



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Diseño de malla de perforación para la mejora de la fragmentación en la minera  
Iscaycruz – Lima

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero de Minas**

**AUTORAS:**

Bach. Barboza Rivera, Katte Nallely ([orcid.org/0000-0002-5891-7570](https://orcid.org/0000-0002-5891-7570))

Bach. Gonzales Fernandez, Nallely del Rosario ([orcid.org/0000-0002-9180-2556](https://orcid.org/0000-0002-9180-2556))

**ASESOR:**

Mg. Figueroa Alfaro, Richard Wagner ([orcid.org/0000-0002-2159-6160](https://orcid.org/0000-0002-2159-6160))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Perforación y Voladura de Rocas

**LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**CHICLAYO - PERÚ**

2023

## **DEDICATORIA**

En el presente informe de investigación lo dedicamos con mucho cariño y amor a nuestros padres y hermanos quienes han sido motivo de superación constante para lograr nuestros sueños y metas propuestas, ya que gracias a su apoyo podemos hacer posible estar ahora en esta casa superior también por darnos la vida y ayudarnos a superar los obstáculos presentados en la trayectoria de nuestras vidas.

Katte y Nallely

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos en primer lugar a Dios por brindarnos salud, por guiarnos a lo largo de nuestras existencias y fortalecernos en momentos de dificultades.

Gracias a nuestros padres por su amor, trabajo, sacrificio y por el apoyo que nos dan a nivel de toda nuestra formación profesional e impulsarnos a lograr nuestras metas.

De igual manera nuestro agradecimiento a nuestros asesores Figueroa Alfaro Richard Wagner y Álvarez Gurreonero Ricardo quienes con sus conocimientos, paciencia y apoyo nos guiaron a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscábamos.

Katte y Nallely

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ix</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>15</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	15
3.1.1. Tipo de investigación .....	15
3.1.2. Diseño de investigación .....	15
3.2. Variables y operacionalización.....	15
3.3. Población, muestra y muestreo .....	17
3.3.1. Población .....	17
3.3.2. Muestra .....	17
3.3.3. Muestreo .....	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.5. Procedimientos.....	19
3.6. Método de análisis de datos.....	20
3.7. Aspectos éticos .....	20
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
4.1. De acuerdo con el primer objetivo de identificar el tipo de roca para efectuar la geología regional, estructural y local de la Minera Iscaycruz.....	22
4.1.1. Ubicación y accesos Unidad Minera Iscaycruz .....	22
4.1.2. Geología Regional.....	26
4.1.3. Geología estructural .....	29
4.1.4. Geología local .....	33
4.2. De acuerdo con el segundo objetivo de caracterizar el estudio geomecánico de la fragmentación en la Minera Iscaycruz. ....	33
4.2.1. Caracterización del estudio geomecánico.....	33
4.2.2 Cálculo de RQD .....	34
4.2.3. Cálculo de RMR.....	34
4.2.4. Cálculo índice de esfuerzo geológico.....	36
4.2.5. Ensayo a compresión simple .....	37
4.3. De acuerdo con el tercer objetivo de elaborar el diseño de una malla de perforación para la mejora de la fragmentación en la Minera Iscaycruz. ....	38

4.3.1. Diseño de malla de perforación.....	38
4.3.2. Parámetros de diseño .....	40
4.3.3. Evaluación de la fragmentación de rocas.....	57
<b>4.4. De acuerdo con el cuarto objetivo de analizar el costo de perforación del nuevo diseño de la malla en la Minera Iscaycruz. ....</b>	<b>62</b>
4.4.1. Análisis de costos .....	62
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>69</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>86</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Longitud y diámetro de los testigos. ....	34
Tabla 2. Escala de índice de RQD.....	35
Tabla 3. Análisis de RMR de la muestra 1.....	35
Tabla 4. Análisis de RMR de la muestra 2.....	36
Tabla 5. Escala de la clasificación del GSI.....	37
Tabla 6. Resumen del cálculo GSI.....	38
Tabla 7. Resultados de carga puntual de los testigos. ....	39
Tabla 8. Resumen y resultado de la caracterización del macizo rocoso. ....	39
Tabla 9. Resumen de cálculo de malla de perforación para la roca mala y regular..	47
Tabla 10. Granulometría actual del Tajo Santa Este después de la voladura .....	59
Tabla 11. Comparativa de la granulometría en la malla de perforación.....	61
Tabla 12. Costos de malla de perforación (Roca regular).....	
Tabla 13. Costos de malla de perforación (Roca mala).....	64
Tabla 14. Costos de mantenimiento de maquinarias.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Accesibilidad de la Mina Iscaycruz. ....	24
Figura 2. Interpretación estructural de los eventos principales de deformación en la zona de Santa Este.....	26
Figura 3. Columna estratigráfica de Iscaycruz.....	29
Figura 4. Sistema de fallas en el Tajo Santa Este.....	31
Figura 5. Formaciones geológicas y fallas límites de dominio en el Tajo Santa Este.....	32
Figura 6. Plano geológico regional transversal de Iscaycruz.....	33
Figura 7. Índice de calidad de roca en la clasificación RMR.....	37
Figura 8. Diseño de la malla de perforación en AutoCad de la mina .....	41
Figura 9. Diseño de la malla de perforación de la roca mala en AutoCad.....	59

Figura 10. Diseño de la malla de perforación de la roca regular en AutoCad.....	60
Figura 11. Granulometria de la malla con una roca mala en el JK Simblast.....	61
Figura 12. Granulometria de la malla con una roca regular en el JK Simblast.....	62
Figura 13. Curva granulometrica de la roca mala en la WipFrag .....	63
Figura 14. Material volado que se aplico para el software WipFrag .....	64
Figura 15. Curva granulometrica de la roca mala en la Split-Desktop .....	65
Figura 16. Material volado que se aplico para el software Split-Desktop .....	66

## RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se dio a conocer el diseño de malla de perforación para la mejora de la fragmentación en Minera Iscaycruz – Lima.

La investigación surgió de la observación de un problema vinculado a un mal diseño de malla de perforación que produce a una mala fragmentación, para dicha investigación se buscó trabajar con muestras del Tajo Santa Este de la Minera Iscaycruz utilizando una investigación aplicada y un diseño experimental.

Asimismo, para el recojo de información se utilizaron métodos de procesos y analítico-sintético y técnicas como guía de observación de campo y fichas de recolección de datos, además se utilizó los softwares AutoCAD, JK Simblast, WipFrag y Split - Desktop que son de uso libre. Toda esta metodología le da respaldo, sustento y seriedad al proyecto de investigación.

Finalmente, como resultado se desarrolló un diseño de malla de perforación de manera adecuada para la fragmentación, ya que así se elimina los bloques preformados para que las máquinas al utilizar sean eficientes cuando inicia la fase de carguío y acarreo del mineral, y ello produce menor costo de mantenimiento.

Palabras clave: Malla, perforación, diseño, fragmentación, costos, softwares AutoCAD, JK Simblast, WipFrag y Split – Desktop.

## **ABSTRACT**

In the present research project, the design of the perforation mesh for the improvement of fragmentation in Minera Iscaycruz - Lima was disclosed.

The investigation arose from the observation of a problem linked to a bad design of the perforation mesh that produces a bad fragmentation, for said investigation it was sought to work with samples from the Tajo Santa Este of the Iscaycruz Mine using an applied investigation and an experimental design.

Likewise, for the collection of information, process and analytical-synthetic methods and techniques were used as a guide for field observation and data collection sheets, in addition, the AutoCAD, JK Simblast, WipFrag and Split - Desktop software were used. free. All this methodology gives support, sustenance and seriousness to the research project.

Finally, as a result, a perforation mesh design was developed in an adequate way for fragmentation, since this eliminates the preformed blocks so that the machines used are efficient when the phase of loading and hauling of the ore begins, and this produces less maintenance cost.

Keywords: Mesh, perforation, design, fragmentation, costs, AutoCAD, JK Simblast, WipFrag and Split - Desktop software.

## I. INTRODUCCIÓN

Debido al uso abundante de los recursos minerales, la minería es considerada actualmente como la actividad generadora de ingresos socioeconómicos más grande en varios países, en especial en el Perú. Por otro lado, el diseño de la malla es fundamental para una buena fragmentación de roca que depende de parámetros tales como la calidad de la roca, la cantidad de explosivos y el tipo de corte. Es inapropiado e ineficaz al realizar un diseño de malla de perforación si no consideramos los estudios geomecánicos y estandarizamos sus parámetros, lo que implicaría mayores costos.

Es importante señalar que Minera Iscaycruz se ubica en el distrito de Pachangara, distrito de Oyón, departamento de Lima, a una altitud promedio de 4800 m.s.n.m con las coordenadas UTM: 8,821,000 N, 307,700 E, 10,263 S y 76,505 O, por el Este con el distrito de Oyón; por el Sur con la provincia de Huaura, y, por el Oeste, con el distrito de Andajes. Así mismo, la vía de acceso es por la vía asfaltada Panamericana Norte, en el tramo de Lima a Huacho y de allí por la ciudad de Sayán, continuando por la misma vía a Churín, Oyón y finalmente a la minera Iscaycruz, la distancia total es de 300 km, un viaje de 8 horas desde la ciudad de Lima. Su clima es típico del clima púnico (áspero, frío, seco y árido), con un ambiente de borde glaciar andino y temperaturas que van desde los 20 °C durante el día hasta los -10 °C durante la noche.

La **realidad problemática** presentada en la Minera Iscaycruz actualmente tiene un mal diseño de malla de perforación que produce una mala fragmentación. Su sistema de explotación se desarrolla en open pit donde se realizan trabajos de perforación cuya fragmentación no es la adecuada porque quedan bloques preformados en el cual hace que las máquinas sean deficientes cuando comienza la fase de carguío y acarreo del mineral, eso produce un alto costo de mantenimiento. Por lo que se requiere

rediseñar una malla de perforación mejorando los parámetros. En consecuencia, esto provoca fragmentación inadecuada y sobre excavación de los taludes creando áreas inestables donde los trabajadores y el equipo son vulnerables.

Una de las **causas** de la problemática expuesta a la mala fragmentación de minerales es la voladura deficiente. En **consecuencia**, esto ha generado una fragmentación inadecuada y sobre excavación causando problemas de dilución del mineral, entre otros. Según Seguridad Minera (2020) el objetivo del proceso de voladura es lograr la zonación deseada de la roca y al mismo tiempo minimizar el daño del macizo.

Así mismo, otra **causa** del problema es el diseño de la malla de perforación sin utilizar un modelo matemático. En **consecuencia**, es la falta de precisión en la ubicación de los taladros en la excavación. Según Pernía y López (2019), "Una buena perforación hace un buen soplado, pero una mala perforación hace un mal soplado", por lo tanto, se debe garantizar la calidad del trabajo de perforación. La calidad de perforación significa que al realizarse con los métodos y técnicas más apropiados deben de hacerse correctamente.

Como tercera **causa** tenemos el exceso de explosivos. En **consecuencia**, es el daño en las rocas de las áreas. Actualmente, existen varias técnicas para ayudar a minimizar el daño a las áreas residuales agrupadas bajo el término "voladura controlada", que incluyen: perforación adecuada, distribución correcta de la carga en el taladro, tiempo de demora y secuencia de voladura específica (Persson, 2018).

Además, el planteamiento del problema se formula a través de la siguiente pregunta de investigación. ¿Cómo el diseño de malla de perforación permitirá la mejora de la fragmentación en Minera Iscaycruz? Por tal motivo, se planteó la siguiente hipótesis de investigación: El diseño de la malla de perforación mejora la fragmentación de roca en Minera Iscaycruz.

Las **justificaciones** que condujo al trabajo de investigación que se realizó de manera teórica, metodológica y práctico. Es **teórico** debido a dicha investigación donde se utilizaron fundamentos teóricos y criterios expuestos acerca del estudio geomecánico. Esto, con la finalidad de precisar la coherencia del grado de fragmentación de la roca en la Minera Iscaycruz. Así mismo, es **práctico** debido a que los objetivos que se plantearon se logró un desenlace frente a la problemática mencionada. Además, es importante considerar los parámetros de diseño de malla de perforación de la Minera Iscaycruz. Se verifica que estos parámetros sean óptimos, cumplan con los estándares de seguridad y que los resultados sean los esperados. Finalmente, la justificación es **metodológico** porque la investigación sugiere la evaluación de las operaciones de perforación para el diseño de malla en la Minera Iscaycruz.

Ante lo expuesto, se plantea el siguiente **objetivo general**: **Diseñar** la malla de perforación para la mejora de la fragmentación en Minera Iscaycruz. Y para ello, se comprendieron los siguientes objetivos específicos: **Identificar** el tipo de roca mediante la geología regional, estructural y local de la Minera Iscaycruz. Como segundo objetivo específico, se plantea **caracterizar** el estudio geomecánico de la fragmentación en la Minera Iscaycruz. En el tercero objetivo específico **elaborar** el diseño de una malla de perforación para la mejora de la fragmentación en la Minera Iscaycruz. Y como cuarto objetivo específico **analizar** el costo de perforación del nuevo diseño de la malla en la Minera Iscaycruz.

## II. MARCO TEÓRICO

Sahuinco (2019) y Guillén (2020) tienen como objetivo conseguir la medida adecuada de optimización del diseño de malla de perforación para minimizar los costos operativos. Ellos obtienen como resultado que en el empuje de galerías y cruceros cuentan con errores de perforación fundamentalmente inadecuados, mala distribución, distribución ineficiente de carga explosiva, falta de control y otros factores que afectan los resultados que se estima en los costos. En conclusión, que al optimizar el diseño de la malla de perforación se logró reducir los costos unitarios. Estos trabajos cuentan con una gran utilidad ya que nos permitieron tener en cuenta la evaluación de la malla de perforación (recopilación de datos “in situ”), donde incide en la estimación de los costos operativos.

Así mismo, contamos con las investigaciones de Chávez (2018), Condori y Velazco (2021). Los autores tienen como finalidad utilizar el método de Roger Holmberg para mejorar el diseño de malla de perforación y voladura. Teniendo como resultado el diseño de la malla de voladuras tipo shotgun según el modelo de Holmberg, en el cual el túnel anterior introduce un error en los resultados de las voladuras, afectando directamente el ciclo de minado. Esto nos lleva a la conclusión que, utilizando el diseño de Holmberg, encontramos que el nuevo diseño de malla de perforación y voladura para la mejora de la granulometría. Estos trabajos cuentan con un gran aporte que nos permite conocer la buena granulometría, la precisión y el tiempo que se diseña la malla aplicando el método.

También consideramos a Huacho (2018), con su tesis Diseño de una malla de perforación para aumentar la propulsión Lv.12 - Vino Oroya - Compañía Minera Casapalca S.A. Su objetivo es determinar cuánto afecta la ubicación de la cuadrícula de perforación y explosión a la escala Lv. 12 Vino Aurora. Del mismo modo, los resultados mostraron que la ventaja de Gallery 960W es del 96,81 % (2,13) y la ventaja del XC 896E es del 97,72 % (2,15),

mientras que la ventaja del cuadro anterior era inferior al 88 % o solo alrededor de 1,9m. En conclusión, se puede afirmar que las propiedades geomecánicas de los macizos rocosos que rodean las áreas de trabajo de Galería 960W y Xc 896. Esta investigación aporta que al diseñar la malla de perforación tenemos que tener en cuenta el índice de calidad de roca RMR 5-55, que se aplica de calidad media a buena de la roca.

Asimismo, Palomino (2018) y Valencia (2019); en sus investigaciones tienen la finalidad de mejorar el proceso de perforación y voladura para la partición de minerales y residuos mediante el control de la vibración y la velocidad de la voladura. Obteniendo como resultado el diseño de la serie de explosivos ya sea ANFO, Dinamitas, emulsiones de cartuchos con explosivos tipo detonador corto y largo. Para ello los autores concluyeron que al optimizar la perforación y voladura con trabajos previos alcanzan los objetivos previstos, ya que se puede afirmar que la velocidad de detonación hace que cuente con un ensayo de explosión, contando con diámetro y longitud. Estas investigaciones fueron de suma importancia debido a que se obtuvo una buena fragmentación para formar una buena malla de perforación y voladura.

Por otro lado, Palacios (2019), Arias (2019) e Inga (2020), en sus diferentes tesis tienen como finalidad determinar los factores del proyecto de voladura de contorno de excavación de túnel. Ellos llegan al resultado de que la carga, los factores de impacto y la distancia tienen efectos significativos en la voladura. De igual forma, concluyen que se calcula el espacio anular entre el explosivo y la cámara de carga. El aporte que tienen estos trabajos de investigación es muy interesante ya que nos dice que se cuenta con dos casos, el primero se calcula la línea de menor resistencia y se determinan parámetros de soplado de contorno, y el segundo es que, en comparación con el diseño actual, se demuestra que el sistema propuesto es más razonable y logra resultados satisfactorios con menor recurso.

Así mismo, Correa y Martínez (2017) con su propuesta de diseñar el sistema de perforación para las áreas de la mina de caliza, de acuerdo a los parámetros técnicos y de seguridad que aseguren un desarrollo ordenado y eficiente. La perforación y el uso de equipos específicos del sitio son uno de los factores más importantes, ya que la perforación incompleta pone en peligro la operación efectiva de la voladura como resultado esperado en el desarrollo de un plan de perforación y voladura. En conclusión, se identificaron líneas costeras expuestas (D, E y F) en el área de estudio, y no se observaron estructuras estructurales en la porción de la secuencia de lutitas debajo de la línea costera D, todas pertenecientes al grupo de lutitas costeras. El aporte de esta investigación es la forma de extraer la roca caliza y venderla a la industria de la construcción.

De igual forma, Ojeda (2020), con su tesis Diseño de malla de perforación subterránea utilizando modelos matemáticos del área afectada. Tiene como objetivo diseñar operaciones de perforación subterránea utilizando modelos matemáticos del área afectada. Resultado mediante las pruebas de detección, porque la malla que se suele utilizar es cuadrada y retiene la mayoría de las bolas más grandes que el tamaño de la malla. En conclusión, al menos el 95 % de la estructura de la malla de perforación está rota para un tamaño de roca característico determinado. El aporte de esta investigación son los parámetros de perforación, voladura y de roca para mejorar la calidad.

A continuación, Quispe (2018), en su tema de investigación Análisis de fragmentos de voladura utilizando un sistema de detonación electrónica para evaluar la expansión de la malla de disparos en Minera Coimolache-2016. Con su objetivo análisis de fragmentos obtenidos durante la detonación para evaluar la expansión de la malla perforada con el sistema de detonación electrónico utilizado y la cantidad suficiente de fragmentos para el lavado. Se obtuvo como resultado el análisis detallado de información histórica e información recopilada durante una serie de explosiones de prueba, destacando los fragmentos obtenidos. Ante esto se

concluyó, el efecto de la prueba de fragmentación mostró que el uso del sistema de explosión electrónico produjo consistentemente mejores resultados, especialmente para P80 en la parte más gruesa de la curva de distribución de partículas de 9,5 pulgadas con el equipo de explosión electrónico. en comparación con las 10,7 pulgadas de la industria pirotécnica, una mejora del 11,6%. El aporte que nos da esta investigación es que los sectores diseñados con un interruptor electrónico tienen una mayor dureza de roca y calidad de ello.

