacto económico que generaría una mala perforación de taladros?	Determinar el impacto económico que generaría una mala perforación de taladros	Determinando el impacto económico que generaría una mala perforación se podrá saber las pérdidas económicas que obtendré		

## ANEXO N° 2. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDICIÓN
V.I.: Control de la desviación de taladros	(COLONIO, 2015) señala que el control de la desviación de taladros nos permite tener una mejor voladura ya que la fragmentación de la roca será la adecuada y que la dilución del mineral no sea muy alta.	El control de la desviación de taladros se define como la exactitud o el movimiento no planificado que sufren los taladros cuando se perfora un macizo rocoso.	Equipos de perforación	Tipos de equipos	Nominal	Unidades
				Mantenimiento	Razón	Veces/mes
				Rendimiento	Razón	Metros perforados
			Perforación	Aceros de perforación	Razón	Unidades
				Longitud del taladro	Razón	Metros
				Inclinación de taladro	Intervalo	Grados
				Precisión de la perforación	Razón	Centímetros
			Operario	Experiencia	Ordinal	Años o meses
				Capacitaciones	Ordinal	Veces/meses
			V.D.: Fragmentación de la roca	(CELIS, 2016) dice que la fragmentación de la roca debe ser óptima para que no tenga problemas en los siguientes procesos, para eso se deberá de tener una perforación de taladros con desviaciones mínimas.	Fragmentación de rocas se define como la disminución de tamaño de un macizo rocoso para obtener una óptima granulometría producto de la perforación y voladura de rocas.	Estudio geomecánico
Discontinuidades	Razón	Unidades				
Malla de perforación	Tipo de arranque	Razón				Metros
	Distribución geométrica	Razón				Metros
Voladura	Explosivo	Intervalo				Kg/disparo
	Accesorios	Razón				ms
	Factor de carga	Razón				Kg/m
Fragmentación	Distribución granulométrica	Intervalo	%			

### ANEXO N° 3. INSTRUMENTO: FICHA DE ENTREVISTA

#### TÉCNICA DE ENTREVISTA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA TÉCNICA

Control de la desviación de taladros para obtener una óptima fragmentación de la roca en unidad de producción Pallasca

Edad:

Años de servicio:

Fecha:

Lugar:

#### INSTRUCCIONES.

A continuación, se presenta un grupo de preguntas, con el propósito de saber que tanto conocimiento tienen a cerca de las actividades que se realizan en el área de perforación. Marca con una X la alternativa que creas correspondiente:

VALORES	SI	NO	
1. ¿POSEE CONOCIMIENTO HACERCA DEL PROCESO DE PERFORACIÓN?	X		
2. ¿TIENE CONOCIMIENTO DEL TIPO DE ROCA EN LA QUE SE TRABAJA?	X		
3. ¿SE REALIZA UN ESTUDIO DEL MACIZO ROCOSO CADA CIERTO TRAMO?		X	
4. ¿TIENE CONOCIMIENTO SOBRE LA MAQUINARIA UTILIZADA?	X		
5. ¿POSEE CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA DE DESVIACIÓN QUE SUFREN LOS TALADROS?		X	
6. ¿CONOCE CUANTA DESVIACIÓN SUFREN LOS TALADROS EN LA MINA PALLASCA S.A.C.?		X	
7. ¿LOS TALADROS SE EJECUTAN CON TODOS LOS PARAMETROS DE PERFORACIÓN?	X		
8. ¿CÓMO CONSIDERA QUE SE ENCUENTRA EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN?	MALO	REGULAR	BUENO
		X	
9. ¿AUMENTARIA LA PRODUCCIÓN DEBIDO A UNA BUENA PERFORACIÓN?	X		
10. ¿RECIBE CAPACITACIONES PARA LA MEJORA DE LA PERFORACIÓN DE LOS TALADROS?			X

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO N° 4. INSTRUMENTO: GUIA DE OBSERVACIÓN

### GUÍA DE OBSERVACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### FICHA TÉCNICA

Control de la desviación de taladros para obtener una óptima fragmentación de la roca en unidad de producción Pallasca