Por otra parte, Chávez (2020), Rivera (2021), Gómez (2018), Paucar (2018) y Quina (2021), en sus tesis tienen como propósito optimizar la fragmentación de las rocas en perforación. Obteniendo como resultado el nivel de fragmentación que se requiere para una voladura secundaria y que tanto de energía mecánica para reducir la materia prima. Llevándonos a la conclusión que, al optimizar la fragmentación del proyecto de perforación, lleva a una recuperación y promedio equilibrado. Esto nos será de gran utilidad debido a la planificación de idoneidad de la malla de perforación por zona, ya que determina el factor de potencia por variación, evaluación de uso, evaluación de retardo entre excavación, entre otros.

Sánchez y Canchapoma (2022) en su tesis tienen como objetivo de usar plasma para mejorar la fragmentación de rocas y cambiar los factores de diseño de la malla de excavación en el área de Machu Picchu. En los resultados de reducción del tamaño de los cálculos obtenidos tras la quema. En conclusión, el cambio de malla de perforación reduce el factor de carga, lo que da como resultado una menoría en la cantidad de cápsulas de plasma en comparación con la línea de base, lo que genera un ahorro de \$ 0,32 sobre el monto presupuestado. El aporte de la fragmentación de rocas es útil en sectores con propiedades geomecánicas medias y débiles (fallas, discontinuidades).

Por otro lado, Estela (2020) en su tesis Voladuras controladas reducen las horas de trabajo insuficientes en las minas subterráneas. Con su objetivo

de analizar la justificación del uso de voladuras controladas para reducir los errores en los planes de trabajo en las minas subterráneas. Los resultados obtenidos muestran que las dimensiones y el espaciamiento de carga son muy importantes en el diseño de malla de perforación, lo que resulta en un soplado más controlable. En conclusión, se ha demostrado que el conocimiento del uso de voladuras controladas reduce significativamente la falta de planificación de las operaciones mineras subterráneas. Su utilidad es pretender reducir la falta de avance de obra en las minas subterráneas.

Novoa (2021) en la tesis tiene como propósito resolver el impacto de los estudios geomecánicos en el diseño de mallas y optimización de costos de voladura. El resultado fue una voladura óptima, que ayudó a reducir los costos de voladura. La producción de piedra caliza triturada aumentó de 218,7 toneladas a 253,33 toneladas. En conclusión, es que lograr una voladura óptima puede no depender de la cantidad de explosivo, pero las propiedades de la roca deben entenderse completamente. Al final del estudio, se lograron ahorros de \$8,83 por brote, un ahorro del 6 por ciento. Tiene un gran aporte que nos permite aumentar la producción y así obtener ganancias.

Zamora (2020), en su tesis Propuesta de mejorar la partición de rocas con un modelo matemático de Pierce modificado para la malla de perforación en Consorcio de Ingenieros Ejecutores Mineros S.A. Mina Tacaz. Tiene como objetivo mejorar la partición de rocas utilizando el modelo matemático de Pearse para diseñar las mallas de perforación. Como conclusión tenemos el aumento en el desempeño eficiente del equipo y una menoría de precios de aproximadamente \$9,600 por mes. Las medidas agregarán mérito a la empresa con una minería sostenible que tiene como objetivo construir un negocio de manera integral. Esta investigación tiene como resultado que el material no fue reciclado de la concentradora debido a que el material triturado cumplió con el estándar requerido ( $P_{80} \leq 8.0$  pulgadas), dando como resultado una operación más competente y segura

debido a que en el proceso explosivo secundario hay una mayor proyección de rocas. Su utilidad fue los ingresos que agregan valor a la empresa a través de operaciones mineras sostenibles que buscan rentabilizar el negocio con una visión holística del proceso.

Jiménez (2021), en su tesis tiene como propósito explorar las consecuencias de fragmentación de residuos implementando el diseño de mallas de perforación. Como resultado tenemos un método de ciclo muy dinámico y de alta eficiencia para detener el subnivel la minería masiva que crea la necesidad de procesar, lo que me llevó a buscar oportunidades para mejorar dicho proceso. Por ello, se ha propuesto un diseño de malla de perforación para la excavación de material explosivo, que mejore la granulometría del material para su posterior uso en árido de desecho. Su conclusión confirma que la fragmentación de los restos en el diseño de la malla de perforación afecta directamente a su uso. Su utilidad es el componente académico del desarrollo de capacidades en una situación relevante del mundo real.

Saucedo y Zegarra (2022), Barrientos y Durand (2021); en sus investigaciones tienen el objetivo de mejorar los costos de perforación utilizando la nueva malla de perforación para la preparación y desarrollo de los niveles propuestos. Estas investigaciones tienen como resultado la reducción de los números de taladros 45 a 40 reduciendo los costos de perforación de S/237.81 a S/206.87 por disparo. Ante esto, concluyeron que la implementación de las nuevas mallas de perforación mejora costos operativos significativos en los niveles a profundidad. La contribución de estos estudios tuvo un excelente diseño de malla de perforación que consiste en que ningún sistema de voladura tendrá éxito si los taladros están mal distribuidos.

También consideramos a Buele (2017), Hinostroza (2014) y Muñoz (2020), en sus diferentes tesis tienen como finalidad de lograr el trabajo y grado de precisión de los parámetros explosivos que permitan optimizar la operación.

Ellos llegan al resultado de que el grado de partición puede ser un factor determinante etapas posteriores de la operación. De igual forma, concluyen que se deriva de cálculos como el método del área de efecto, ha demostrado ser eficaz en los parámetros posoperatorios obtenidos, lo que se traduce en un ahorro de costes y tiempos operatorios más cortos, lo que no ocurría en el plan empírico utilizado. El aporte que tienen estos trabajos de investigación es muy interesante ya que nos dice que debe tener una precisión de los parámetros para mejorar el dispositivo.

Por otro lado, nos comenta, Rojas (2018) con el artículo de investigación un nuevo enfoque a la partición en la voladura de rocas, con el objetivo de delinear la trinchera con el mínimo daño y controlar la estructura del macizo, se desarrollaron varios métodos, agrupados bajo el nombre de soplado de contorno. Como resultado, es útil conocer el tamaño de grano de la masa explosiva de antemano al ajustar la ecuación matemática. Su conclusión, una descripción general de los mejores métodos de predicción de fragmentación. Es útil para medir el tamaño de partícula de explosivos.

Entre las teorías que completan nuestra investigación se encuentra la afirmación de Bernaloa, Castilla y Herrera (2018) de que la perforación es el inicio del proceso de extracción y tiene como objetivo crear una grieta o cavidad en el macizo rocoso. El objetivo principal de la perforación es hacer agujeros en la superficie; en el que se colocan cartuchos explosivos con sus correspondientes accesorios que pueden romper el macizo rocoso.

Según Ricse (2020) indica que la malla de perforación se convierte en un diagrama específico muy bien estructurado y definido, encargado de fragmentar y mover el material triturado. Es muy necesario obtener el rendimiento y características geomecánicas del macizo rocoso cuando se diseña una malla de perforación.

Los parámetros de perforación, según Herrera (2019) las cargas son unos de los divisores más importantes en el diseño de voladuras. Se define como

la distancia más corta desde el eje del agujero hasta la superficie libre más cercana, y se define como la distancia entre las líneas de agujeros. Ames (2019) nos dice que el espaciamiento se define como la distancia entre las aberturas de la misma línea perpendicular y paralela al espacio libre con el movimiento de corte esperado de la carga medida.

Según López (2018) nos dice que la inclinación del taladro se define básicamente como el ángulo medido desde la vertical donde se perfora el taladro y el ángulo no puede exceder los 30 grados. Las ventajas de la perforación inclinada son de mejor partición, buen movimiento y mejor aprovechamiento de la energía explosiva, menor nivel de vibraciones.

Luego Chancasanampa (2019) dice que el diámetro del taladro para una perforación ideal depende de los siguientes factores: Las características del macizo rocoso que se utiliza, El nivel de partición requerido y el ajuste de altura y carga del banco.

Obregón (2021) nos dice que la perforación es tan importante como la elección de los explosivos, por lo que se debe usar buen juicio y precaución en este trabajo. Desafortunadamente, las operaciones de perforación en muchas minas todavía no están debidamente supervisadas, lo que da como resultado un trabajo de mala calidad.

El Instituto Español de Geología y Minería (2018) afirma que el grado de fragmentación es utilizado para establecer la distribución del volumen de partícula del material soplado. La partición se ve afectada por una gran cifra de variables controlables. No existe un método o regla de predicción exacta, una gran cifra de investigadores se ha dedicado a este campo, creando modelos que van desde simples reglas empíricas hasta complejas simulaciones por computadora.

Ruiz (2019) nos dice que las rocas tienen varias propiedades mecánicas las más importante es la resistencia uniaxial a la fuerza al aplicar presión

constantemente en un área determinada. El ensayo de compresión simple o uniaxial determinan la carga máxima que un testigo soporta a una carga axial antes de que la muestra falle.

El RQD ha sido desarrollada por Deere en 1966, este índice determina la calidad de la roca y proviene directamente de testigos obtenidos por seguimiento mecánico.

La clasificación RMR (Bieniawski, 1989) se basa en 6 parámetros, teniendo en cuenta el índice de calidad del macizo rocoso a partir de resistencia de la roca intacta.

Definiendo Modelos Matemáticos adicionales:

1. Pearse (1955)

Tomando el valor de la energía de deformación por unidad de volumen, se obtiene la fórmula:

Donde:

B= burden

K= constante depende de carga explosiva y roca (0.7 varia 0.10)

D= diámetro de taladro (in)

P= presión detonación de carga explosiva (PSI)

S<sub>td</sub> = resistencia dinámica de roca

$$B = \left( K * \frac{D}{12} \right) * \sqrt{\left( \frac{P}{S_{td}} \right)}$$

2. López Jimeno (1980)

El enfoque de las voladuras con diámetro pequeño, se encuentran con rango de 65 mm a 165 mm de diámetro de perforación. Considerando que la ecuación de Ash se añade la velocidad sísmica del material rocoso, lo cual se obtiene la fórmula:

Dónde:

B= burden (m)

D= diámetro de taladro producción (in)

F= factor de corrección (tipo de roca y explosivo)

$$B = 0.76 \times D \times F$$

### 3. Langefors (1963)

Langefors propuso la siguiente ecuación para determinar el valor del Burden Máximo “B<sub>max</sub>”

Dónde:

d= diámetro de barreno (milímetros)

$\rho_F$  = densidad del explosivo

$S_F$  = potencia relativa (peso)

$E/V$  = relación (espaciamiento/ roca)

f = factor de inclinación de roca

- Barrenos verticales: f =1

- B. inclinados 3:1: f =0.9 y 2:1: f =0.85

c = factor de roca

$$V = \frac{d}{33} * \sqrt{\frac{\rho_F * S_F}{c * f * \frac{E}{V}}}$$

### 4. Konya (1983)

Tanto el explosivo como la roca fueron caracterizados por sus respectivas densidades, se formuló lo siguiente:

Donde:

B: burden (pies)

$\emptyset_\epsilon$  : diámetro del explosivo (in)

$\rho_\epsilon$  : densidad de explosivo

$\rho_r$  : densidad de roca

$$B = 3.15 \emptyset_\epsilon * \sqrt[3]{\frac{\rho_\epsilon}{\rho_r}}$$

### 5. Roger Holmberg:

Representa la relación entre distintas variables, parámetros del tipo de roca y su dureza. Consta de varias fórmulas:

Donde:

- Utilizando el burden máximo:

1.5 (Ø)	Si	RMR=61-80
1.75 (Ø)	Si	RMR=41-60
2.00 (Ø)	Si	RMR=21-40

Dónde:

Ø= diámetro de taladro vació en metros

$$F = B_{\text{máx}}(0.1 + 0.03 H)$$

- Burden práctico:

$$B_1 = B_{\text{máx}} - F$$

## 6. Modelo Andersen

Donde:

B = burden (pies)

D = diámetro (pies)

L = longitud del barrenado (pies)

K = constante empírica

Se obtuvo buenos resultados haciendo K=1 y tomando el diámetro en pulgadas, la ecuación queda en la práctica:

$$B = k * \sqrt{D * L}$$

Esta fórmula no tiene en cuenta las propiedades del explosivo ni de la roca. El valor de B aumenta con la longitud del barrenado, pero no indefinidamente como sucede.

$$B = \sqrt{D * L}$$

## 7. Modelo Matemático de Ash (1963)

Tiene en cuenta el tipo de roca y explosivo, por ello que es una fórmula aplicable a diámetros grandes.

Dónde:

B: burden (pies)

D: diámetro de carga (in)

Kb: constante (tipo de roca y explosivo usado)

Kb = depende de 20 a 40 de la roca y del tipo de explosivo al usar.

D = diámetro de explosivo (in) (es igual al diámetro de la broca, debido al explosivo a granel).

$$B = \frac{K_B * D}{12}$$

## II. METODOLOGÍA

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

#### 3.1.1. Tipo de investigación

Se escogió la investigación aplicada tomando el uso de la información dada para resolver el problema presentado. Ya que para Muntanè (2019), el objetivo es aumentar el conocimiento científico, pero no contrastarlo con ninguna perspectiva práctica.

#### 3.1.2. Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación es experimental. Para Ruiz (2017) consiste en organizar los métodos utilizados para recopilar la información y los datos necesarios para investigar y resolver problemas sobre el tema.

### 3.2. Variables y operacionalización

**Variable Independiente:** Diseño de malla de perforación

**Definición conceptual:** Nos dice Ricse (2020) que la malla de perforación es un diagrama específico bien estructurado y definido que es responsable de dividir y mover los materiales rotos de acuerdo con los requisitos del ejecutor.

**Definición operacional:** Es una parte del proceso minero que se somete de asegurar que la explotación del macizo rocoso ocurra de manera controlada para que se puedan establecer frentes de avance para la extracción de los recursos minerales.

**Dimensión:** Estudio geológico, caracterización geomecánica y parámetros de perforación

**Indicadores:** Geología estructural, geología regional, geología local, cálculo RQD, cálculo RMR, cálculo de GSI, ensayo a compresión simple, burden, longitud de taladro, espaciamiento, taco y sobre perforación.

**Escala de medición:** Medición de razón.

**Variable Dependiente:** Mejora de fragmentación

**Definición conceptual:** Nos dice Jiménez (2021) es el tamaño de la roca formada como resultado de la explosión, que se clasifica según el tamaño de la roca.

**Definición operacional:** Modifica el tamaño de los minerales desde el producto final del arranque, normalmente la reducción de tamaño se realiza en varias etapas (la razón de reducción de cada máquina y de los requerimientos finales del producto).

**Dimensión:** Análisis de fragmentación

**Indicadores:** Curva granulométrica los softwares de JK Simblast, WipFrag y Split – Desktop.

**Escala de medición:** Medición de razón.

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

#### **3.3.1. Población**

Esta investigación está compuesta por el área de trabajo conformada una malla de perforación en Minera Iscaycruz- Lima. Nos dice Arias (2020) que la población es aquel grupo de sujeto y que el autor está interesado en identificar su problemática y estudiarlo.

#### **CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

Incluimos la malla de perforación en el Tajo Santa Este Fase 3.

Donde la Fase 3 es utilizada de manera inclusión por el sistema de fallas conjugadas, esto se originó las fallas S y S1

#### **CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

Excluimos estos dos eventos de deformación en la zona de Santa Este las mallas de perforación: Fase 1 y Fase 2.

Donde la Fase 1 genera a un dominio plegado por deformación contraccional. Esto quiere decir que esta etapa se desarrolla el anticlinal de Iscaycruz y los sobre escurrimientos 0 y 1.

Y en la Fase 2, es intermedia de compresión, que tiene activado abruptamente los flancos del anticlinal Iscaycruz. con movimientos de cizallas transpresionales dextrales en zonas de debilidad de los contactos litológicos de las Fms. Chimú, Santa y Carhuaz

#### **3.3.2. Muestra**

Este proyecto está constituido por el Tajo Santa Este Fase 3 en la Minera Iscaycruz- Lima. Polo (2020), nos dice que la muestra es aquella parte o sub conjunto de una población específica y que es de gran interés. Con la finalidad de poder estudiarla se extrae de la población.

### 3.3.3. Muestreo

En este proyecto de estudio se utilizó el muestreo no probabilístico por juicio, durante la selección de la muestra nos guiamos por aspectos muy importantes de la región. Según Westreicher (2021), nos dice que es la elección de una muestra de población.

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

**Análisis documental**, se presenta el contexto actual donde se lleva a cabo las operaciones mineras. Este presente proyecto de investigación se recopilará información a través de documentos o informes que permitieron respaldar los hallazgos relevantes sobre el diseño de una malla de perforación para la mejora de la fragmentación en Minera Iscaycruz. Según Rubio (2020), al confirmar que es un trabajo a través de un proceso de juicio, se pueden extraer ideas de documentos que reflejen la información original y faciliten el acceso a la misma.

**Observación de campo**, esta técnica nos ayudó desde la visita a recopilar información sobre cuál será la estructura de la malla de perforación para la mejora de la fragmentación en Minera Iscaycruz, dónde se obtuvo la información, cómo se va a estructurar el diseño y conoce sobre la calidad de la roca. Granollers (2018) "Tiene como finalidad el método de la evaluación, llamada monitoreo del servicio, es abarcar cómo las personas del sistema interactivo realizan las tareas y obtener información sobre las acciones que realizan durante la ejecución".

#### **Instrumento del análisis documental:**

**Fichas de registros de información:** Se aprovecha para resumir información de varios libros de texto. Para nosotros, esto nos ha permitido crear una malla para la mejora de la fragmentación de rocas y recopilar datos para las bases de datos de la geomecánica.

### **Instrumento de observación de campo:**

**Guía de Observación de campo no experimental:** Es un instrumento de investigación de campo en el que se realiza una descripción específica del área de estudio. Que permitió observar los parámetros de la malla de perforación, para analizar la información en una visita a la zona de estudio asimismo recopilar información de los tipos de fragmentos y granulometría.

## **3.5. Procedimientos**

### **Etapa 01: Planificación y recojo de información**

Se organizó las visitas necesarias a la Minera Iscaycruz y se identificaron las preguntas de investigación. Por lo tanto, se creó una hipótesis que ofrece una solución a nuestro objetivo. Además, se recopiló información de estudios previos que incluyeron diferentes revistas, artículos, antecedentes, teorías y variables de investigación y enfoques de los temas realizados.

### **Etapa 02: Instrumentación y resumir de datos de campo**

La selección de métodos de monitoreo de campo, el estudio y análisis de documentos y herramientas que guían la observación de campo que se utilizaron para recopilar datos para nuestro proyecto de investigación en la Minera Iscaycruz. De igual manera se acudió a la zona de investigación para recolectar información de este campo, con nuestras herramientas, de manera que se pudiera confirmar y registrar los resultados correspondientes a los trabajos de investigación.

### **Etapa 03: Desarrollo y procesamiento de datos**

Procesar datos de manera práctica utilizando medios técnicos, herramientas y métodos (instrumentos y fichas de análisis) que integran conceptos para comprender las causas y efectos de los trabajos de explotación mediante una síntesis de conceptos y datos para estudiar los resultados. De manera similar, la discusión de resultados y conclusiones se

define como examinar las limitaciones y contribuciones del estudio, hacer recomendaciones y desarrollar las implicaciones del conocimiento previo.