EQUIPOS DE PERFORACIÓN OBSERVACIONES	PRIMER REGISTRO	SEGUNDO REGISTRO	OBSERVACIÓN GENERAL
ESTADO DE PERFORADORAS	Las perforadoras se encuentran operando en los 2 turnos de trabajo, por lo cual están siendo forzadas a trabajos sobrecargados.	Las perforadoras siguen operando en los 2 turnos, pero terminando las jornadas de perforación se les hace un chequeo general para ver si presentan algún problema.	Las perforadoras se están exigiendo demasiado debido a que trabajan sin ningún descanso, cuando terminan de perforar en el turno de la mañana son guardadas para el turno de la noche sin ningún chequeo en general.
BARRENOS	Los barrenos están desgastados, se puede observar cuando el perforista realiza la operación de perforación.	Los barrenos ya han sido cambiados, debido al desgaste que tenía lo cual originaba problemas en el avance.	Los barrenos deben de cambiarse cada cierto avance de perforación que en esta mina las cambian cada 1000 pies para así evitar que presenten alguna falla cuando se perfore, y así evitar la desviación.
BROCAS	Las brocas están desgastadas debido al constante uso en la perforación	Las brocas han sido renovadas ya que cuando se trabajaba con las brocas desgastadas tendían a desviar el taladro e incluso a atorarse en el avance	Las brocas son cambiadas cada 100 pies, esto lo hacen con la finalidad de que no se trabajen con brocas desgastadas para que no se desvíe la cabeza del barreno o no se atore la punta de perforación.
PARÁMETROS FUERZA DE EMPUJE	La fuerza de empuje es la adecuada, ya que la roca es de mediana dureza, y las características de la perforada son las requeridas para el trabajo en ese tipo de roca. (25 LBS)	La fuerza de empuje sigue siendo la misma, la cual es la adecuada para realizar los trabajos.	La fuerza de empuje en las 2 perforadoras es la adecuada para el tipo de terreno en el que se está trabajando.
VELOCIDAD DE ROTACIÓN	La velocidad de rotación es la adecuada, porque la roca es dura y la velocidad de rotación es lenta.	La velocidad de rotación que se genera en la perforadora es la adecuada	La velocidad de rotación es la adecuada porque la roca en la cual se encuentra el avance es dura, y la velocidad que se le genera al barreno es lenta.
VELOCIDAD DE PENETRACIÓN	La velocidad de penetración que aplica la perforadora es rápida, la cual es la adecuada. (1.2 MIN/PIE)	La velocidad de penetración es la misma con la que se viene trabajando por lo cual es la adecuada.	La velocidad de penetración que aplican las perforadoras en las barras de perforación es la adecuada ya que al ser un terreno de roca dura la velocidad es rápida de ½ Min/Pie.
DESCARGA DE AIRE	La perforadora logra descargar los detritos del fondo del barreno y así evitar la acumulación. (10 SEG.)	La descarga del aire en las perforadoras es la óptima ya que no se presenta ningún problema.	La perforadora descarga todos los detritos que se generan por la perforación, esto genera que no haya problemas en el avance como la desviación.

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO N° 5. INSTRUMENTO: FICHA DE ENTREVISTA

### GUÍA DE ENTREVISTA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### FICHA TÉCNICA

Control de la desviación de taladros para obtener una óptima fragmentación de la roca en unidad de producción Pallasca