### **3.6. Método de análisis de datos**

#### **Método de procesos**

En este proyecto de investigación se introdujo un método de procesos, cuya finalidad es la obtención de resultados acordes a los objetivos planteados por las técnicas de observación de campo y análisis de documentos. Según Suárez (2020), representa un grupo de métodos que utilizan las técnicas o herramientas necesarias para resolver e investigar los problemas de investigación de un grupo.

#### **Método analítico-sintético**

Este proyecto de investigación aplicó el método de análisis-síntesis, que se analizaron los parámetros de la malla de perforación, como indicadores tenemos la longitud de taladro, el diámetro de taladro, el burden, el número de taladros, sobre perforación, espaciamiento. También es sintético porque la síntesis está diseñada a partir de una fila de conceptos, teorías y datos que luego se combinan y se suman para producir el diseño de la malla de perforación para la mejora de la fragmentación de Minera Iscaycruz. Nos dice Jiménez (2017) que tiene dos procesos mentales opuestos que trabajan juntos: análisis y síntesis.

### **3.7. Aspectos éticos**

Los comienzos éticos constan de una parte integral de toda investigación. La Universidad César Vallejo se plantea elaborar un reglamento basado en la observación y aplicación de los siguientes principios éticos:

- **Beneficencia**, este inicio ético es fundamental en la investigación que se realiza, porque permite utilizar los resultados del diseño de una malla de perforación para la mejora de fragmentación en Minera Iscaycruz y así hacer algo bueno para la población. Esta optimización ha tenido una mejora

de impacto económico ya que se reducen costos para la empresa y la sociedad, y finalmente se soluciona el problema de la mala fragmentación de minerales para el diseño de la malla de perforación; y brinda seguridad a los trabajadores y a la sociedad.

- **No maleficencia**, en nuestro estudio, este aspecto ético fue utilizado en nuestra investigación con datos de campo. No están modificados y están diseñados para minimizar los riesgos potenciales.

- **Justicia**, el estudio utilizó este aspecto ético para determinar la información que guiará la implementación y la planificación de un diseño de malla de perforación para la mejora de la fragmentación de Minera Iscaycruz sin alterar los resultados.

- **Autonomía**, está relacionada con su aspecto ético porque el trabajo fue confidencial e independiente ya que no fue influenciado por terceros. Los autores consideran objetivos respetando la opinión de cada miembro. Los resultados obtenidos también fueron confiables y verdaderos.

## **IV. RESULTADOS**

4.1. De acuerdo con el primer objetivo de identificar el tipo de roca para efectuar la geología regional, estructural y local de la Minera Iscaycruz.

### **4.1.1. Ubicación y accesos Unidad Minera Iscaycruz:**

Teniendo en cuenta el primer resultado, brindamos información sobre su ubicación y accesibilidad del yacimiento de Iscaycruz en el distrito de Pachangara, provincia de Oyón, departamento de Lima.

Es accesible desde la ciudad de Lima por dos vías:

- Por la carretera vía Lima – Chancay – Sayán – Churín – Oyón – Pampahuay – Iscaycruz.
- Por la carretera vía Lima – Surco - La Oroya – Junín - Cerro de Pasco – Uchucchacua – Oyón – Iscaycruz.

A continuación, presentamos el mapa de acceso a la mina Iscaycruz, lugar donde se hizo la investigación:

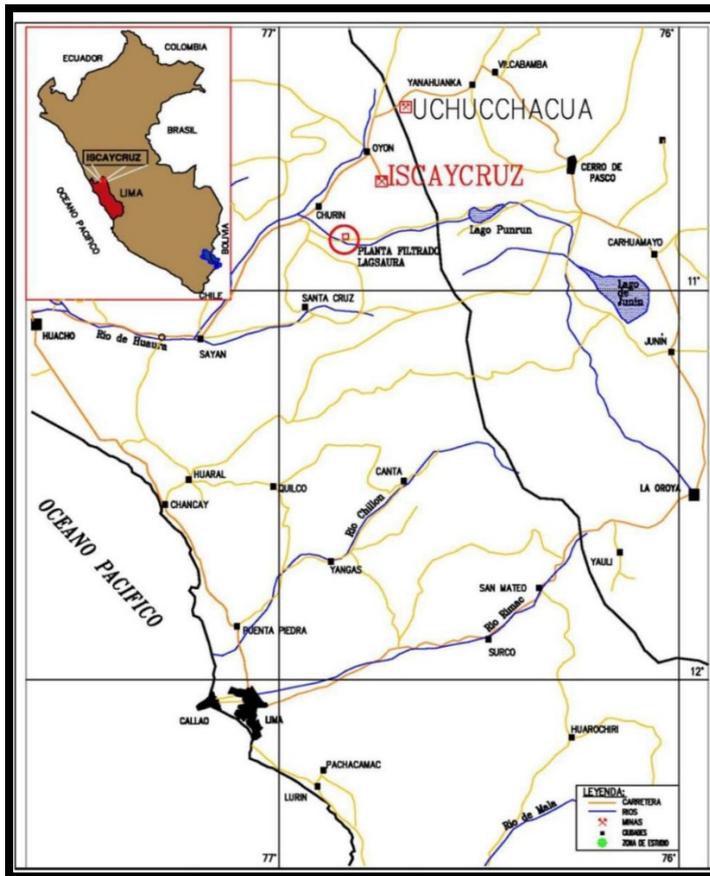


Figura 1: Accesibilidad de la mina Iscaycruz

### Cuerpo Santa Este:

El área de Santa Este está ubicada a 1.300 m al noroeste de la mina Tinyag a una altura promedio es de 4800 m.s.n.m. Pertenece a la Formación Santa por el efecto de continuidad del anticlinal Iscaycruz.

En esta zona se observan estructuras tipo brechoide producto del reemplazamiento metasomático en dos horizontes calcáreos dentro de dicha formación. En la superficie se exponen cuerpos irregulares de brechas de 180 metros de longitud con espesores que van de 8 a 25 metros, que son minerales de pirita, los cuales mostraban zonas de alteración supérgena, conformando los gossan (Óxidos de fierro y manganeso). Asimismo, se tiene hematita en forma masiva, al norte del afloramiento, también specularita en forma hojosa, gohetita muy fina, jarosita diseminada, cuarzo de origen hidrotermal, rellenando venillas. También hay sulfuros como la pirita, en diferentes grados de oxidación y en forma diseminada, así como de grano fino y en concentraciones, Galena observada en los cateos, de

grano medio a fino en forma diseminada y en relleno de drusas; Esfalerita también en forma diseminada y del tipo de blenda rubia.

▪ **Alteraciones:**

**Alteración hipógena:** Los procesos de carbonatización y silicificación son visibles en esta región, principalmente en formaciones carbonatadas, que son producto de surgencias hidrotermales en zonas de mayor permeabilidad.

**Alteración supérgena:** Ocurre en cuerpos brechosos de Gossan y se oxida sulfuros, principalmente hierro, en diversos grados. Esta región contiene cuerpos óxidos de hematita, gohetita y jarosita, con óxidos complejos de manganeso (psilomelano).

**Controles de mineralización**

Las zonas mineralizadas evidenciadas por las zonas de brechas irregulares que contienen los siguientes controles de mineralización:

▪ **El control fisiográfico:** Se caracteriza por la presencia de los Gossan que emergen como crestos característicos y es producto de la erosión del área.

▪ **Control litoestratigráfico:** Esto se debe a la presencia de la formación Santa, ya que los depósitos se encuentran en las calizas de la formación que tienen horizontes calcáreos propicios para la mineralización.

▪ **Control estructura:** Se ha reconocido e interpretado tres eventos principales de deformación en la zona de Santa Este.

Q1: estadio principal de dirección compresional ENE que genera a un dominio plegado por deformación contraccional. En esta etapa se desarrolla el anticlinal de Iscaycruz y los sobreescurrecimientos 0 y 1 (Fase Quechua 1).

Q2: una fase intermedia de compresión, orientada de N a NNE, que reactivó abruptamente los flancos del anticlinal de Iscaycruz, con movimientos de cizallas transpresionales dextrales en zonas de debilidad de los contactos litológicos de las Fms. Chimú, Santa y Carhuaz (Fase Quechua 2). En esta fase se habría producido los eventos de mineralización.

Q3: una última fase de compresión orientada de E a O, con movimientos de cizalla transpresionales sinextral y sistemas de fallas conjugadas. Esto originó las fallas S y S1 (Fase Quechua 3). Considerado como eventos postminerales.

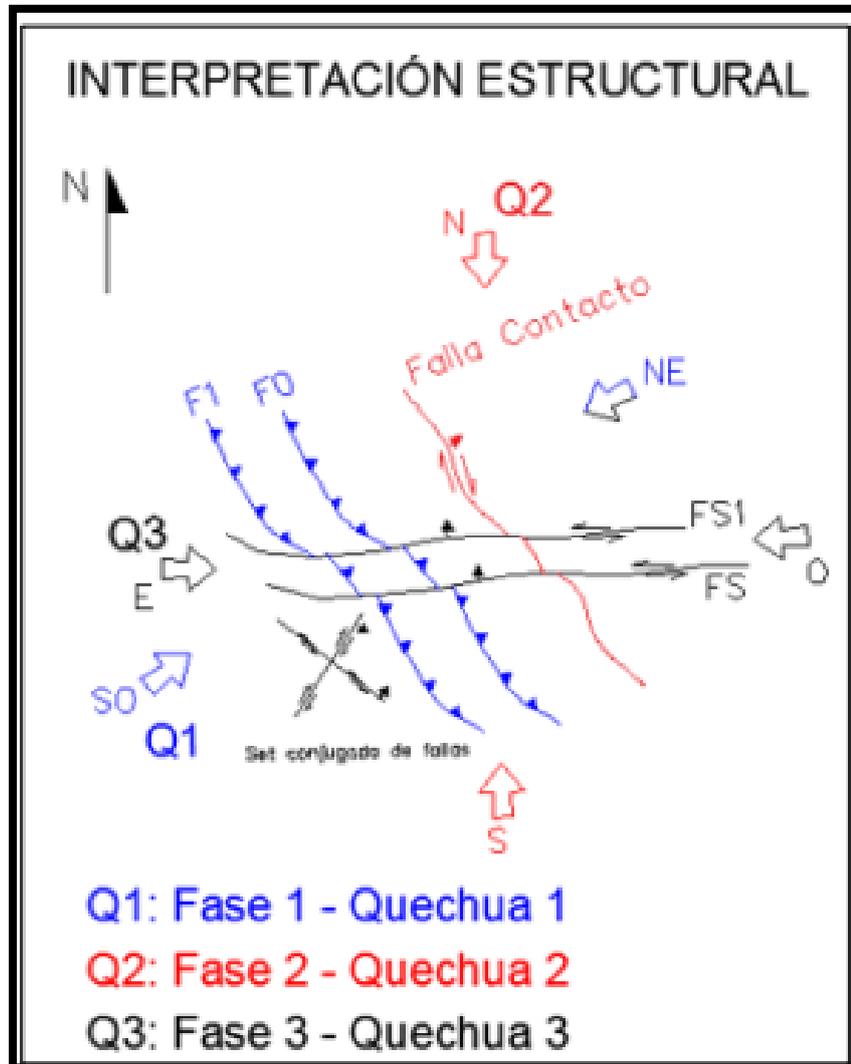


Figura 2: Interpretación estructural de los eventos principales de deformación en la zona de Santa Este

La empresa Minera Iscaycruz (2020) nos redacta la geología regional, estructural y local en la cual abarca el tipo de roca.

#### **4.1.2. Geología Regional**

- **Litología**

La zona de Iscaycruz se ubica en un ambiente sedimentario perteneciente a la cuenca del Cretácico, estructuralmente se ubica en una zona de plegamiento-desbordamiento representativa de la parte central de la Cordillera Occidental.

Las rocas clásticas de la zona están representadas por las formaciones Oyón, Chimú, Carhuaz y Farrat, y las formaciones rocosas calcáreas por la Santa, Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo y Jumasha. Estas formaciones circundantes están indicadas por rocas ígneas de tonalita, composición de dacita y pórfido de granito, que también están cubiertas discordantemente por rocas volcánicas terciarias de la Formación Calipuy.

Estructuralmente, esta zona se encuentra en zonas de pliegue y desbordamiento. Durante la orogenia andina, la secuencia sedimentaria se plegó mucho, especialmente en las direcciones N 20°W y 75°-80°SE. Los anticlinales y sinclinales se extienden por varias decenas de kilómetros y se extienden a lo largo de un eje paralelo al área de afectada.

- **Estratigrafía**

a. La Formación Oyon es la base de la columna estratigráfica de la región y está compuesta por lutita gris oscuro, arenisca gris y vetas de carbón. Se encuentra sobre el eje del anticlinal al este de Iscaycruz

b. Constituida por ortocuarcita de grano medio, la Formación Chimú es de textura masiva y de color blanquecino. Ocurre a intervalos de hasta 3 metros en bancos altos, que esencialmente forman la parte más empinada de la montaña.

c. La Formación Santa Claus consiste en piedra caliza azul grisáceo cubierta por capas delgadas de escoria y piedra caliza dolomía. En el área de Iscaycruz, la Formación Santa es longitudinalmente central y significativa, con mineralización de corte y skarn a profundidades de 40 a 80 metros.

d. La Formación Carhuaz consiste en lutita, arenisca y lutita abigarrada (verde, roja y amarillenta) hasta una profundidad de 600 metros. En la zona de Iscaycruz, se ubica en la parte centro occidental del Grupo Santa. (Figura 3).

e. La Formación Farrat consiste en arenisca cuarzosa blanca y arenisca gris suelta que es calcárea en la parte superior formando una transición a la Formación Pariahuanca.

f. La Formación Parihuanca consiste en piedra caliza gris, maciza y gruesa, ya que se encuentra en la base de la secuencia de piedra caliza. Debido a la ubicación del cuerpo de Skarn, es importante para el área.

g. La Formación Chulec consiste en un lecho rocoso de marga y caliza de estratificación media de color gris y degradada a un color crema amarillento.

h. La Formación Pariatambo consiste principalmente de margas oscuras intercaladas con elementos bituminosas y calizas nodulares cherticas finamente estratificadas.

i. La Formación Jumasha consiste en piedra caliza de color gris claro y gris azulado con fracturas recientes y lecho grueso.

j. Depósitos morrénicos, estos depósitos forman una cresta ondulada suave de diferentes tamaños de material y un lecho deficiente causado por la actividad glacial desde el Pleistoceno hasta el presente.

k. Depósitos aluviales y fluviales, los depósitos de estos nuevos materiales consisten en escombros redondeados y angulares de materiales mixtos provenientes de procesos fluviales.

l. Los depósitos coluviales son depósitos de piedemonte que consisten en fragmentos de roca de hornblenda y subhornblenda que son heterogéneos y heterogéneos sin una base bien definida.

		FORMACION	LITOLOGIA
		JUMASHA (±1,000 m.)	Calizas masivas de color gris.  Caliza gris intercalado con horizontes chérticas
		PARIATAMBO (±110 m.)	Calizas margosas intercalada con lutitas bituminosas.
		CHULEC (±150 m.)	Caliza gris amarillenta intercalados con areniscas margosas.
		PARIAHUANCA (±80 m.)	Calizas masivas, mineralización de Zinc.
		FARRAT (±70 m.)	Areniscas, cuarcitas.
		CARHUAZ (±500 m.)	Lutitas abigarradas intercaladas con areniscas finas.
		SANTA (±80 m.)	Calizas intercaladas con lutitas bitum. reemplazamiento de Zinc, brecha.
		CHIMU (±600 m.)	Intercalación de areniscas margosas y lutitas bituminosas  Cuarcitas.
	OYON (±150 m.)	Alternancias de areniscas y pizarras bituminosas lentes de carbón.	

Fuente: Minera Iscaycruz

Figura 3: Columna Estratigráfica de Iscaycruz

- **Rocas Intrusivas:**

Cerca de Iscaycruz, existen depósitos de unidades dacíticas en forma de levantamientos subvolcánicos o vetas formadas por fenocristales de cuarzo y plagioclasa. Se encuentra a 1 km al oeste del Cerro Seccha, al norte del yacimiento. Esta roca está menos alterada, al igual que las calizas circundantes.

#### **4.1.3. Geología estructural**

El área afectada principalmente por fuertes plegamientos de rocas calcáreas, gracias a la orogenia andina y la intrusión magmática local como resultado tenemos sinclinales y anticlinales estrechamente aplanados, así como fallas paralelas y transversal al eje plegamiento.

- **Fallas**

Las principales estructuras observadas en este campo comprenden fallas regionales paralelas con direcciones predominantes NO-SE con bajo ángulo y movimientos sinestrales y dextrales, las cuales son cortadas casi perpendicularmente por fallas menores. Las intersecciones de estos sistemas estructurales actúan como un conducto para las rocas intrusivas alteradas, así como para las soluciones mineralizantes. Ciertamente el factor litoestratigráfico es muy importante porque permiten la depositación.

Iscaycruz corresponde principalmente a regiones de gran cizallamiento donde se inducen esfuerzos de un estado dúctil a un estado frágil. Las grandes zonas de deslizamiento pueden mostrar desplazamientos de masa relativos de decenas a cientos de kilómetros. A menudo, la región del esternón es de hecho un grupo de varias subregiones de mayor o menor grado de deformidad, paralelas u oblicuas, que dan como resultado la confluencia o el final de la cola del caballo. Las grietas por tensión tienen picos orientados paralelos a la dirección del movimiento y, a menudo, están llenas de calcita y/o cuarzo que crece en una dirección perpendicular.

En la zona de Santa Este se exhibe una doble formación por esfuerzos positivos no planos generados por esfuerzos de compresión. La geometría interna de las fallas secundarias en el dúplex indica que convergen en profundidad a una sola zona de

falla como falla 0, que puede ser un alimentador de mineralización. Así, los defectos internos actuarán como contracorriente, ya que se puede decir que el área está comprimida y por lo tanto se puede levantar.



Fuente: Minera Iscaycruz

Figura 4: Sistema de fallas en la mina Santa Este.

- **Pliegues**

Los rasgos geomorfológicos están relacionados al plegamiento de las rocas cretácicas, teniendo a los ejes de los sinclinales y anticlinales rumbo general N-S, lo que nos sugiere evidentes esfuerzos compresionales E-O originados por la Orogenia Andina.

Los pliegues convexos siguen líneas muy regulares, pero sus bordes suelen ser tectónicamente delgados, por lo que las corrientes fluyen más hacia los bordes. Es así que se generan un sistema de sobreescurremientos en sus flancos (Falla 0 y Antapampa), generando zonas favorables para la migración de fluidos hidrotermales. Mucha de estas fallas son deslizamientos asociados con el desarrollo de pliegues con despegamiento.

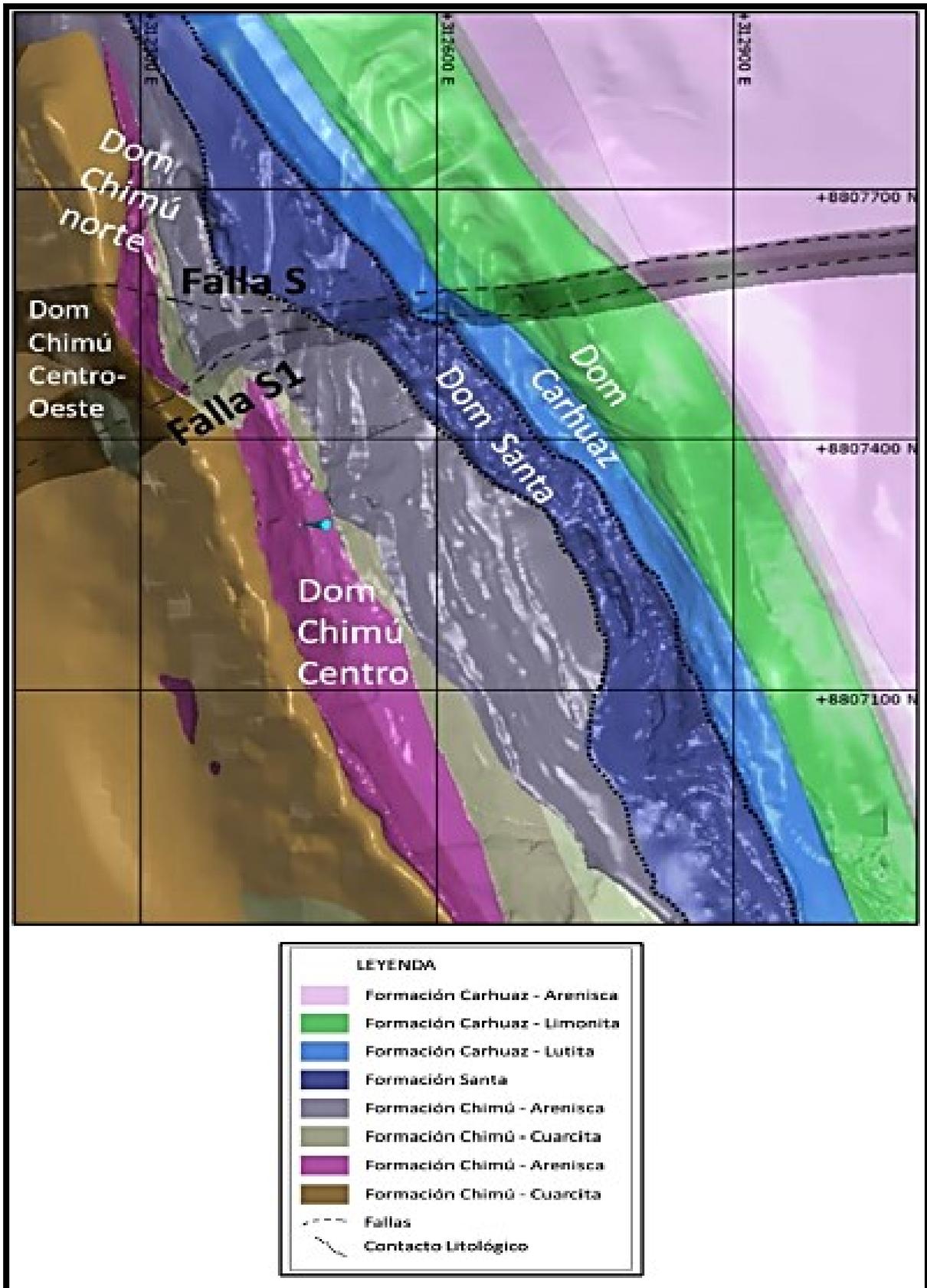


Figura 5: Formaciones geológicas y fallas límites de dominio en el tajo Santa Este



#### 4.1.4. Geología local

La región de Iscaycruz y su entorno pertenecen estratigráficamente a la cuenca del Cretácico y se ubican estructuralmente en la zona de pliegues y manto.

Los depósitos sólidos de caliza se encuentran dispersos por toda el área, mostrando tres áreas bien definidas: La parte inferior está compuesta principalmente por agregados como areniscas, lutitas, calizas y lutitas. Rayo (variedades de Oyon, Chimú, Santa, Caroise y Farrat); la parte media está formada por escombros de dolomita y lutitas (formaciones Pariahuanca, Chulek, Pariatambo, Jumasha y Selendin), y la parte superior está representada por rocas rojas (formación Casapalca).

Las rocas sedimentarias sufren fuertes movimientos estructurales después de la formación de los Andes, formando pliegues dirigidos NNO-SSE. Los cortes simultáneos están espaciados hasta 10 m, por lo que la misma capa queda expuesta una y otra vez en la superficie.

El lecho rocoso paleozoico, sobre el que descansa la cuenca sedimentaria, está expuesto en la parte oriental de los Andes. En las laderas occidentales, los volcanes cubren sedimentos o guían las costas batolíticas.

#### 4.2. De acuerdo con el segundo objetivo de caracterizar el estudio geomecánico de la fragmentación en la Minera Iscaycruz.

##### 4.2.1. Caracterización del estudio geomecánico

Para caracterizar la roca in situ, se ejecutó la toma de dos testigos donde se realiza el cálculo de RQD, RMR Y GSI. Las pruebas se realizaron en el laboratorio de la empresa minera Iscaycruz, en presencia de los especialistas de la minera para saber la carga puntual y la dureza del macizo rocoso que se presenta en el Tajo Santa Este.

Tabla 1: Longitud y diámetro de los testigos

Testigos	Longitud	Diámetro
Testigo 1	7.6 cm	4.6 cm
Testigo 2	8 cm	5 cm

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2. Cálculo de RQD

$$RQD = \frac{(\sum \text{testigos} \geq 10\text{cm})}{\text{Longitud del taladro}} \times 100\%$$

$$RQD = \frac{(7.6 + 8)}{30} \times 100\%$$

$$RQD = \frac{15.6}{30} \times 100\%$$

$$RQD = 0.52 \times 100\%$$

$$RQD = 52\%$$

Tabla 2: Escala del índice RQD

RQD				
Muy mala (0-25)	Mala (25-50)	Media (50-75)	Buena (75-90)	Excelente (90-100)

Fuente: Elaboración propia

Se consiguió un RQD de 52%, de acuerdo con la escala de índice, lo que da entender que es roca media.

#### 4.2.3. Cálculo de RMR

Tabla 3: Estudio RMR de la muestra 1.

Parámetros RMR			Datos del testigo	Valor
1	Resistencia	Compresión simple	38.485 Mpa	4
2	RQD		52%	13
3	Separación entre diaclasas		0.06 m	8
4	Discontinuidades	Persistencia	5 m	1
		Abertura	0.6 mm	5
		Rugosidad	Rugosa	5

		Relleno	Suave	1
		Alteración	Mod. alterada	3
5		Agua	Húmedo	10
TOTAL				50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Estudio de la muestra 2.

Parámetros RMR			Datos del testigo	Valor
1	Resistencia	Compresión simple	38.705 Mpa	4
2	RQD		52%	13
3	Separación entre diaclasas		0.05 m	8
4	Discontinuidades	Persistencia	5 m	1
		Abertura	0.6 mm	5
		Rugosidad	Lig. Rugosa	3
		Relleno	Suave	1
		Alteración	Mod. Alterada	3
5		Agua	Húmedo	10
TOTAL				48

Fuente: Elaboración propia

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy Buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala
Puntuación	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

Figura 7: Índice de calidad de roca e la clasificación RMR

De acuerdo con los resultados del análisis RMR realizado en las dos muestras, es evidente que el primer testigo dio un valor RMR de 50, lo que significa que la escala de calificación representa tipo de roca III. Así, el segundo análisis del testigo presencial da una RMR de 48, que según el Índice de Bieniawski es una roca tipo III de calidad media.

#### 4.2.4. Cálculo de índice de esfuerzo geológico

Se determinó el RMR para las dos muestras, donde se realizaron el cálculo de GSI.

Tabla 5: Escala de clasificación GSI

GSI					
Muy buena I	Buena II	Regular III	Mala IV	Muy mala V	Excepcionalmente mala VI
$GSI > 80$	$60 < GSI < 80$	$40 < GSI < 60$	$30 < GSI < 40$	$20 < GSI < 30$	$Q < 0.001$

Fuente: Elaboración propia

Fórmula:

- El valor recibido del RMR de la muestra 1 es reemplazado

$$GSI = RMR - 5$$

$$GSI = 50 - 5$$

$$GSI = 45$$

$$GSI = 45$$

- El valor recibido del RMR de la muestra 2 es reemplazado

$$GSI = RMR - 5$$

$$GSI = 48 - 5$$

$$GSI = 43$$

Tabla 6: Recopilación del cálculo GSI

	Testigo 1	Testigo 2
GSI	45	43
Clasificación	Regular III	Regular III

Fuente: Elaboración propia.

Se observa la tabla, para el testigo uno se consiguió el valor de GSI de 45 y para el testigo dos se consiguió el valor GSI de 43. Teniendo como resultado según la clasificación GSI, una roca regular III

#### 4.2.5. Ensayo a compresión simple

Se realizaron pruebas de laboratorio en 2 testigos, que incluían la compresión uniaxial. Las pruebas se realizaron en el laboratorio de Minera Iscaycruz.

Tabla 07: Resultados de carga puntual de los testigos

Número de testigos	1	2
Dimensión del testigo	29.634 cm <sup>2</sup>	29.532 cm <sup>2</sup>
Carga máxima	115.836 KN	115.758 KN
Resistencia a la compresión	38.485 Mpa	38.705 Mpa
Carga rotura	15%	15%

Fuente: Elaboración propia.

Los testigos provienen de dos puntos diferentes donde se analizaron los resultados y se tiene claro que el tamaño del testigo representa un 29.634 cm<sup>2</sup>, el cual soporta una C. Máxima de 115.836 KN y una R. Máxima de 38.485 Mpa. Asimismo, el testigo dos tiene una dimensión es 29.532 cm<sup>2</sup>, soportaba una C. Máxima de 115.758 KN y una R. Máxima de 38.705 Mpa.

Tabla 8: Recopilación y resultados de la caracterización rocoso.

Parámetros	Testigo 1	Testigo 2
------------	-----------	-----------

RQD	52% - Roca media	52% - Roca media
RMR	50 – Roca tipo II	48 – Roca tipo II
GSI	Regular III	Regular III
Ensayo a compresión	38.485 Mpa	38.705 Mpa

Fuente: Elaboración propia.

Basado en la evaluación y las pruebas realizadas en 2 muestras y la prueba de los resultados. Se confirma que las rocas en esta área son rocas de densidad media, RMR grado II, GSI grado III y en el ensayo a compresión para la muestra 1 se tuvo 38.485 Mpa y la para la muestra 2 es 38.705 Mpa.

#### **4.3. De acuerdo con el tercer objetivo de elaborar el diseño de una malla de perforación para la mejora de la fragmentación en la Minera Iscaycruz**

##### **4.3.1. Diseño de malla de perforación**

De acuerdo a la malla de perforación actual de la minera Iscaycruz se sondeó el cálculo para hallar el factor de carga y se diseñó la malla en AutoCAD. En la mina realiza un diseño de malla de perforación con el rango de 40 a 50 taladros a continuación, se presenta la evaluación:

- **Factor de carga**

$$B_r \times E_r \times H_B \times \rho_r = T_m$$

$$4 \times 5.02 \times 6 \times 2.5 = T_m$$

$$301.2 = T_m$$

$$T_m \times N^{\circ}\text{taladros} = T_{fm}$$

$$301.2 \times 42 = T_{fm}$$

$$12,650 = T_{fm}$$

$$\rho_l = \rho_e \times \phi^2 = 1.31 \times 16 = 20.96$$

$$\rho_l \times H_c = \text{kg/explosivo}_m$$

$$20.96 \times 3.53 = \text{kg/explosivo}_m$$

$$73.9 = \text{kg/explosivo}_m$$

$$\text{Kg/explosivo}_m \times N^\circ\text{taladros} = \text{kg/explosivo}_{fm}$$

$$73.9 \times 42 = \text{kg/explosivo}_{fm}$$

$$3,103 = \text{kg/explosivo}_{fm}$$

$$\frac{3,103 \text{ kg/explosivo}_{fm}}{12,650} / T_{fm}$$

$$0.24 \text{ kg/explosivo}_{fm} / T_{fm}$$

A continuación, presentamos el dibujo de la malla de perforación:

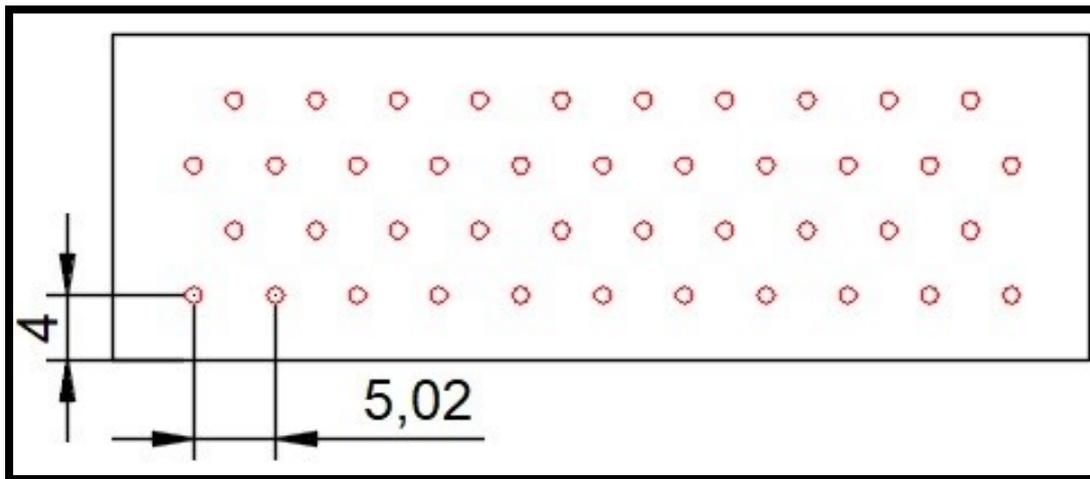


Figura 8: Diseño de la malla de perforación en AutoCAD de la mina Iscaycruz

En la imagen se puede apreciar según el diseño propuesto la longitud de perforación de  $1200m^2$ , en el cual el banco se verifica con sus dimensiones de ancho: 60 m y largo: 20 m, contamos con 42 números de taladros. Cabe recalcar que el burden es de 4 m que es la distancia del taladro a la cara libre y el espaciamiento de 5.02 m que representa la distancia entre taladros, sin tomar en cuenta en buffer ni el pre – corte por que ocasiona mayor costo.

La malla de perforación propuesta se calculó utilizando el modelo Ash, ya que la mina no utiliza un modelo matemático, es por ello que lo aplicamos para hallar el n° de taladros para los dos tipos de roca (mala y regular).

#### 4.3.2. Parámetros de diseño

En el tajo Santa Este está compuesta por dos tipos de roca: roca mala e intermedia por el cual se aplica un modelo matemático.

#### Modelo matemático de Ash (Roca Mala)

- Cálculo de Burden

Fórmula

$$B = \frac{Kb \times \phi}{12}$$

Donde:

B = Burden (pies)

$\phi$  = Diametro del taladro (in)

Kb = Constante (observar cuadro)

Clase de roca	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Clase de roca		
		Blanda	Media	Dura
Baja densidad y potencia	0,8 a 0,9	30	25	20
Densidad y potencia medias	1,0 a 1,2	35	30	25
Alta densidad y potencia	1,2 a 1,6	40	35	30

$$B = \frac{Kb \times \phi}{12}$$

$$B = \frac{40 \times 4''}{12 \text{ pies}}$$

$$B = \frac{160}{12}$$

$$B = 13.3 \text{ pies} = 4.05 \text{ m}$$

- **Cálculo de longitud del taladro**

**Fórmula**

$$L = K_e \times B$$

**Donde:**

$K_e$  = Constante de voladura ( $K_e$  / 1.5 al 4)

$$L = K_e \times B$$

$$L = 1.7 \times 4.05 \text{ m}$$

$$L = \mathbf{6.89 \text{ m}}$$

- **Cálculo de espaciamiento**

**Fórmula**

$$E = K_e \times b$$

**Donde:**

$K_e$  = Constante de voladura

$K_e = 2,0$  (iniciación simultánea de taladros)

$K_e = 1,0$  (taladros secuenciados con retardos largos)

$K_e = 1,2$  a  $1,8$  (taladros secuenciados con retardos cortos)

$$E = K_e \times b$$

$$E = 1.5 \times 4.05 \text{ m}$$

$$E = \mathbf{6.07 \text{ m}}$$

- **Cálculo de taco**

**Fórmula**

$$T = K_t \times B$$

**Donde:**

$K_t$  = Constante de voladura (  $K_t / 0,7$  y  $1,6$ )

$$T = K_t \times B$$

$$T = 0.7 \times 4.05 \text{ m}$$

$$\mathbf{T = 2.84 \text{ m}}$$

- **Cálculo de sobre perforación**

**Fórmula**

$$S_p = K_s \times B$$

**Donde:**

$K_s$  = Constante de voladura ( $K_s / 0.2$  y  $1$ )

$$S_p = K_s \times B$$

$$S_p = 0.2 \times 4.05 \text{ m}$$

$$\mathbf{S_p = 0.81 \text{ m}}$$

**Cálculos de malla de perforación:**

De manera teórica

- Cálculo de Burden Máximo (cálculo empírico o práctico)

Fórmula

$$B_{\max} = \frac{45 \times \emptyset}{1000}$$

Donde:

$B_{\max}$  = Burden máximo(m)

$\emptyset$  = Diámetro de la broca (mm)

$$B_{\max} = \frac{45 \times \emptyset}{1000}$$

$$B_{\max} = \frac{45 \times 101.6}{1000}$$

$$B_{\max} = \frac{4572}{1000}$$

$$\mathbf{B_{\max} = 4.58 \text{ m}}$$

- Cálculo de concentración de carga de fondo

Fórmula

$$C_{cf} = \frac{\varnothing^2}{1000}$$

Donde:

$C_{cf}$  = Concentración de carga de fondo ( $\frac{\text{kg}}{\text{m}}$ )

$\varnothing$  = Diámetro de la broca (mm)

$$C_{cf} = \frac{\varnothing^2}{1000}$$

$$C_{cf} = \frac{101.6 \text{ mm}^2}{1000}$$

$$C_{cf} = \frac{10322.6}{1000}$$

$$C_{cf} = 10.32 \text{ kg/m}$$

- Cálculo de altura de carga de fondo

Fórmula

$$H_{cf} = 0.2 \times B$$

Donde:

$H_{cf}$  = Alt. de carga de fondo(m)

$B$  = Burden(m)

$$H_{cf} = 0.2 \times B$$

$$H_{cf} = 0.2 \times 4.05 \text{ m}$$

$$H_{cf} = 0.81 \text{ m}$$

- Cálculo de carga de fondo

Fórmula

$$C_f = H_{cf} \times C_{cf}$$

Donde:

$C_f$  = Carga de fondo (kg)

$H_{cf}$  = Alt. de carga de fondo (m)