PREGUNTA	RESPUESTA	OPINIÓN
¿CADA QUÉ TIEMPO SE LE DA MANTENIMIENTO A LAS PERFORADORAS?	El mantenimiento de las perforadoras se dan cada 5,000 Pies	Se le debe de dar un mantenimiento debido a que la maquina tiene cierto límite de empleabilidad y después se le tiene que revisar diferentes aspectos de la maquina
¿CADA QUÉ TIEMPO SE CAMBIAN LAS BROCA?	Las brocas se cambian cada 100 Pies, debido al desgaste que tienen	Las brocas tienen especificado para cuantos metros de avance por lo que se debe revisar ya que la vida útil puede variar a causa de varios factores
¿CADA QUÉ TIEMPO SE CAMBIAN LAS BARRAS DE PERFORACIÓN?	Las barras de perforación se cambian cada 1,000 Pies debido al desgaste constante que tienen el proceso de perforación	Las barras de perforación deben verificarse antes de cada operación ya que pueden encontrarse desviadas
¿CUÁL ES LA LONGITUD DEL TALADRO PERFORADO Y POR QUÉ ESA MEDIDA?	La longitud del taladro es de 8 pies	Le dan esa medida de longitud de taladro debido a la capacidad de limpieza y perforación neumática
¿CUÁNTOS METROS SE PERFORAN POR GUARDIA O AL DÍA?	Se perforan alrededor de 190 metros al día	Se puede optimizar el proceso de perforación para así poder incrementar la producción

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO N° 6. INSTRUMENTO: GUÍA DE OBSERVACIÓN**

**GUÍA DE OBSERVACIÓN**



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FICHA TÉCNICA**

Control de la desviación de taladros para obtener una óptima fragmentación de la roca en unidad de producción Pallasca

**ASPECTOS GENERALES**

	SI	NO	OBSERVACION
PRESENCIA DE FALLAS O DISCONTINUIDADES	x		Existe presencia de fallas en el macizo rocoso, lo cual es un gran problema para el área de perforación, ya que los taladros se están desviando por las discontinuidades.
PRESENCIA DE AGUA EN LAS LABORES (ACUIFEROS)	x		Existen 2 acuíferos en el avance de perforación, lo cual causa diversos problemas en el avance debido a la filtración masiva de agua y los espacios libres que dejan cuando el agua es filtrada.

**ASPECTOS GEOMECÁNICOS**

	TIPO	NOMBRE	
ROCA	III – III B	CALIZA CUARZO GRANODIORITA	El RQD de la roca caja es de calidad media, lo cual nos indica que, si se puede trabajar en esa roca, pero con mucho cuidado, entonces los taladros de perforación deben de ser lo más rectos posibles para que no desvíen.
	ANCHO(m)	LARGO(m)	
ÁREA DE PERFORACIÓN	3.5x3.5	2	El área de perforación es la adecuada y actualmente el avance es sobre mineral

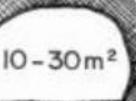
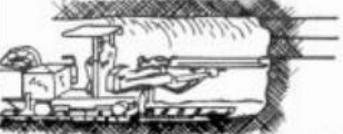
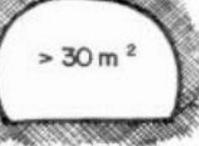
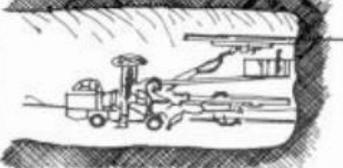
Fuente: Elaboración propia

**ANEXO N° 7. CLASIFICACIÓN DE LAS BROCAS DE PERFORACIÓN SEGÚN LA DUREZA DE LA ROCA**

Dureza de la roca	Tipo de inserciones	Tipo de área frontal	Ventajas
Semidura homogénea	Balístico (diámetro 7/16" - 3/4")	Cóncavo 	Excelente Soplado. Reduce las desviaciones.
Semidura Dura	Balístico (diámetro 7/16" - 3/4")	Cara plana 	Apto para terrenos fracturados.
Muy dura	Esférico (diámetro 7/16" - 3/4")	Domo 	Máxima protección a botones periféricos.
Muy dura y abrasiva	Esférico (diámetro 7/16" - 3/4")	Domo doble 	Máxima protección a botones periféricos.