$C_{cf}$  = Concentración de carga de fondo ( $\frac{\text{kg}}{\text{m}}$ )

$$C_f = H_{cf} \times C_{cf}$$

$$C_f = 0.81 \text{ m} \times 10.32 \text{ kg/m}$$

$$\mathbf{C_f = 8.35 \text{ kg}}$$

- Cálculo de concentración de carga de columna

Fórmula

$$C_{cc} = \frac{C_{cf}}{2}$$

Donde:

$C_{cc}$  = Concentración de carga de columna ( $\frac{\text{kg}}{\text{m}}$ )

$C_{cf}$  = Concentración de carga de fondo ( $\frac{\text{kg}}{\text{m}}$ )

$$C_{cc} = \frac{C_{cf}}{2}$$

$$C_{cc} = \frac{10.32 \text{ kg/m}}{2}$$

$$\mathbf{C_{cc} = 5.16 \text{ kg/m}}$$

- Cálculo de retacado

Fórmula

$$\text{Ret} = B$$

Donde:

Ret = Retacado (m)

B = Burden(m)

$$\text{Ret} = B$$

$$\mathbf{\text{Ret} = 4.05 \text{ m}}$$

- Cálculo de altura de carga de columna

Fórmula

$$H_{CC} = Lt - (H_{cf} + \text{Ret})$$

Donde:

$H_{cc} = \text{Alt. de carga de columna (m)}$

$L_t = \text{Long. del taladro (m)}$

$H_{cf} = \text{Alt. de carga de fondo (m)}$

$$H_{CC} = L_t - (H_{cf} + \text{Ret})$$

$$H_{CC} = 6.89 \text{ m} - (0.81 \text{ m} + 4.05 \text{ m})$$

$$H_{CC} = 6.89 \text{ m} - 4.86 \text{ m}$$

$$H_{CC} = 2.03 \text{ m}$$

- Cálculo de carga de columna

Fórmula

$$C_C = H_{cc} \times C_{cc}$$

Donde:

$C_C = \text{Carga de columna (kg)}$

$H_{cc} = \text{Alt. de carga de columnas (m)}$

$C_{cc} = \text{Concentración de carga de columna } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}}\right)$

$$C_C = H_{cc} \times C_{cc}$$

$$C_C = 2.03 \text{ m} \times 5.16 \text{ kg/m}$$

$$C_C = 10.47 \text{ kg}$$

- Cálculo de carga total del taladro

Fórmula

$$C_{\text{total}} = C_f + C_c$$

Donde:

$C_{\text{total}} = \text{Carga total del taladro } \left(\frac{\text{kg}}{\text{taladro}}\right)$

$C_f = \text{Carga de fondo (kg)}$

$C_c = \text{Carga de columna (kg)}$

$$C_{\text{total}} = C_f + C_c$$

$$C_{\text{total}} = 8.35 \text{ kg} + 10.47 \text{ kg}$$

$$C_{\text{total}} = 18.82 \text{ kg/taladro}$$

- Cálculo de Carga específica

Fórmula

$$C_e = \frac{n^{\circ}\text{taladro} \times C_t}{H \times A \times B}$$

Donde:

$$C_e = \text{Carga específica} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$C_{\text{total}} = \text{Carga total del taladro} \left( \frac{\text{kg}}{\text{taladro}} \right)$$

H = Alt. del banco

A = Ancho del banco

B<sub>p</sub> = Burden (m)

$$C_e = \frac{n^{\circ}\text{taladro} \times C_t}{H \times A \times B}$$

$$C_e = \frac{36 \times 18.82 \text{ kg/taladros}}{6 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 4.05 \text{ m}}$$

$$C_e = \frac{677.52 \text{ kg}}{121.5 \text{ m}^3}$$

$$C_e = 5 \text{ kg/m}^3$$

- Factor de carga

$$B_m \times E_m \times H_B \times \rho_r = T_m$$

$$4.05 \times 6.07 \times 6 \times 2.5 = T_m$$

$$368.75 = T_m$$

$$T_m \times N^{\circ}\text{taladros} = T_{fm}$$

$$368.75 \times 36 = T_{fm}$$

$$13,275 = T_{fm}$$

$$\rho_l = \rho_e \times \phi^2 = 1.31 \times 16 = 20.96$$

$$\rho_l \times H_c = \text{kg/explosivo}_m$$

$$20.96 \times 5.26 = \text{kg/explosivo}_m$$

$$110.25 = \text{kg/explosivo}_m$$

$$\text{Kg/explosivo}_m \times \text{N}^\circ\text{taladros} = \text{kg/explosivo}_{fm}$$

$$110.25 \times 36 = \text{kg/explosivo}_{fm}$$

$$3,969 = \text{kg/explosivo}_{fm}$$

$$\frac{3,969}{13,275} \text{ kg/explosivo}_{fm} / T_{fm}$$

$$0.29 \text{ kg/explosivo}_{fm} / T_{fm}$$

### Modelo matemático de Ash (Roca Intermedia)

- Cálculo de Burden

Fórmula

$$B = \frac{Kb \times \phi}{12}$$

Donde:

B = Burden (pies)

$\phi$  = Diámetro del taladro(in)

Kb = Constante (observar cuadro)

Clase de roca	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Clase de roca		
		Blanda	Media	Dura
Baja densidad y potencia	0,8 a 0,9	30	25	20
Densidad y potencia medias	1,0 a 1,2	35	30	25
Alta densidad y potencia	1,2 a 1,6	40	35	30

$$B = \frac{K_b \times \phi}{12}$$

$$B = \frac{35 \times 4''}{12 \text{ pies}}$$

$$B = \frac{740}{12}$$

$$\mathbf{B = 11.6 \text{ pies} = 3.53 \text{ m}}$$

- Cálculo de longitud del taladro

Fórmula

$$L = K_e \times B$$

Donde:

$K_e$  = Constante de voladura ( $K_e$  / 1.5 al 4)

$$L = K_e \times B$$

$$L = 1.7 \times 3.53 \text{ m}$$

$$\mathbf{L = 6 \text{ m}}$$

- Cálculo de espaciamiento

Fórmula

$$E = K_e \times b$$

Donde:

$K_e$  = Constante de voladura

$K_e = 2,0$  ( iniciacion simultanea de taladros)

$K_e = 1,0$  (taladros secuenciados con retardos largos)

$K_e = 1,2$  a  $1,8$  (taladros secuenciados con retardos cortos)

$$E = K_e \times b$$

$$E = 1.5 \times 3.53 \text{ m}$$

$$E = 5.29 \text{ m}$$

- Cálculo de taco

Fórmula

$$T = Kt \times B$$

Donde:

$Kt$  = Constante de voladura ( $Kt / 0,7$  y  $1,6$ )

$$T = Kt \times B$$

$$T = 0.7 \times 3.53 \text{ m}$$

$$T = 2.47 \text{ m}$$

- Cálculo de sobre perforación

Fórmula

$$Sp = Ks \times B$$

Donde:

$Ks$  = Constante de voladura ( $Ks / 0.2$  y  $1$ )

$$Sp = Ks \times B$$

$$Sp = 0.2 \times 3.53 \text{ m}$$

$$Sp = 0.70 \text{ m}$$

### Cálculos de malla de perforación:

De manera teórica

- Cálculo de Burden Máximo (cálculo empírico o práctico)

Fórmula

$$B_{\max} = \frac{45 \times \emptyset}{1000}$$

Donde:

$B_{\max}$  = Burden maximo(m)

$\emptyset$  = Diámetro de la broca (mm)

$$B_{\max} = \frac{45 \times \emptyset}{1000}$$

$$B_{\max} = \frac{45 \times 101.6}{1000}$$

$$B_{\max} = \frac{4572}{1000}$$

$$B_{\max} = 4.58 \text{ m}$$

- Cálculo de concentración de carga de fondo

Fórmula

$$C_{cf} = \frac{\varnothing^2}{1000}$$

Donde:

$C_{cf}$  = Concentración de carga de fondo ( $\frac{\text{kg}}{\text{m}}$ )

$\varnothing$  = Diámetro de la broca (mm)

$$C_{cf} = \frac{\varnothing^2}{1000}$$

$$C_{cf} = \frac{101.6 \text{ mm}^2}{1000}$$

$$C_{cf} = \frac{10322.6}{1000}$$

$$C_{cf} = 10.32 \text{ kg/m}$$

- Cálculo de altura de carga de fondo

Fórmula

$$H_{cf} = 0.2 \times B$$

Donde:

$H_{cf}$  = Alt. de carga de fondo(m)

B = Burden(m)

$$H_{cf} = 0.2 \times B$$

$$H_{cf} = 0.2 \times 3.53 \text{ m}$$

$$H_{cf} = 0.71 \text{ m}$$

- Cálculo de carga de fondo

Fórmula

$$C_f = H_{cf} \times C_{cf}$$

Donde:

C<sub>f</sub> = Carga de fondo (kg)

H<sub>cf</sub> = Alt. de carga de fondo (m)

C<sub>cf</sub> = Concentración de carga de fondo ( $\frac{\text{kg}}{\text{m}}$ )

$$C_f = H_{cf} \times C_{cf}$$

$$C_f = 0.71 \text{ m} \times 10.32 \text{ kg/m}$$

$$C_f = 7.33 \text{ kg}$$

- Cálculo de concentración de carga de columna

Fórmula

$$C_{cc} = \frac{C_{cf}}{2}$$

Donde:

C<sub>cc</sub> = Concentración de carga de columna ( $\frac{\text{kg}}{\text{m}}$ )

C<sub>cf</sub> = Concentración de carga de fondo ( $\frac{\text{kg}}{\text{m}}$ )

$$C_{cc} = \frac{C_{cf}}{2}$$

$$C_{cc} = \frac{10.32 \text{ kg/m}}{2}$$

$$C_{cc} = 5.16 \text{ kg/m}$$

- Cálculo de retacado

Fórmula

$$\text{Ret} = B$$

Donde:

Ret = Retacado (m)

B = Burden(m)

$$\text{Ret} = B$$

$$\text{Ret} = 3.53 \text{ m}$$

- Cálculo de altura de carga de columna

Formula

$$H_{CC} = L_t - (H_{cf} + Ret)$$

Donde:

$H_{CC}$  = Alt. de carga de columna (m)

$L_t$  = Long. del taladro (m)

$H_{cf}$  = Alt. de carga de fondo (m)

$$H_{CC} = L_t - (H_{cf} + Ret)$$

$$H_{CC} = 6 \text{ m} - (0.71 \text{ m} + 3.53 \text{ m})$$

$$\mathbf{H_{CC} = 6 \text{ m} - 4.24 \text{ m}}$$

$$\mathbf{H_{CC} = 1.76 \text{ m}}$$

- Cálculo de carga de columna

Fórmula

$$C_C = H_{CC} \times C_{CC}$$

Donde:

$C_C$  = Carga de columna (kg)

$H_{CC}$  = Alt. de carga de columnas (m)

$C_{CC}$  = Concentración de carga de columna ( $\frac{\text{kg}}{\text{m}}$ )

$$C_C = H_{CC} \times C_{CC}$$

$$C_C = 1.76 \text{ m} \times 5.16 \text{ kg/m}$$

$$\mathbf{C_C = 9.08 \text{ kg}}$$

- Cálculo de carga total del taladro

Fórmula

$$C_{\text{total}} = C_f + C_c$$

Donde:

$C_{\text{total}}$  = Carga total del taladro ( $\frac{\text{kg}}{\text{taladro}}$ )

$C_f$  = Carga de fondo (kg)

$C_c$  = Carga de columna (kg)

$$C_{\text{total}} = C_f + C_c$$

$$C_{\text{total}} = 7.33 \text{ kg} + 9.08 \text{ kg}$$

$$C_{\text{total}} = 16.41 \text{ kg/taladro}$$

- Cálculo de Carga específica

Fórmula

$$C_e = \frac{n^{\circ}\text{taladro} \times C_t}{H \times A \times B}$$

Donde:

$$C_e = \text{Carga específica} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$C_{\text{total}} = \text{Carga total del taladro} \left( \frac{\text{kg}}{\text{taladro}} \right)$$

H = Alt. del banco

A = Ancho del banco

B<sub>p</sub> = Burden (m)

$$C_e = \frac{n^{\circ}\text{taladro} \times C_t}{H \times A \times B}$$

$$C_e = \frac{53 \times 16.41 \text{ kg/taladros}}{6 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 3.53 \text{ m}}$$

$$C_e = \frac{869.73 \text{ kg}}{105.9 \text{ m}^3}$$

$$C_e = 8 \text{ kg/m}^3$$

- Factor de carga

$$B_r \times E_r \times H_B \times \rho_r = T_m$$

$$3.53 \times 5.29 \times 6 \times 2.5 = T_m$$

$$280.10 = T_m$$

$$T_m \times N^{\circ}\text{taladros} = T_{\text{fm}}$$

$$280.10 \times 53 = T_{\text{fm}}$$

$$14,845.3 = T_{\text{fm}}$$

$$\rho_l = \rho_e \times \emptyset^2 = 1.31 \times 16 = 20.96$$

$$\rho_l \times H_c = \text{kg/explosivo}_m$$

$$20.96 \times 4.58 = \text{kg/explosivo}_m$$

$$95.99 = \text{kg/explosivo}_m$$

$$\text{Kg/explosivo}_m \times N^\circ\text{taladros} = \text{kg/explosivo}_{fm}$$

$$95.99 \times 53 = \text{kg/explosivo}_{fm}$$

$$5,087.47 = \text{kg/explosivo}_{fm}$$

$$\frac{5,087.47}{14,845.3} \text{ kg/explosivo}_{fm} / T_{fm}$$

$$0.34 \text{ kg/explosivo}_{fm} / T_{fm}$$

Tabla 9: Recopilación de cálculo de malla de perforación para la roca mala y regular

Malla de perforación	Roca mala	Roca regular
Burden máximo teórico	4.58 m	4.58 m
Sobre perforación	0.81 m	0.70 m
Long. de taladro	6.89 m	6 m
Error de perforación	0.26 m	0.23 m
Burden practico	4.05 m	3.53 m
Espaciamiento	6.07 m	5.29 m
Concentración de carga de fondo	10.32 kg/m	10.32 kg/m
Alt. de carga de fondo	0.81 m	0.71 m
Carga de fondo	8.35 kg	7.33 kg
Concentración de carga columna	5.16 kg/m	5.16 kg/m
Alt. de carga de columna	2.03 m	1.76 m
Carga de columnas	10.47 kg	9.08 kg

Carga de total de taladros	18.82 kg/taladro	16.41 kg/ taladro
Carga especificas	5 kg explosivo/m <sup>3</sup> roca volada	8 kg explosivo/m <sup>3</sup> roca volada
Perforación especifica	0.046 m perforación/m <sup>3</sup> roca volada	0.053 perforación/m <sup>3</sup> roca volada
Numero de taladros	36 taladros	53 taladros

Fuente: Elaboración propia

Se visualiza en los cálculos realizados de la roca mala e intermedia del tajo Santa Este que, a mayor cantidad de taladros, mayor es el desgaste de la broca de perforación y el Shanlc Adapter. Además, en la roca mala e intermedia siempre quedará los taladros, esto quiere decir que la broca de perforación se queda atascada y es fácil de sacar.

De acuerdo con los cálculos realizados se diseñó la malla de perforación haciendo uso del programa AutoCAD.

**- Diseño de Malla de roca mala:**

A continuación, se muestra el dibujo de la malla de perforación:

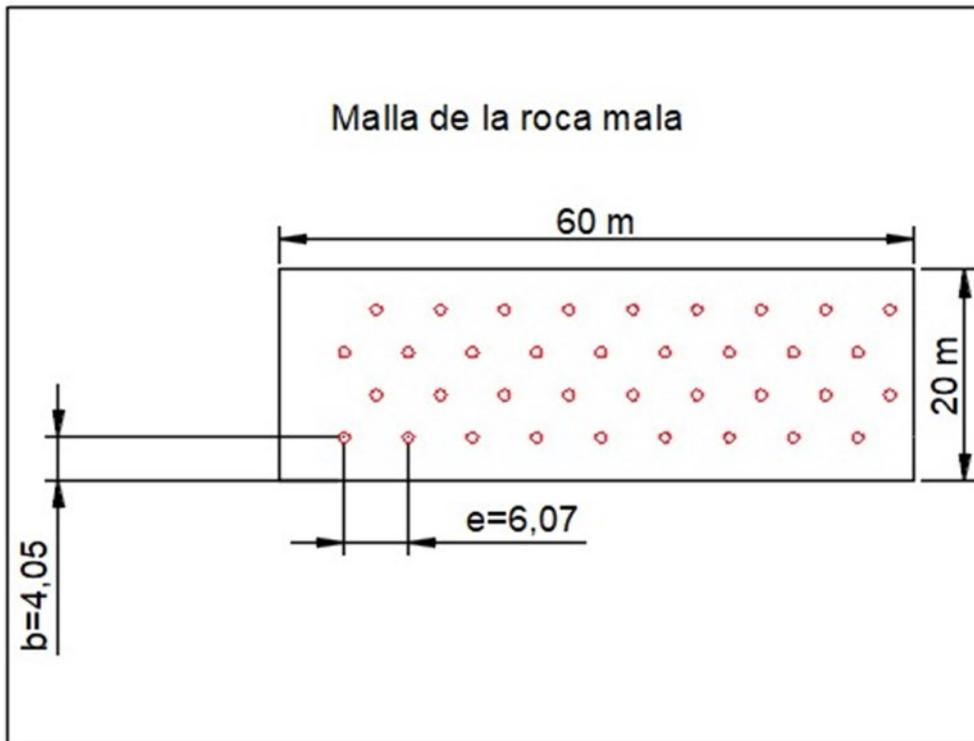


Figura 9: Diseño de la malla de perforación de la roca mala en AutoCAD.

En la imagen se puede apreciar según el diseño propuesto la longitud de perforación de  $1200m^2$ , en el cual el banco se verifica con sus dimensiones de ancho: 60 m y largo: 20 m, contamos con 36 números de taladros. Cabe recalcar que el burden es de 4.05 m que representa la distancia del taladro a la cara libre y el espaciamento de 6.07 m que representa la distancia entre taladros, sin tomar en cuenta en buffer ni el pre – corte por que ocasiona mayor costo.

**- Diseño de Malla de roca regular:**

A continuación, presentamos el dibujo de la malla de perforación:

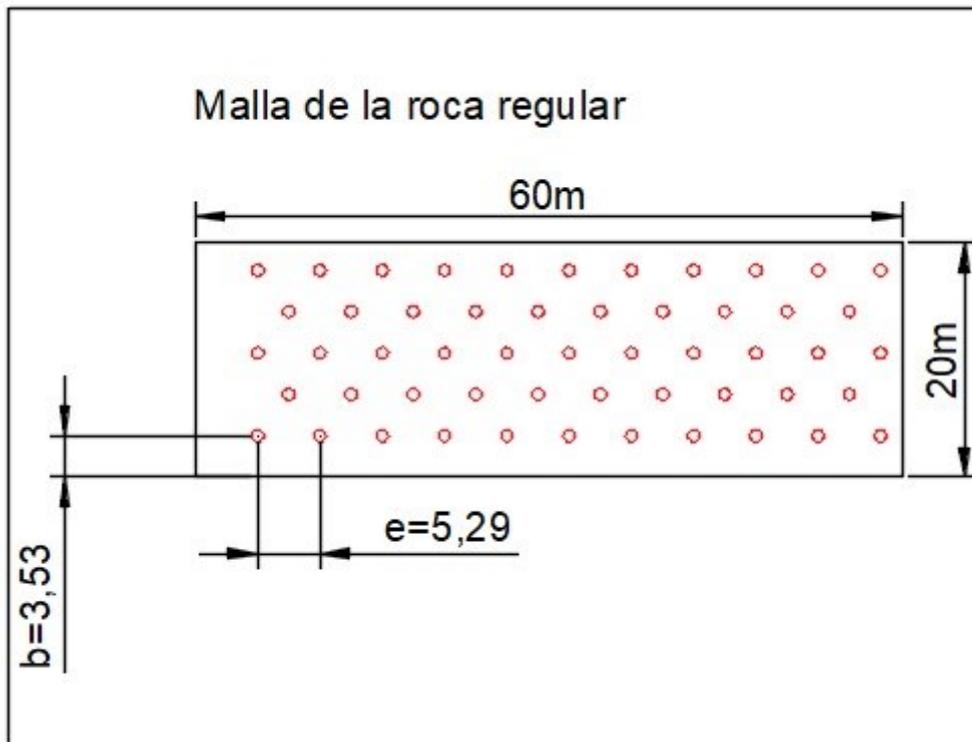


Figura 10: Diseño de la malla de perforación de la roca regular en AutoCAD.

En la imagen se puede apreciar según el diseño propuesto la longitud de perforación de  $1200m^2$ , en el cual el banco se verifica con sus dimensiones de ancho: 60 m y largo: 20 m, contamos con 53 números de taladros. Cabe recalcar que el burden es de 3.53 m que representa la distancia del taladro a la cara libre y el espaciamiento de 5.29 m que representa la distancia entre taladros, sin tomar en cuenta en buffer ni el pre – corte por que ocasiona mayor costo.

#### 4.3.3. Evaluación de la fragmentación de rocas

Actualmente Tajo Santa Este está operando con un banco de 6 metros, lanzan explosivos controlados por una malla triangular de 60 metros de largo y 20 metros de ancho. Para la carga de las columnas se trabaja con HEAVY ANFO con una densidad de matriz  $1.31 g/m^3$ . Toda la información mencionada ha sido facilitada por los responsables de la explosión y se muestra la granulometría que ahora funciona.

Tabla 10: Granulometría actual del Tajo Santa Este después de la voladura

Granulometría de la voladura		
Granulometría	4-5	Pulg.
Porcentaje	25 %	Roca grande
	75 %	Roca buena

Fuente: Tajo Santa Este.

Como se puede estudiar en la tabla, la granulometría se produce según el método de perforación, que se realiza y produce en el Tajo Santa Este. La granulometría está representada por los bancos explotados que se muestran 4 a 5 pulgadas. Además, la proporción de rocas grandes es del 25% y de rocas buena del 75%.

Entonces, utilizando el software JK Simblast, se realizó una simulación con una malla de perforación para realizar un análisis granulométrico.

#### - Granulometría de la malla de roca mala utilizando el JK Simblast

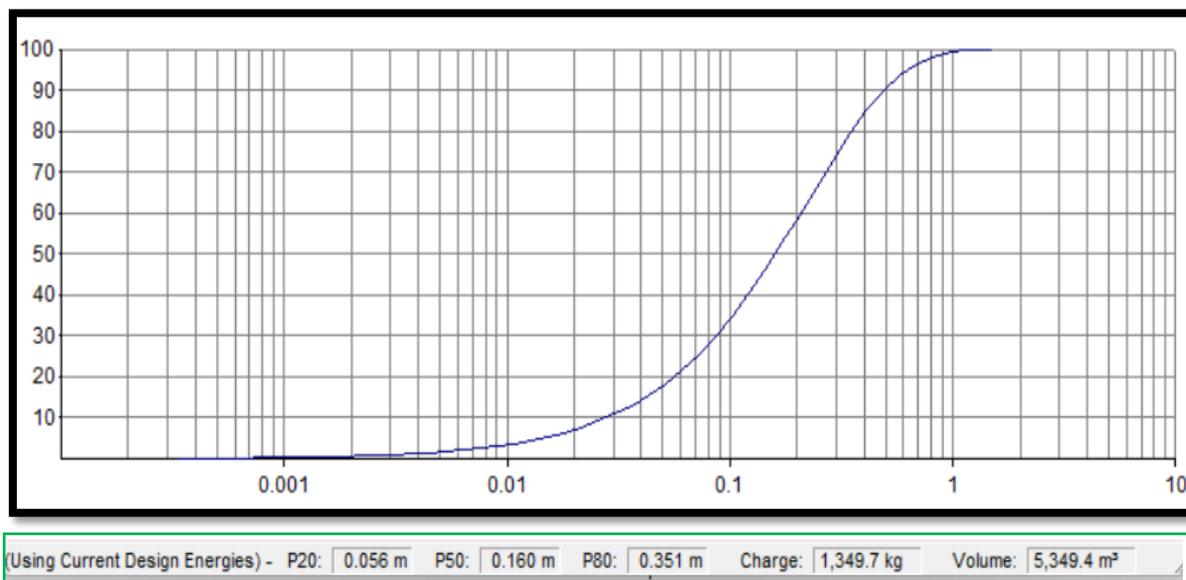


Figura 11: Granulometría de la malla con una roca mala en el JK Simblast.

La distribución del tamaño de partículas proporcionada por el software JK Simblast se muestra junto con los datos proporcionados y calculados a partir de la malla de perforación de una roca mala. El análisis de granulometría de las muestras P20, P50 y P80 está marcado con un cuadro verde. Esta imagen muestra el tamaño de las rocas después de la explosión, mostrando un tamaño de 0,056 m a 0,351 m. Eso es equivalente al tamaño de roca de 2 a 14 pulgadas como se mencionó.

- **Granulometría de la malla de roca regular utilizando el JK Simblast**

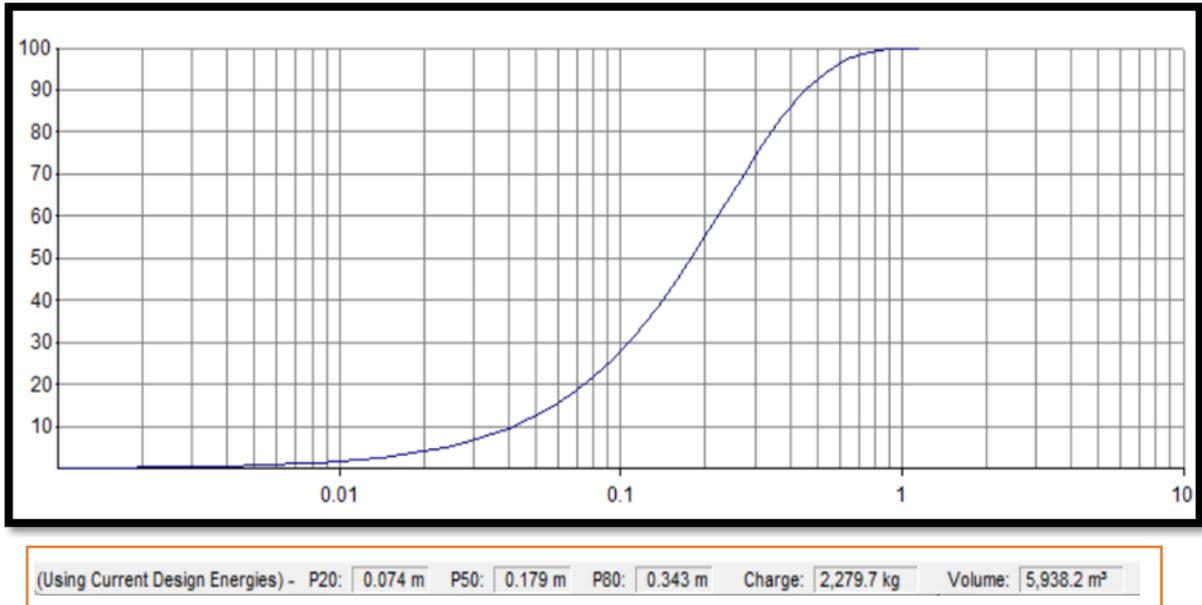


Figura 12: Granulometría de la malla con una roca regular en el JK Simblast.

La distribución del tamaño de partículas proporcionada por el software JK Simblast se muestra junto con los datos proporcionados y calculados a partir de la malla de perforación de una roca regular. El análisis de granulometría de las muestras P20, P50 y P80 está marcado con un cuadro rojo. Esta imagen muestra el tamaño de las rocas después de la explosión, mostrando un tamaño de 0,074 m a 0,343 m. Eso es equivalente al tamaño de roca de 3 a 14 pulgadas como se mencionó.

Tabla 11: Comparativa de la granulometría en la malla de perforación

Malla actual		Malla con roca mala		Malla con roca regular	
Granulometría		Granulometría		Granulometría	
4-5	pulgadas	2-14		3-14	pulgadas
Porcentaje		Porcentaje		Porcentaje	
25 %	75 %	20%	80%	20 %	80 %

Roca grande	Roca de buen tamaño	Roca grande	Roca de buen tamaño	Roca grande	Roca de buen tamaño
-------------	---------------------	-------------	---------------------	-------------	---------------------

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis granulométrico, la malla de perforación prevista ha mejorado la granulometría, ya que durante el muestreo se determina el tamaño y porcentaje de las rocas. Se muestra una comparación de la malla actual con la malla propuesta.

### Análisis e interpretación de la Fragmentación de la roca mala utilizando los softwares Wipfrag y Split Desktop.

- Análisis de la fragmentación de la roca mala con el software Wipfrag

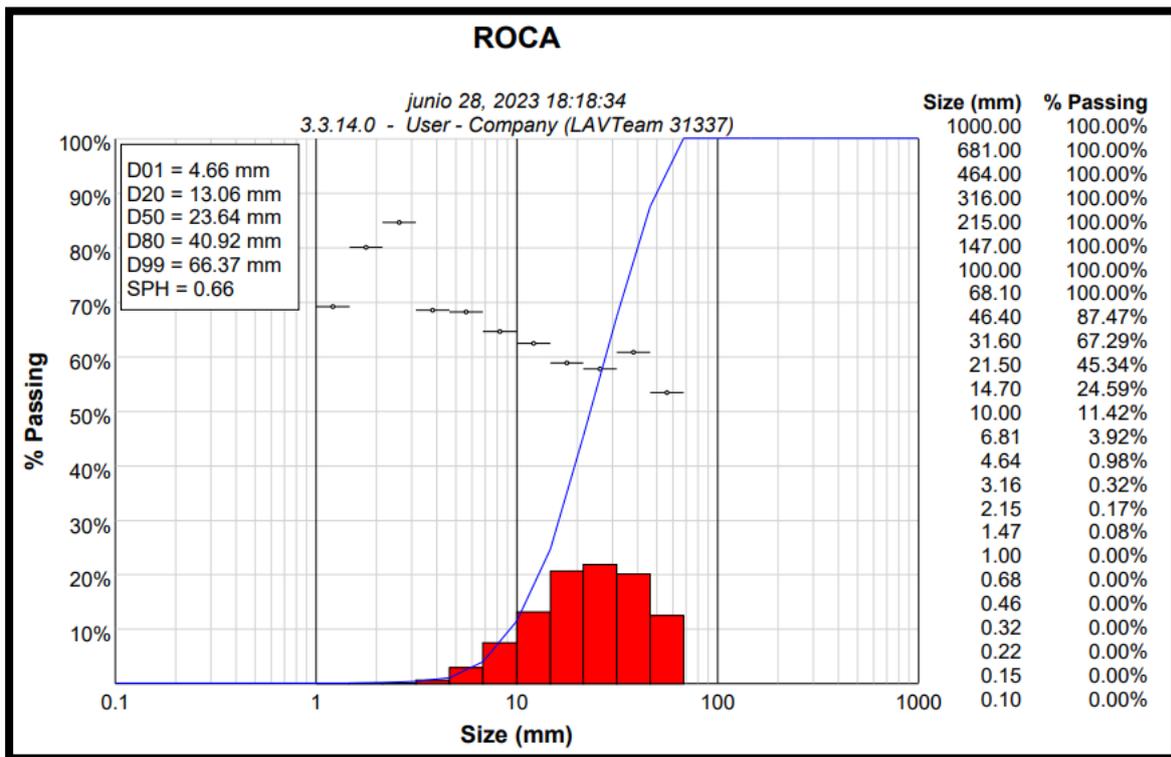


Figura 13: Curva Granulométrica de la roca mala en el WipFrag.

Según el análisis de fragmentación de la roca mala se realizó una prueba del material volado, el cual se obtuvo como resultado del software WipFrag el tamaño de partículas basado en imágenes con el promedio P20 con 13.06 mm, P50 con 23.64 mm y P80 con 40.92 mm tomando en cuenta la talla en milímetros y el pasante en porcentaje, y así se determinó la mediana de los tamaños de los

fragmentos. Con lo que se confirma que para fragmentar una roca con eficiencia debe utilizarse su resistencia a la tensión en lugar de su resistencia a la compresión.



Figura 14: Material volado que se aplicó para el software WipFrag.

- Análisis de la fragmentación de la roca mala con el software Split Desktop.

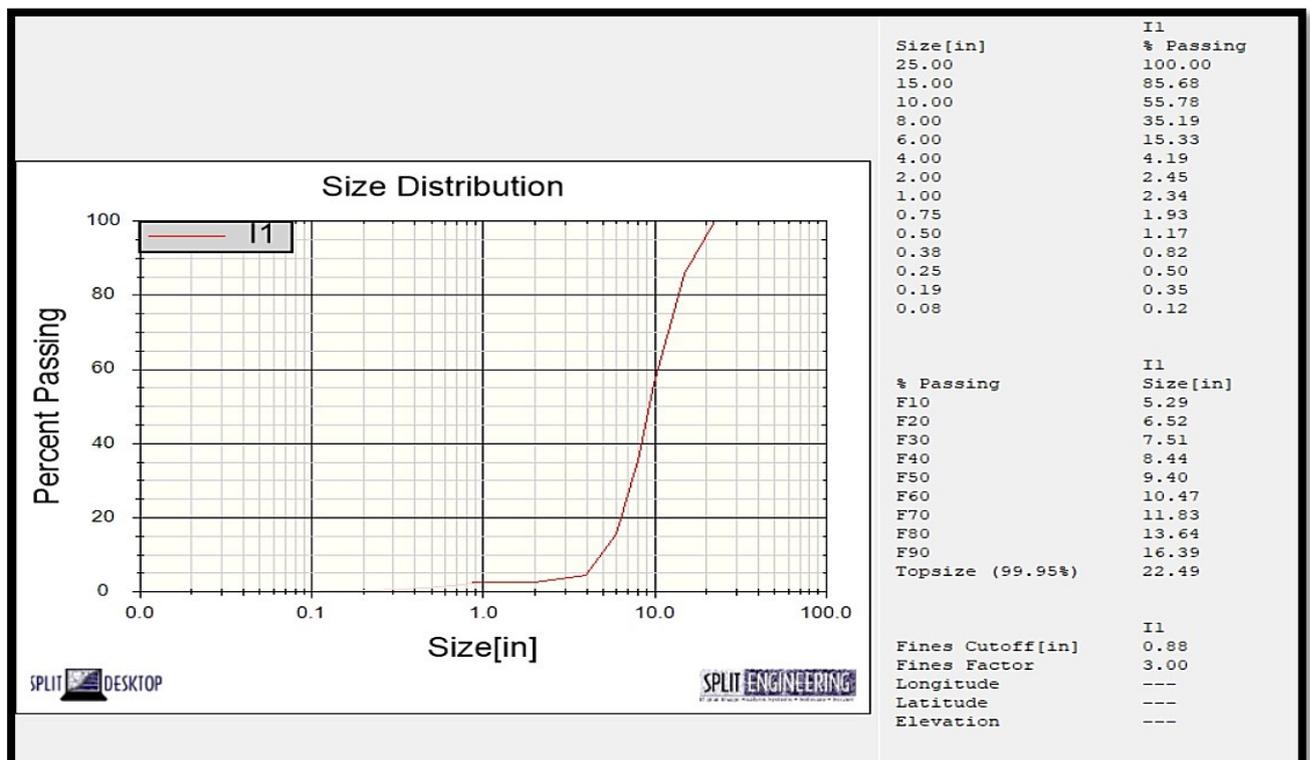


Figura 15: Curva Granulométrica de la roca mala en el Split Desktop.

Según el análisis de fragmentación de la roca mala se realizó una prueba del material volado, el cual se obtuvo como resultado del software Split Desktop que determinó el tamaño de roca de forma manual con el promedio P20 con 6.52 in, P50 con 9.40 in y P80 con 13.64 in tomando en cuenta el pasante en porcentaje y la talla en pulgadas, y así se determinó la mediana de los tamaños de los fragmentos. Con lo que se confirma que para fragmentar una roca con eficiencia debe utilizarse su resistencia a la tensión en lugar de su resistencia a la compresión.

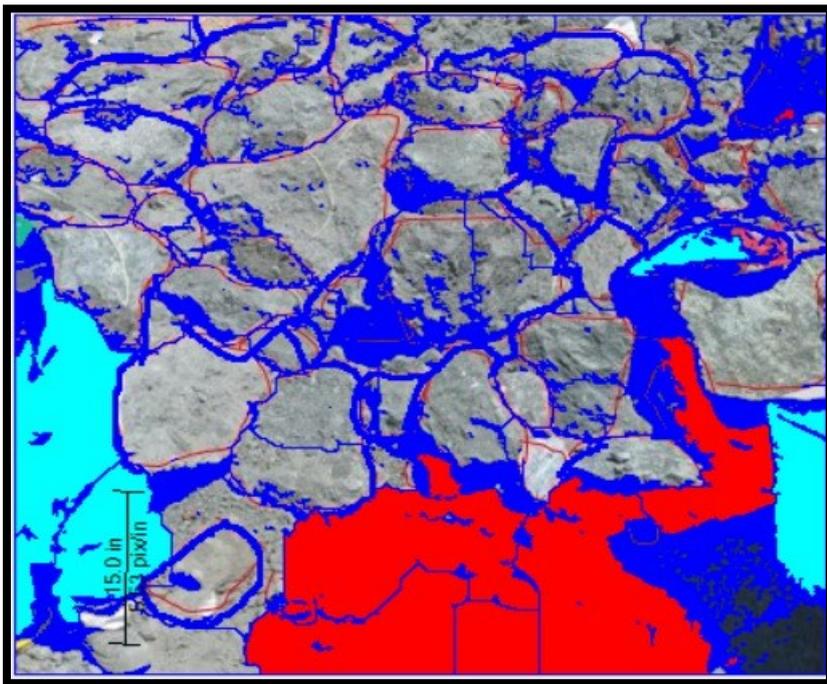


Figura 16: Material volado que se aplicó para el software Split Desktop.

Se hizo la simulación con 3 softwares llegando a la conclusión que son herramientas muy importantes para definir los cálculos respectivos utilizando los modelos matemáticos, especialmente el modelo matemático de Ash en cual ha sido experimentado en el estudio.