Fuente: Gonzales (2016) (TESIS)

**ANEXO N° 8. EVALUACIÓN DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE PERFORACIÓN (ÁREA Y SECCIÓN)**

DIAMETROS	SECCIONES	SISTEMAS DE PERFORACION
27- 40 mm. 	< 10 m <sup>2</sup> 	
35 - 45 mm. 	10 - 30 m <sup>2</sup> 	
38 - 51 mm. 	> 30 m <sup>2</sup> 	

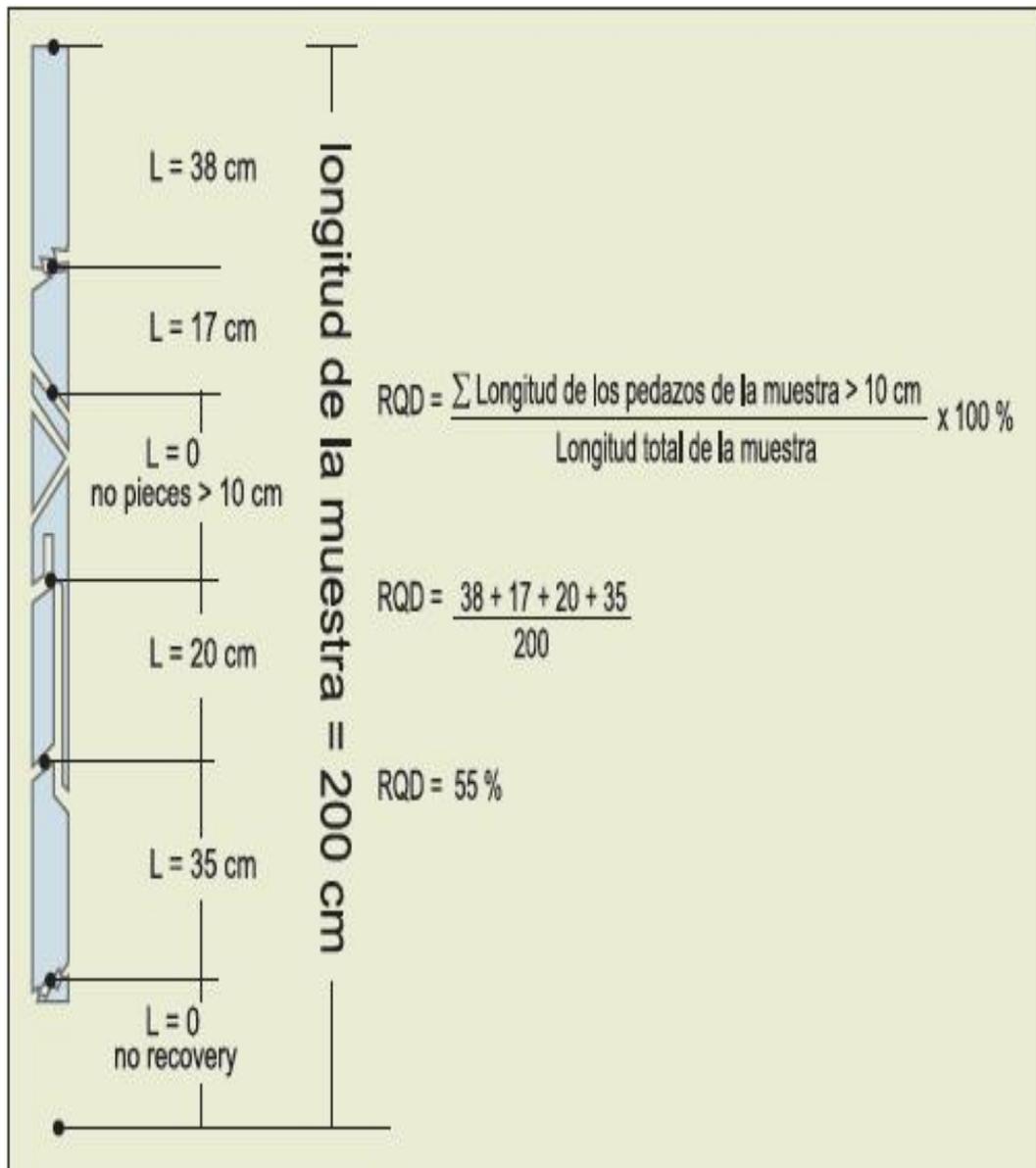
Fuente: Presentación PPT Herrera, J

## ANEXO N° 9. TABLA GEOMECÁNICA RMR

1	Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4 - 2	2 - 1	Compresión simple (MPa)			
		Compresión simple	>250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25-5	5-1	<1	
Puntuación			15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	<25%			
	Puntuación			20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		> 2m	0,6 - 2 m	0,2 - 0,6 m	0,06-0,2 m	<0,06 m			
	Puntuación			20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	>20 m			
		Puntuación		6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1 - 1,0 mm	1 - 5 mm	>5 mm			
		Puntuación		6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			
		Puntuación		6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5 mm	Relleno duro >5 mm	Relleno blando <5 mm	Relleno blando >5 mm			
		Puntuación		6	4	2	1	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta			
Puntuación		6	5	3	1	0				
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	<10 litros/min	10 - 25 litros/min	25 - 125 litros/min	>125 litros/min			
		Relación: Presión de agua/tensión principal mayor	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	>0,5			
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo			
	Puntuación			15	10	7	4	0		
Corrección por la orientación de las discontinuidades										
Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables				
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12				
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25				
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60				