#### **4.4. De acuerdo con el cuarto objetivo de analizar el costo de perforación del nuevo diseño de la malla en la Minera Iscaycruz.**

##### **4.4.1. Análisis de costos**

Tabla 12: Costos de malla de perforación con roca regular

CÁLCULO DEL COSTO DE PERFORACION		
Año	12	Meses
Mes	30	Días
Día	24	Horas

DISPONIBILIDAD MECANICA(DM)	0.8
COEFICIENTE DE UTILIZACION(U)	0.7

PERFORADORA ROCK DRILL		
Costo de mano de obra	7.23	\$/hr
Costo de equipos	33.53	\$/hr
TOTAL	40.76	\$/hr

Costo de broca	63.38	\$	
Costo de reacondicionamiento	5	\$	
Vida útil broca	250.00 m	820.21	pies
COSTO	0.274	\$/m	
Costo barra	105	\$	
Vida útil barra	600.00 m	1968.5	pies
COSTO	0.034	\$/m	

Velocidad de perforación	15	m/h	0.0042	m/s
Costo total de broca y barra	6.73	\$/h		
COSTO TOTAL	47.49	\$/hr		
Horas efectivas de la perforación	403.20	hr/mes	4838.40	hr/año

Horas efectivas de la perforadora	13.44	hr/día		
Producción de la perforadora	6048	m/mes		
Producción de la perforadora	201.6	m/día		

Altura de Banco	=	6.00	m
Sobre perforación	=	0.70	m

Burden	=	3.53	m		
Espaciamiento	=	5.29	m		
Sobre perforación	=	0.70	m		
Longitud de taladro	=	6	m		
Taco	=	2.47	m		
Longitud de carga	=	3.53	m		
Densidad	=	2.5	Tn/m <sup>3</sup>		
Volumen (BxSxH)/Taladro	=	112.04	m <sup>3</sup> /talad		
Tonelaje/ taladro	=	280.11	ton/talad		
Tonelaje/m	=	46.68	Tn/m		
Tonelaje horario	=	700.26	Tn/h		
Tonelaje diario	=	9,411.54	Tn/día	por cada perforadora	
Reservas	=	95,000,000.00	Tn		
Producción requerida	=	10,000	Tn/día		
No perforadoras	=	1.06	=	1	<i>Perforadoras</i>
COSTO TOTAL DE PERFORACION		=	0.068	\$/Tn	
			3.17	\$/pie	
			10.39	\$/m	
Gasto de producción/día		=	678141.70		

Gastos administrativos (15%)	=	24,840.00		
TOTAL	=	702,981.70	\$	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se visualiza la variación en metros de perforados y costo en el consumo del manejo de ello, que en este caso nos dio 1.06 que equivale a 1 perforadora, esto quiere decir que el costo de perforación se da en 0.068 \$/Tn, que hace referencia a 10.39 \$/m, de acuerdo a la malla propuesta y la malla actual de la Minera Iscaycruz.

Tabla 13: Costos de malla de perforación con roca mala

CÁLCULO DEL COSTO DE PERFORACION		
Año	12	meses
Mes	30	días
Día	24	horas

DISPONIBILIDAD MECANICA(DM)	0.8
COEFICIENTE DE UTILIZACION(U)	0.7

PERFORADORA ROCK DRILL			
Costo de mano de obra	7.23	\$/hr	
Costo de equipos	33.53	\$/hr	
TOTAL	40.76	\$/hr	
Costo de broca	63.38	\$	
Costo de reacondicionamiento	5	\$	
Vida útil broca	250.00 m	820.21	pies
COSTO	0.274	\$/m	

Costo barra	105	\$		
Vida útil barra	600.00 m	1968.5	pies	
COSTO	0.175	\$/m		
Velocidad de perforación	15	m/h	0.0042	m/s
Costo total de broca y barra	6.73	\$/h		
COSTO TOTAL	47.49	\$/hr		
Horas efectivas de la perforación	403.20	hr/mes	4838.40	hr/año
Horas efectivas de la perforadora	13.44	hr/día		
Producción de la perforadora	6048	m/mes		
Producción de la perforadora	201.6	m/día		

Altura de Banco	=	6	m
Sobre perforación	=	0.81	m

Burden	=	4.05	m		
Espaciamiento	=	6.07	m		
Sobre perforación	=	0.81	m		
Longitud de taladro	=	6.89	m		
Taco	=	2.84	m		
Longitud de carga	=	4.05	m		
Densidad	=	2.5	Tn/m3		

Volumen (BxSxH)/Taladro	=	147.50	m <sup>3</sup> /talad		
Tonelaje/ taladro	=	368.75	ton/talad		
Tonelaje/m	=	53.52	Tn/m		
Tonelaje horario	=	802.80	Tn/h		
Tonelaje diario	=	10,789.62	Tn/día	por cada perforadora	
Reservas	=	95,000,000.00	Tn		
Producción requerida	=	10,000	Tn/día		
No perforadoras	=	0.93	=	1	Perforadoras
COSTO TOTAL DE PERFORACION		=	0.059	\$/Tn	
			3.17	\$/pie	
			10.39	\$/m	
Gasto de producción/día	=	591527.70			
Gastos administrativos (15%)	=	24,840.00			
TOTAL	=	616,367.70		\$	

En la tabla se visualiza la variación en metros de perforados y costo en el consumo del manejo de ello, que en este caso nos dio 0.93 que equivale a 1 perforadora, esto quiere decir que el costo de perforación se da en 0.059 \$/Tn, que hace referencia a 10.39 \$/m, de acuerdo a la malla propuesta y la malla actual de la Minera Iscaycruz.

**Tabla 14: Costos de mantenimiento de maquinarias**

COSTO DE MAQUINARIAS		
Maquinarias	Costo de mantenimiento	
Perforadora Rock Drill	85.00	\$
Excavadora Hidráulica 336DL	51.50	\$
Cisterna	24.00	\$
Volquete	22.50	\$
Cargador Frontal 996 CAT	21.00	\$
Tractor sobre orugas D8	81.00	\$
Total	285.00	\$

En la tabla se visualiza el costo de maquinarias por mantenimiento en el diseño de malla propuesta de perforación para la roca mala y regular en la Minera Iscaycruz, en el cual es un costo total de 280.00 \$.

## V. DISCUSIÓN

De acuerdo con el primer objetivo de identificar el tipo de roca mediante la geología regional, estructural, local y económica de la Minera Iscaycruz, se obtuvo los resultados de las formaciones presentes del área de Geomecánica, según los datos de la Minera Iscaycruz. Así como también, se muestra el tipo de roca en la geología local, justo el punto de la concesión obtenido del plan de gestión Geomecánico. En su geología regional se destaca la estratigrafía para dar a conocer de cómo se aflora la roca, de tal manera que los efectos de la geología estructural dan como resultados la estratigrafía de la zona, también se identificó las fallas (paralelas y transversal), pliegues y contactos geológicos que ocurren dentro del área permitido. Por último, en los resultados de la geología económica se denota el mineral predominante y la mineralización del tajo Santa Este. De esta manera **HANCCO (2022) en su tesis "Diseño de malla de perforación mediante la clasificación de rocas para uniformar la fragmentación en el aprovechamiento de la cantera Oscollo - Espinar"** en su tesis el investigador realizó como objetivo clasificar geomecánicamente el macizo rocoso para definir sus características estructurales. Dando consigo la confianza y la necesidad de la evaluación del resultado de la fragmentación obtenida con la aplicación de la malla de perforación diseñada a partir del ajuste geológico del macizo rocoso, en que esto se basó en calcular la característica de ello. Así mismo, **CHINCHAY (2018), en su tesis "Diseño de malla de perforación basadas en los modelos geomecánicos para mejorar las operaciones en minería subterránea – 2018"** realizó en su investigación optimizar los resultados de la voladura complementando el estudio de la geología y el análisis geomecánica. Como resultado se obtuvo una buena fragmentación, buena estabilidad de las labores y una buena proyección del material fragmentado en las operaciones.

De igual modo, con el segundo objetivo caracterizar el estudio geomecánico de la fragmentación en la Minera Iscaycruz. Se demostró el tipo de roca predominante según los resultados de la clasificación de la roca mediante el RMR donde se halló el número que indique la situación de estabilidad de la roca de todo los parámetros, en el RQD se midió el grado de fragmentación, el GSI se conoció la clasificación de

la resistencia de los parámetros y deformación del macizo rocoso basado en la fallas y en el ensayo de compresión simple se permitió clasificar la roca según su resistencia, así mismo se obtuvo una roca media de clase III. Respaldo los resultados con el trabajo de los investigadores, **UYAGUARI (2018) con su tesis “Diseño de mallas de perforación basados en clasificaciones geomecánicas para mejorar el despliegue de explosivos en Galerías Nivel 2 1/2 del Proyecto Minero El Inca “**. El objetivo era comprobar la clasificación RMR, RQD y GSI de la roca principal. Es decir, el análisis de datos geomecánicos es la clave para trasladar la calidad de la roca al diseño del coeficiente de explosión y el resultado del tipo de roca estudiada. De tal modo, **INGA (2016) en su investigación “Geomecánica y diseño de malla de perforación para optimizar las operaciones de voladura en el nivel 940 en la empresa minera Raura”** con su finalidad de determinar las propiedades geomecánicas de la roca para crear el diseño de malla de perforación. En el cual se proporcionó una evaluación geomecánica global del macizo rocoso y se estimó la calidad y parámetros de resistencia de ello. Contando con la resistencia a compresión simple en el cual se logró el esfuerzo que soporta la roca, ya que permitió mejorar la actividad de la voladura con una validación positivamente.

Así mismo, el tercer objetivo de elaborar el diseño de una malla de perforación para la mejora de la fragmentación en la Minera Iscaycruz. Se evidenció el diseño de la malla de perforación con el modelo matemático de Ash, donde se aplicó cálculos para así poder obtener el número de taladros y una buena perforación específica donde se denota el factor de carga y la estructura de los taladros separados contando con el burden y espaciamiento. El método de perforación actual no brinda un buen fracturamiento de la roca, como resultado se elaboró una malla de perforación propuesta para la mejora de la fragmentación y minimizar el costo de mantenimiento de las maquinas de la fase de carguío y acarreo del mineral. Se utilizó los softwares de AutoCAD para así realizar el diseño de malla de perforación en roca mala y regular, JK Simblast se efectuó la simulación para la roca mala y regular, WipFrag y Split – Desktop tuvo un análisis e interpretación para observar la fragmentación de la roca mala, el cual se halló la mediana de los tamaños de los fragmentos. Constando las investigaciones de **GONZALES Y CANCHAPOMA (2021) con su tesis "Uso de cápsulas de plasma para optimizar la**

**fragmentación de rocas en el tajo Santa Rosa – Cerro Pasco**" En su estudio, los investigadores se propusieron encontrar la malla de perforación adecuada que proporcione la separación adecuada. En su estudio, los investigadores se propusieron encontrar la malla de perforación adecuada que proporcione la separación adecuada. Así mismo, el autor **SALAZAR (2020) con su estudio "Un modelo matemático práctico de diseño de voladura para bancos"**, con su finalidad de analizar el estudio y modelo matemático de Ash para la generación de diseño de voladura de bancos. En el cual permitió establecer el burden y tomando dos parámetros, ya que se utilizó la constante en base el tipo de roca con el explosivo, contando con la velocidad sísmica del macizo rocoso para que así el constante pase a llamarse factor de corrección.

Por último, el cuarto objetivo analizar el costo de perforación del nuevo diseño de la malla en la Minera Iscaycruz. Se demostró el costo de consumo de la malla de perforación, tomando en cuenta la variación en metros de taladros para la malla propuesta tanto para los dos tipos de roca mala y regular. Se describió para la roca mala que 1 perforadora equivale a 0.93, esto quiere decir que el costo de perforación da 0.059 \$/Tn, que hace referencia a 10.39 \$/m y para la roca regular dio 1.06 que equivale a 1 perforadora, esto quiere decir que 0.068 \$/Tn hace referencia a 10.39 \$/m, de acuerdo a la malla propuesta y la malla actual de la Minera Iscaycruz. Se utilizó una densidad de 1.31 g/m<sup>3</sup> con el tipo de explosivo Anfo pesado de 64, para el diseño de la malla de perforación se hizo referencia el costo efectivo al mantenimiento de las máquinas que perforan. Los investigadores **ROJAS Y FLORES (2017) con su estudio "Diseño de malla de perforación para la construcción de costos con el nivel 1590 - Corporación Laces S.A.C - Arequipa"** tienen como finalidad permitir la reducción de costos de perforación y voladura. Se determina el diseño de la malla de perforación y el trabajo completo de voladura, por lo tanto, esto conduce al éxito del avance de la línea, ya que los taladros cargados han terminado su voladura (tiros cortados y/o sopladados), esto incluye reducción de costos. Finalmente, el autor **GOMEZ (2016) con su tesis "Diseño de malla de perforación basado en las mezclas explosivas a base de energías, para reducir costos de perforación en Aruntani - 2015"** con el objetivo de determinar el grado de optimización de los costos en perforación. Se visualizó

la optimización de los costos de perforación mediante el uso de un explosivo de mayor cantidad de energía (Anfo pesado), que redujo costos en un corto tiempo y proporciono ahorros monetarios anuales.

## VI. CONCLUSIONES

De acuerdo con la identificación del tipo de roca mediante la geología regional, estructural y local de la Minera Iscaycruz, concluyendo que el tipo de roca a utilizar es sedimentaria (caliza) que pertenece a la cuenca del cretáceo (mesozoico, exactamente en el terciario y cuaternario) situado por pliegues y sobre escurrimientos, consiste en una secuencia de rocas calcáreas y de lutitas bituminosas perteneciendo a la formación Santa. Además, tiene un movimiento orogénico andino y la intrusión magmática local, en el cual trae como consecuencia la presencia de sinclinales y anticlinales, con fallas paralelas y transversales. Tenemos presente que las rocas sedimentarias sufren movimientos fuertes estructurales después de la formación de los Andes, contando con cortes simultáneos que cuenta con los espaciados hasta 10m, por lo que la misma capa queda expuesta una y otra vez en la superficie. La geología aporta el estudio a la composición y estructura tanto interna como externa del macizo rocoso.

Por otro lado, la realización de los ensayos de dos testigos aplicando el estudio geomecánico para caracterizar la fragmentación en la Minera Iscaycruz, se concluye que el RQD tuvo como promedio 52%, según la escala de índice significa que es una roca media. El RMR obtuvo en el primer testigo el valor de 50, lo que se clasifica tipo roca III y en el segundo testigo tuvo el valor de 48, lo que es roca tipo III de calidad media. El GSI obtuvo 45 para el primer testigo y para el segundo se tuvo 43, lo que se clasifica según el resultado a una roca regular III. En tanto en el ensayo a compresión para la primera muestra se tuvo 38.485 Mpa y la para la segunda muestra dio 38.705 Mpa. El estudio geomecánico aporta de estudiar las deformaciones en las rocas, hasta poder determinar a veces su falla, en respuesta a los cambios de esfuerzos, presión, temperatura y sobre todo utilizando los parámetros para caracterizar.

Respecto a la elaboración del diseño de malla de perforación para la mejora de la fragmentación en la Minera Iscaycruz, se finaliza que al utilizar el modelo matemático de Ash permitió determinar el burden, cuenta con dos parámetros

en base al tipo de roca con el explosivo a utilizar y el segundo es el diámetro de taladro. Se obtuvieron cálculos para obtener los números de taladros y el factor de carga, donde se estudió para dos tipos de roca mala y regular que abarca el tajo Santa Este. Después se diseñó la malla con el software AutoCAD, se realizó una simulación con el JK Simblast para poder ver el análisis de la granulometría y WipFrag y Split – Desktop donde se analizó e interpretó el tamaño de la fragmentación de la roca mala. El diseño de malla de perforación tiene como afecto fundamental lograr una buena fragmentación de roca, dependiendo de parámetros como la calidad de roca y otros.

De acuerdo al análisis del costo de perforación del nuevo diseño de la malla en la Minera Iscaycruz, se concluye que los cálculos para la roca mala se obtuvieron un 0.65 que equivale a 1 perforadora, quiere decir que el costo de malla de perforación se da en 0.049 \$/Tn, que hace referencia a 6.43 \$/m y para la roca regular dio 0.56 que es igual a 1 perforadora, el costo de malla se da en 0.043 \$/Tn, equivale a 6.43 \$/m de acuerdo a la malla propuesta, tomando en cuenta la densidad de 1.31 g/m<sup>3</sup> con el tipo de explosivo HEAVY ANFO 64. El análisis del costo para una malla de perforación aporta todo el flujo efectivo que se refleja en la caja de la empresa sobre el tema de la perforación para el pago de salarios, servicios, etc. Por otro lado, la empresa cuenta con una restricción de datos sobre sus costos de perforación y mantenimiento, es por ello que se utilizó los mínimos costos para la malla de perforación propuesta en cual se dio a conocer.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda que la Mina Iscaycruz debe realizar un monitoreo permanente del diseño de malla de perforación para mejorar la fragmentación con el fin de reducir los costos de mantenimiento de las maquinarias.

Por otro lado, se recomienda tener un personal especializado en perforación: ingenieros, supervisores(capataz), operadores, con quienes se puede lograr los objetivos y metas trazadas en el planeamiento.

Se recomienda utilizar los softwares como JK Simblast, WipFrag y el Split Desktop entre otros debido a que estos se realizan trabajos de campo y no concuerdan en su totalidad, solamente se aproxima a los datos que se quiere obtener.

La presente recomendación es importante porque una malla de perforación debe ser calculada adecuadamente ya que depende de la perforadora en óptimas condiciones para obtener los resultados esperados.

## REFERENCIAS

1. Alfaro, Rene. Diseño de malla de perforación y voladura en la cantera sur para producción de roca escollera en la Cía minera el Brocal Cerro de Pasco. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional del Altiplano. 2016. <https://1library.co/document/yev6g71z-diseno-perforacion-voladura-cantera-produccion-escollera-minera-brocal.html>
2. Arias, Rusbel. Aplicación del método air deck intermedio para optimizar la fragmentación de roca ia-sil en zona stemming de taladros de producción en la Unidad Minera Cuajone 2020”. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional de Moquegua. 2021. Disponible: [file:///C:/Users/HOME/Downloads/D095\\_45593301\\_T-1648834829%20.pdf](file:///C:/Users/HOME/Downloads/D095_45593301_T-1648834829%20.pdf)
3. Barrientos, Rubén y Durand, Gabriel. Diseño de la malla de perforación para optimizar la fragmentación en el tajeo 6662 nivel 3780 veta Lilia en la Mina Socorro– Unidad Minera Uchucchacua – Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Continental. 2020. Disponible: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8574/5/IV\\_FI\\_N\\_110\\_TE\\_Barrientos\\_Durand\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8574/5/IV_FI_N_110_TE_Barrientos_Durand_2020.pdf)
4. Bonilla, Francisco. Muestreo. Universidad de la Salle Bajío A.C. 2021. Disponible: <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-de-la-salle-bajio-ac/estadistica/muestreo/18432209>
5. Buele, Juan. Optimización en los parámetros de perforación y voladura en el avance del túnel de la mina Cabo de Hornos. Tesis (Ingeniero de Minas). Universidad del Azuay. 2017. Disponible: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7439/1/13347.pdf>
6. Chávez, Yetson. Mejora de la granulometría mediante el diseño de malla de perforación y voladura aplicando el modelo de holmberg en la Galería 370

De La Zona Coturcan En La Mina Huancapeti – año 2015. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional “Santiago Antúnez De Mayolo. 2018.