Fuente: Bieniawski, 1989

## ANEXO N° 10. TABLA DE DESIGNACIÓN DE LA ROCA RQD



Fuente: Deere, 1967

**ANEXO N° 11. TABLAS DE DESVIACIÓN DE LOS TALADROS****Estimación de la desviación de taladros (primer frente de perforación)**

<b>N° de taladro</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Longitud de barreno (m)</b>	<b>Desviación (°)</b>	<b>Desviación (%)</b>	<b>Desviación del taladro (m)</b>
1	Taladro de alivio	2.44	5°	8.75 %	0.21
2	Taladro de alivio	2.44	4°	7 %	0.17
3	Taladro de alivio	2.44	5°	8.75 %	0.21
4	Taladro de alivio	2.44	4°	7 %	0.17
5	Primera ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
6	Primera ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
7	Primera ayuda	2.44	6°	10.5 %	0.26
8	Primera ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
9	Segunda ayuda	2.44	6°	10.5 %	0.26
10	Segunda ayuda	2.44	5°	8.75 %	0.21
11	Segunda ayuda	2.44	5°	8.75 %	0.21
12	Segunda ayuda	2.44	5°	8.75 %	0.21
13	Tercera ayuda	2.44	5°	8.75 %	0.21
14	Tercera ayuda	2.44	5°	8.75 %	0.21
15	Tercera ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
16	Tercera ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
17	Cuarta ayuda	2.44	7°	12.25 %	0.30
18	Cuarta ayuda	2.44	7°	12.25 %	0.30
19	Cuarta ayuda	2.44	6°	10.5 %	0.26
20	Cuarta ayuda	2.44	7°	12.5 %	0.30
21	Stoping	2.44	8°	14 %	0.34
22	Stoping	2.44	9°	15.75 %	0.38
23	Cuadrador	2.44	6°	10.5 %	0.26
24	Cuadrador	2.44	6°	10.5 %	0.26
25	Cuadrador	2.44	6°	10.5 %	0.26
26	Cuadrador	2.44	5°	8.75 %	0.21
27	Cuadrador	2.44	5°	10.5 %	0.26
28	Cuadrador	2.44	7°	12.25 %	0.30
29	Corona	2.44	10°	17.5 %	0.43
30	Corona	2.44	9°	15.75 %	0.38
31	Corona	2.44	10°	17.5 %	0.43
32	Corona	2.44	9°	15.75 %	0.38
33	Corona	2.44	9°	15.75 %	0.38
34	Arrastre	2.44	8°	14 %	0.34

35	Arrastre	2.44	9°	15.75 %	0.38
36	Arrastre	2.44	10°	17.5 %	0.43
37	Arrastre	2.44	9°	15.75 %	0.38
38	Arrastre	2.44	10°	17.5 %	0.43
39	Arrastre	2.44	10°	17.5 %	0.43

Fuente: Elaboración propia

#### Estimación de la desviación de taladros (tercer frente de perforación)

N° de taladro	Ubicación	Longitud de barreno (m)	Desviación (°)	Desviación (%)	Desviación del taladro (m)
1	Taladro de alivio	2.44	3°	5.25 %	0.13
2	Taladro de alivio	2.44	4°	7 %	0.17
3	Taladro de alivio	2.44	3°	5.25 %	0.13
4	Taladro de alivio	2.44	4°	7 %	0.17
5	Primera ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
6	Primera ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
7	Primera ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
8	Primera ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
9	Segunda ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
10	Segunda ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
11	Segunda ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
12	Segunda ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
13	Tercera ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
14	Tercera ayuda	2.44	5°	8.75 %	0.21
15	Tercera ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
16	Tercera ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
17	Cuarta ayuda	2.44	6°	10.50 %	0.26
18	Cuarta ayuda	2.44	7°	12.25 %	0.30
19	Cuarta ayuda	2.44	5°	8.75 %	0.21
20	Cuarta ayuda	2.44	6°	10.50 %	0.26
21	Stoping	2.44	7°	12.25 %	0.30
22	Stoping	2.44	7°	12.25 %	0.30
23	Cuadrador	2.44	6°	10.50 %	0.26
24	Cuadrador	2.44	4°	7 %	0.17
25	Cuadrador	2.44	4°	7 %	0.17
26	Cuadrador	2.44	5°	8.75 %	0.21
27	Cuadrador	2.44	5°	8.75 %	0.21
28	Cuadrador	2.44	6°	10.50 %	0.26

<b>29</b>	Corona	2.44	9°	15.75 %	0.38
<b>30</b>	Corona	2.44	10°	17.50 %	0.43
<b>31</b>	Corona	2.44	8°	14 %	0.34
<b>32</b>	Corona	2.44	8°	14 %	0.34
<b>33</b>	Corona	2.44	9°	15.75 %	0.38
<b>34</b>	Arrastre	2.44	7°	12.25 %	0.30
<b>35</b>	Arrastre	2.44	8°	14 %	0.34
<b>36</b>	Arrastre	2.44	9°	15.75 %	0.38
<b>37</b>	Arrastre	2.44	7°	12.25 %	0.30
<b>38</b>	Arrastre	2.44	10°	17.50 %	0.43
<b>39</b>	Arrastre	2.44	9°	15.75 %	0.38

Fuente: Elaboración propia

<b>Nueva estimación de la desviación de taladros (cuarto frente de perforación)</b>					
<b>N° de taladro</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Longitud de barreno (m)</b>	<b>Desviación (°)</b>	<b>Desviación (%)</b>	<b>Desviación del taladro (m)</b>
<b>1</b>	Taladro de alivio	2.44	1°	1.75 %	0.04
<b>2</b>	Taladro de alivio	2.44	1°	1.75 %	0.04
<b>3</b>	Taladro de alivio	2.44	2°	3.5 %	0.09
<b>4</b>	Taladro de alivio	2.44	1°	1.75 %	0.04
<b>5</b>	Primera ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
<b>6</b>	Primera ayuda	2.44	1°	1.75 %	0.04
<b>7</b>	Primera ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
<b>8</b>	Primera ayuda	2.44	1°	1.75 %	0.04
<b>9</b>	Segunda ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
<b>10</b>	Segunda ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
<b>11</b>	Segunda ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
<b>12</b>	Segunda ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
<b>13</b>	Tercera ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
<b>14</b>	Tercera ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
<b>15</b>	Tercera ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
<b>16</b>	Tercera ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
<b>17</b>	Cuarta ayuda	2.44	5°	8.75 %	0.21
<b>18</b>	Cuarta ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
<b>19</b>	Cuarta ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
<b>20</b>	Cuarta ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
<b>21</b>	Stoping	2.44	4°	7 %	0.17
<b>22</b>	Stoping	2.44	3°	5.25 %	0.13

23	Cuadrador	2.44	2°	3.5 %	0.09
24	Cuadrador	2.44	4°	7 %	0.17
25	Cuadrador	2.44	2°	3.5 %	0.09
26	Cuadrador	2.44	2°	3.5 %	0.09
27	Cuadrador	2.44	3°	5.25 %	0.13
28	Cuadrador	2.44	3°	5.25 %	0.13
29	Corona	2.44	4°	7 %	0.17
30	Corona	2.44	3°	5.25 %	0.13
31	Corona	2.44	4°	7 %	0.17
32	Corona	2.44	3°	5.25 %	0.13
33	Corona	2.44	4°	7 %	0.17
34	Arrastre	2.44	4°	7 %	0.17
35	Arrastre	2.44	4°	7 %	0.17
36	Arrastre	2.44	3°	5.25 %	0.13
37	Arrastre	2.44	4°	7 %	0.17
38	Arrastre	2.44	3°	5.25 %	0.13
39	Arrastre	2.44	3°	5.25 %	0.13

Fuente: Elaboración propia

#### Nueva estimación de la desviación del taladro (sexto frente de perforación)

N° de taladro	Ubicación	Longitud de barreno (m)	Desviación (°)	Desviación (%)	Desviación del taladro (m)
1	Taladro de alivio	2.44	2°	3.5 %	0.09
2	Taladro de alivio	2.44	3°	5.25 %	0.13
3	Taladro de alivio	2.44	3°	5.25 %	0.13
4	Taladro de alivio	2.44	1°	1.75 %	0.04
5	Primera ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
6	Primera ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
7	Primera ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
8	Primera ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
9	Segunda ayuda	2.44	1°	1.75 %	0.04
10	Segunda ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
11	Segunda ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
12	Segunda ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
13	Tercera ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
14	Tercera ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13

<b>15</b>	Tercera ayuda	2.44	2°	3.5 %	0.09
<b>16</b>	Tercera ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
<b>17</b>	Cuarta ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
<b>18</b>	Cuarta ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
<b>19</b>	Cuarta ayuda	2.44	4°	7 %	0.17
<b>20</b>	Cuarta ayuda	2.44	3°	5.25 %	0.13
<b>21</b>	Stoping	2.44	4°	7 %	0.17
<b>22</b>	Stoping	2.44	5°	8.75 %	0.21
<b>23</b>	Cuadrador	2.44	3°	5.25 %	0.13
<b>24</b>	Cuadrador	2.44	4°	7 %	0.17
<b>25</b>	Cuadrador	2.44	4°	7 %	0.17
<b>26</b>	Cuadrador	2.44	2°	3.5 %	0.09
<b>27</b>	Cuadrador	2.44	4°	7 %	0.17
<b>28</b>	Cuadrador	2.44	3°	5.25 %	0.13
<b>29</b>	Corona	2.44	5°	8.75 %	0.21
<b>30</b>	Corona	2.44	4°	7 %	0.17
<b>31</b>	Corona	2.44	4°	7 %	0.17
<b>32</b>	Corona	2.44	3°	5.25 %	0.13
<b>33</b>	Corona	2.44	4°	7 %	0.17
<b>34</b>	Arrastre	2.44	5°	8.75 %	0.21
<b>35</b>	Arrastre	2.44	4°	7 %	0.17
<b>36</b>	Arrastre	2.44	4°	7 %	0.17
<b>37</b>	Arrastre	2.44	5°	8.75 %	0.21
<b>38</b>	Arrastre	2.44	4°	7 %	0.17
<b>39</b>	Arrastre	2.44	5°	8.75 %	0.21

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO N° 12. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS JUICIO DE EXPERTOS

#### I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto: Donayres Quispe Gilberto
- Grado Académico: Magister en: Administración de Empresas, Medio Ambiente y Liderazgo Internacional
- Institución donde labora: Empresa Minera los Andes S.A.C y Universidad César Vallejo
- Dirección: Pimentel Km 3.5      Teléfono: 994153877      Email: gilberto122@hotmail.com
- Autor (es) del Instrumento: Ducep Nuntón Roberto José y Vera Fernández Luis Orlando

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

Nº	INDICADORES	Deficiente	Bajo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
1	El instrumento considera la definición conceptual de la variable				X	
2	El instrumento considera la definición procedimental de la variable				X	
3	El instrumento tiene en cuenta la operacionalización de la variable				X	
4	Las dimensiones e indicadores corresponden a la variable				X	
5	Las preguntas o ítems derivan de las dimensiones e indicadores				X	
6	El instrumento persigue los fines del objetivo general					X
7	El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos					X
8	Las preguntas o ítems miden realmente la variable				X	
9	Las preguntas o ítems están redactadas claramente				X	
10	Las preguntas siguen un orden lógico			X		
11	El N° de ítems que cubre cada indicador es el correcto				X	
12	La estructura del instrumento es la correcta			X		
13	Los puntajes de calificación son adecuados				X	
14	La escala de medición del instrumento utilizado es la correcta			X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: BUENO ..... Fecha: 01/10/2020

IV. Promedio de Valoración: .....



MINERA LOS ANDES S.A.C  
Ing. Mg. Gilberto Donayres Quispe  
GERENTE GENERAL

Ing. Mg. Gilberto Donayres Quispe

DNI N° 23992146

## ANEXO N° 13. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS JUICIO DE EXPERTOS

#### I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto: Orlando Alex Siccha Ruiz
- Grado Académico: Magister en Gestión de Riesgos Ambientales y Seguridad en las Empresas
- Institución donde labora: Docente UCV
- Dirección: Pimentel Km 3.5 Teléfono: 949431850 Email: osicchar@ucvvirtual.edu.pe
- Autor (es) del Instrumento: Ducep Nuntón Roberto José y Vera Fernández Luis Orlando

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

Nº	INDICADORES	Deficiente	Bajo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
1	El instrumento considera la definición conceptual de la variable				X	
2	El instrumento considera la definición procedimental de la variable				X	
3	El instrumento tiene en cuenta la operacionalización de la variable				X	
4	Las dimensiones e indicadores corresponden a la variable				X	
5	Las preguntas o ítems derivan de las dimensiones e indicadores				X	
6	El instrumento persigue los fines del objetivo general				X	
7	El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos				X	
8	Las preguntas o ítems miden realmente la variable				X	
9	Las preguntas o ítems están redactadas claramente				X	
10	Las preguntas siguen un orden lógico			X		
11	El Nº de ítems que cubre cada indicador es el correcto				X	
12	La estructura del instrumento es la correcta			X		
13	Los puntajes de calificación son adecuados				X	
14	La escala de medición del instrumento utilizado es la correcta			X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Bueno Fecha: 9/11/20

IV. Promedio de Valoración: 80

Mg. Orlando Alex Siccha Ruiz

DNI N° 18026960

## ANEXO N° 14. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS JUICIO DE EXPERTOS

#### I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto: Paico Salvador Mauro
- Grado Académico: Magister en Ingeniería de Geológica Aplicada a Obras Civiles y Geotécnicas.
- Institución donde labora: Universidad César Vallejo
- Dirección: Pimentel Km 3.5 Teléfono: Email: maurosalpai@hotmail.com
- Autor (es) del Instrumento: Ducep Nuntón Roberto José y Vera Fernández Luis Orlando

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

Nº	INDICADORES	Deficiente	Bajo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
1	El instrumento considera la definición conceptual de la variable					↙
2	El instrumento considera la definición procedimental de la variable					↙
3	El instrumento tiene en cuenta la operacionalización de la variable					↙
4	Las dimensiones e indicadores corresponden a la variable					↙
5	Las preguntas o ítems derivan de las dimensiones e indicadores				↘	
6	El instrumento persigue los fines del objetivo general					↙
7	El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos					↙
8	Las preguntas o ítems miden realmente la variable					↙
9	Las preguntas o ítems están redactadas claramente					↙
10	Las preguntas siguen un orden lógico					↙
11	El N° de ítems que cubre cada indicador es el correcto					↙
12	La estructura del instrumento es la correcta					↙
13	Los puntajes de calificación son adecuados					↙
14	La escala de medición del instrumento utilizado es la correcta					↙

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: ..... Fecha: 25/11/2020

IV. Promedio de Valoración: 4.8

  
 MAURO SALVADOR PAICO  
 INGENIERO GEOLOGO  
 Reg. CIP N° 199593