Disponible:

[http://www.repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2240/T033\\_70839229\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2240/T033_70839229_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

7. Condori, Miguel y Velazco Marín. Optimización de perforación y voladura por el método de Roger Holmberg en minera aurífera Estrella de Chaparra S.A. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Tecnológica del Perú. 2021.

Disponible:

[https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4395/Miguel\\_Condori\\_Jhorlan\\_Velazco\\_Tesis\\_Titulo\\_Profesional\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4395/Miguel_Condori_Jhorlan_Velazco_Tesis_Titulo_Profesional_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

8. Correa, Pedro Y Martínez, Andrés. Diseño del sistema de perforación y voladura en los bancos D, E Y F en la mina de caliza el tesoro, contrato de Concesión ILI-16111 ubicada en La Vereda las Caleras del Municipio De Nobsa-Boyacá. Tesis (Ingenieros de minas). Universidad Pedagógica Tecnológica de Colombia. 2017. Disponible:

<https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2242/1/TGT-782.pdf>

9. Esteban, Nicomedes. Tipos de investigación. 2018. Disponible:

<https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>

10. Galarza, Carlos. Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 2021, vol. 10, no 1, p. 1-7. Disponible:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7890336>

11. Gómez, Rene. Modelo de fragmentación secundaria y colgaduras en minería de Caving. Tesis (Ingeniero Civil de Minas). Universidad de Chile. 2014.

Disponible:

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/116797/Modelo-de->

[fragmentacio%CC%81n-secundaria-y-colgaduras-en-mineri%CC%81a-de-caving.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8425/3/IV_FI_N_110_TE_Guillen_Soller_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

12. Guillen, Wilson. Optimización del diseño de malla de perforación para la estimación de costos operacionales en la zona de Pucaurco - Unidad Minera Pachancoto – Minas de Pachancoto S. A. 2019. Tesis (Ingeniero de Minas). Universidad Continental. 2020. Disponible: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8425/3/IV\\_FI\\_N\\_110\\_TE\\_Guillen\\_Soller\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8425/3/IV_FI_N_110_TE_Guillen_Soller_2020.pdf)
13. Hinostroza, Jaime. Optimización de la fragmentación en las rocas con la aplicación de la doble iniciación electrónica en la explotación de cobre porfirítico a cielo abierto. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2014. Disponible: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/4039>
14. Hanco, Rafael. Diseño de malla de perforación y voladura mediante la clasificación del macizo rocoso para uniformizar la fragmentación en la explotación de la Cantera Oscollo – Espinar. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional Del Altiplano. 2022. Disponible: [http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/18707/Hanco\\_Cruz\\_Rafael\\_Sandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/18707/Hanco_Cruz_Rafael_Sandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
15. Huacho, Michael. Diseño de mallas de perforación y voladura para mejorar avances en Nv. 12 – veta Oroya - Compañía Minera Casapalca S.A. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional del Centro del Perú. 2018. Disponible: [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5050/T010\\_70427151\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5050/T010_70427151_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
16. Huarza, Jhon. Modificación de la columna de carga conservando los parámetros de diseño, para optimizar el grado de acoplamiento y velocidad de penetración en Consorcio Vial El Arenal. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa. 2017. Disponible:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3254/MIhutajt09.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

17. Gómez, Wilber. Diseño de malla de perforación basado en la energía de mezclas explosivas, para optimizar costos de perforación y voladura en Aruntani SAC 2015. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional De Moquegua. 2016. Disponible: [https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/17/T\\_095\\_466994\\_02\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/17/T_095_466994_02_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
18. Inga, Willy. El diseño de malla de perforación y su influencia en la calidad de fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S. A. Lima 2020. Trabajo de Investigación (Bachiller para ingeniero de minas). Universidad Continental. 2020. Disponible: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9877/2/IV\\_FI\\_N\\_110\\_TI\\_Inga\\_Villazana\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9877/2/IV_FI_N_110_TI_Inga_Villazana_2020.pdf)
19. Inga, Carlos. La geomecánica y diseño de la malla de perforación para mejorar la eficiencia de voladura en el nivel 940 en Compañía Minera Raura S.A.C. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional Del Centro Del Perú. 2016. Disponible: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3864/Inga%20Mu%C3%B1oz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
20. Jimenez, Marco. Fragmentación de roca estéril implementando el diseño de malla de perforación y voladura para el uso como relleno detrítico del TJ 750 NV 1680 OB6, Compañía minera Nexa Resources - Cerro Lindo 2020. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Continental. 2021. Disponible: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10438/1/IV\\_FI\\_N\\_110\\_TE\\_Jimenez\\_Castro\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10438/1/IV_FI_N_110_TE_Jimenez_Castro_2021.pdf)

21. Marín, Jhoni. Perforación y voladura controlada para mejorar avance y sobrerotura en profundización de rampa Patrick V- Minera Aurífera Retamas S.A. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional del Centro del Perú. 2021. Disponible: <https://docplayer.es/220526394-Perforacion-y-voladura-controlada-para-mejorar-avance-y-sobrerotura-en-profundizacion-de-rampa-patrick-v-minera-aurifera-retamas-s-a.html>
22. Muntané, J. Introducción a la Investigación Básica. Revisiones temáticas. Disponible: [https://www.researchgate.net/publication/341343398\\_Introduccion\\_a\\_la\\_Investigacion\\_basica](https://www.researchgate.net/publication/341343398_Introduccion_a_la_Investigacion_basica)
23. Muñoz, Miguel. Grado de desempeño de los Parámetros de Voladura, para mejorar la calidad operacional, en la Unidad Minera La Virgen – Huamachuco. Tesis (Ingeniero de Minas). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. 2022. Disponible: [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2548/1/T026\\_73447077\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2548/1/T026_73447077_T.pdf)
24. Noa, Juan. Propuesta de implementación de proceso de voladura en interior mina en un frente con sección 3 x 3 metros. Trabajo de Investigación (Bachiller en Ingeniería de Minas). Universidad Continental. 2019. Disponible: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7702/3/IV\\_FI\\_N\\_110\\_TI\\_Noa\\_Ppacco\\_2019%20%281%29.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7702/3/IV_FI_N_110_TI_Noa_Ppacco_2019%20%281%29.pdf)
25. Noreña, Erle. Estandarización del proceso de perforación y voladura en labores de exploración y desarrollo, mediante la aplicación de emulsiones y detonadores no eléctricos, en la Unidad Minera Santa Filomena de la Empresa Sotrami S.A. Tesis (Ingeniero de Gestión Minera). Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas. 2020. Disponible: [file:///C:/Users/HOME/Downloads/Nore%C3%B1a\\_VE.pdf](file:///C:/Users/HOME/Downloads/Nore%C3%B1a_VE.pdf)

26. Novoa, Elmer. Estudio Geomecánico para Diseñar Malla y Optimizar Costos en Voladura en Concesión Minera Los Chancas III 5 Hnos - Bambamarca. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Cesar Vallejos.2021. Disponible: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/73911/Novoa\\_CE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/73911/Novoa_CE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
27. Ojeda, Rene. Diseño de mallas de perforación y voladura subterránea aplicando un modelo matemático de áreas de influencia. Disponible : [file:///C:/Users/Nallely/Downloads/DISENO DE MALLAS DE PERFORACION Y VOLADU.pdf](file:///C:/Users/Nallely/Downloads/DISENO_DE_MALLAS_DE_PERFORACION_Y_VOLADU.pdf)
28. Paucar, Michael. Diseño de malla de perforación y voladura en frentes para optimizar la voladura en la Mina San Genaro De La Cia. Minera Castrovirreyña S.A. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional del Centro del Perú. 2012. Disponible: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3173/Paucar%20Blanco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
29. Palomino, Henry. Optimización del proceso de perforación y voladura en las labores de desarrollo, para mejorar la eficiencia en Compañía Minera Poderosa s.a. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional de Trujillo. 2017. Disponible: <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5348/PALOMINO%20VIDAL%20HENRRY%20ALEXANDER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
30. Palacios, Luis. Diseño de malla de perforación - voladura y extracción de rocas para escolleras – Cantera Christopher – Carabayllo – 2019. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional del Centro del Perú. 2019. Disponible: [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5653/T010\\_44379651\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5653/T010_44379651_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

31. Paucar, Michael. Diseño de malla de perforación y voladura en frentes para optimizar la voladura en la Mina San Genaro De La Cia. Minera Castrovirreyña S.A. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional del Centro del Perú. 2012. Disponible: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3173/Paucar%20Blanco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
32. Quina, Edwin. Diseño de mallas de perforación y voladura en base a la energía explosiva del anfo pesado para optimizar la fragmentación de rocas en la Unidad Minera Arasi. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Continental. 2021. Disponible: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11807/1/IV\\_FI\\_N\\_110\\_TE\\_Quina\\_Valencia\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11807/1/IV_FI_N_110_TE_Quina_Valencia_2021.pdf)
33. Quispe, César. Análisis de la fragmentación resultante de voladura para la evaluación de la expansión de las mallas de perforación aplicando sistema de iniciación electrónico en Minera Coimolache-2016. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo. 2018. Disponible: [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2241/T033\\_47\\_468249\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2241/T033_47_468249_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
34. Ricse, Kevin. Diseño de malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación de roca en Mina Paola de Compañía Minera San Lucas S.A.C. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional Del Centro Del Perú. 2020. Disponible: [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6191/T010\\_70117412\\_T%20-%20Ricse%20jeremias.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6191/T010_70117412_T%20-%20Ricse%20jeremias.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
35. Rivera, Jhon. Diseño de malla de perforación y voladura para mejorar fragmentación de mineral en sociedad Minera El Brocal – 2021. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional del Centro del Perú. 2021. Disponible:

[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8082/T010\\_72239654\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8082/T010_72239654_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

36. Rodríguez, Andrés y Pérez, Alipio. Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. Universidad EAN. 2017. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/206/20652069006.pdf>
37. Rojas, Luis. Un nuevo enfoque predictivo de la fragmentación en la Voladura de Rocas. Artículo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2018. Disponible: <https://www.redalyc.org/journal/816/81658059003/>
38. Rojas, Kevin y Flores, Yackeline. Diseño de malla de perforación y voladura para la reducción de costos en el Nivel 1590 Crucero 520 De La U.E.A. Capitana - Corporación Laces S.A.C. Minería Y Construcción - Caraveli – Arequipa. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional De Huancavelica. 2017. Disponible: <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9d9bc076-2b3c-43d1-8759-039c1ef4074d/content>
39. Sahuinco, Eber. Diseño de perforación y voladura en minería convencional para minimizar los costos en el frente de labores de desarrollo Compañía Minera Yanaquihua S.A.C. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 2019. Disponible: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9952/IMsacuea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
40. Salazar, Jhon. Modelo Matemático Práctico para el Diseño de Voladura de Bancos. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Cesar Vallejo. 2020. Disponible: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/77765/Salazar\\_SJJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/77765/Salazar_SJJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

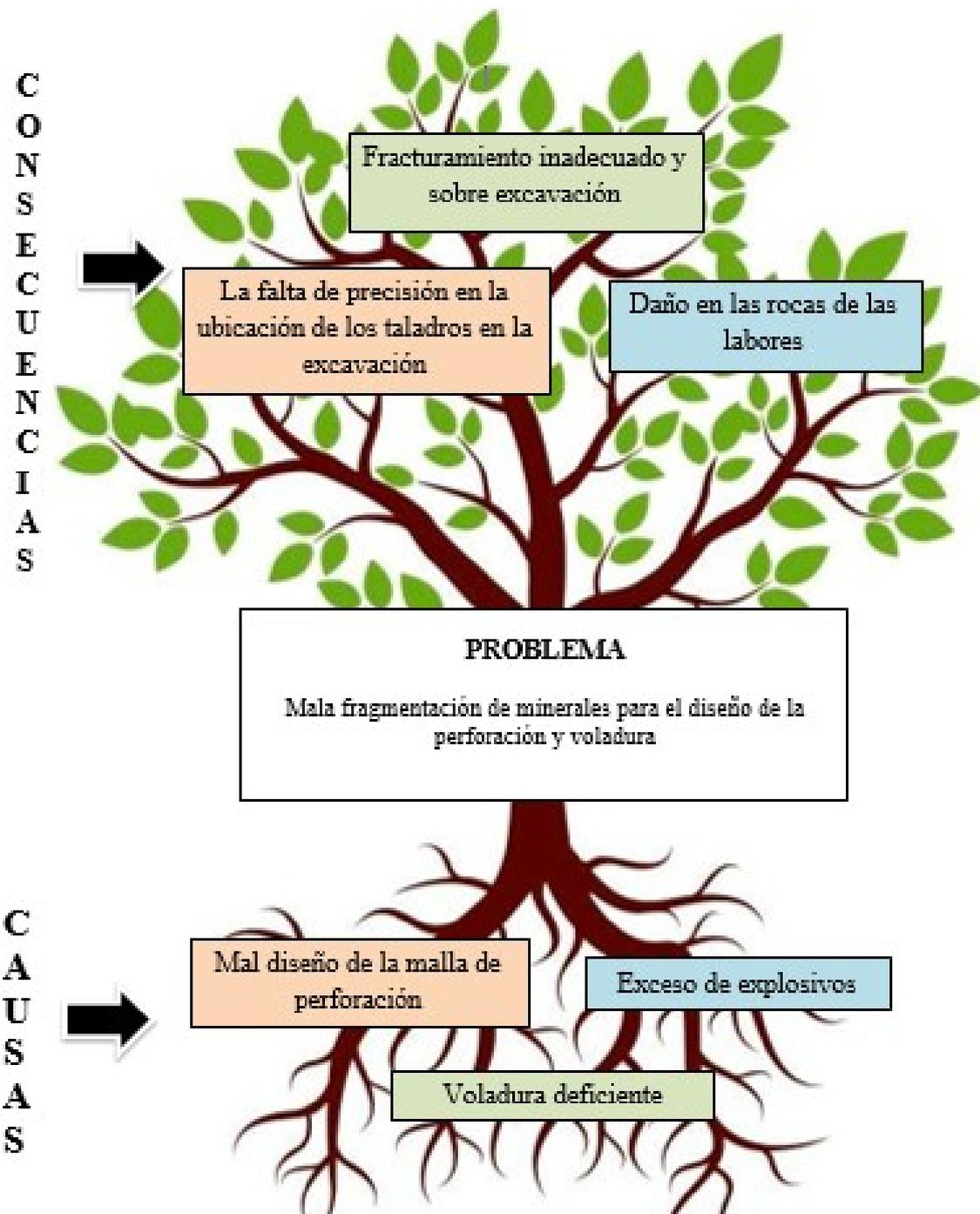
41. Saucedo, Gilmer y Zegarra, Romel. Diseño y aplicación de una nueva malla de perforación y voladura para optimizar los costos en una Unidad Minera De La Libertad – 2021. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Privada del Norte. 2022. Disponible:  
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/31044/Saucedo%20Linares%20Gilmer%20Andres%20%20Zegarra%20Chavez%20Romel%20Andy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
42. Seguridad Minera. Efectos de la voladura en el macizo rocoso. 2020. Disponible: <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/efectos-de-la-voladura-en-el-macizo-rocoso/#:~:text=El%20objetivo%20del%20proceso%20de,consecuencia%20del%20empleo%20de%20explosivos.>
43. Suarez. Metodología de la investigación: método de procesos (en línea). Machala –República de Ecuador (2020). Disponible: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12501/1/Tecnicas-y-MetodosCualitativosParaInvestigacionCientifica.pdf>
44. Torres, Jeferson. Diseño de mallas de perforación mecanizada para mejorar indicadores y avances en labores subterráneas en Minera Aurífera Retamas S.A. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. 2023. Disponible: [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3205/1/T026\\_70222749\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3205/1/T026_70222749_T.pdf)
45. Uyaguari, Wilson. Diseño de mallas de perforación y voladura basado en clasificaciones geomecánicas para optimizar el consumo de sustancia explosiva en las galerías del nivel 2 ½ del Proyecto Minero El Inca. Tesis (Ingeniero en geología y minas). Universidad Técnica Particular de Loja. 2018. Disponible: <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/22126/1/Uyaguari%20Guachizaca%20c%20Wilson%20Anibal.pdf>

46. Valencia, Jean. Diseño de voladura para la optimización de fragmentación en mineral y desmonte, mediante el control de vibraciones y velocidad de detonación en Mina San Rafael Minsur S.A. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 2019. Disponible: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/10033/IMvaovjfw.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
47. Zamora, Vidal. Propuesta de diseño de mallas de perforación y voladura empleando modificación al modelo matemático de Pearse con la finalidad de optimizar la fragmentación de rocas en la mina Tacaza de Consorcio de Ingenieros Ejecutores Mineros S.A.(CIEMSA). Tesis (Ingeniero de Gestión Minera). Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas. 2020. Disponible: [file:///C:/Users/HOME/Downloads/ZamoraP\\_%20E.pdf](file:///C:/Users/HOME/Downloads/ZamoraP_%20E.pdf)
48. Zapata, Mishael. Optimización de perforación y voladura mediante el diseño de malla y carga explosiva en la Mina Pomasi. Tesis (Ingeniero de minas). Universidad Nacional del Altiplano. 2019. Disponible: <https://1library.co/document/yngmxljz-optimizacion-perforacion-voladura-mediante-diseno-malla-explosiva-pomasi.html>

**ANEXOS**

**Anexo 01: Árbol de problemas**

# ARBOL DE PROBLEMAS



**Anexo 2: Operacionalidad de variables**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
<p>INDEPENDIENTE: Diseño malla de perforación</p>	<p>Ricse (2020) nos dice que la malla de perforación y voladura es un diagrama específico muy bien estructurado y definido, encargado de fragmentar y desplazar el material roto a los requisitos implementadores.</p>	<p>Es parte del proceso de las operaciones mineras, el cual se encarga de realizar la explotación del macizo rocoso de manera controlada, de tal modo que se pueda generar frentes de avance para la extracción del mineral.</p>	<p>Estudio geológico</p>	Geología estructural	<p>Razón</p>
				Geología regional	
				Geología local	
			<p>Caracterización geomecanico</p>	Cálculo RQD	
				Cálculo RMR	
				Cálculo de GSI	
				Ensayo a compresión simple	
			<p>Parámetros de perforación</p>	Burden	
				Longitud de taladro	
				Espaciamiento	
Taco					
Sobre perforación					

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
<p>DEPENDIENTE:</p> <p>Mejora de la fragmentación</p>	<p>Jiménez (2021) es el tamaño de la roca formada como resultado de la explosión, que se clasifica según el tamaño de la roca.</p>	<p>Modifica el tamaño de los minerales desde el producto final del arranque, normalmente la reducción de tamaño se realiza en varias etapas (la razón de reducción de cada máquina y de los requerimientos finales del producto).</p>	<p>Análisis de fragmentación</p>	<p>Curva de granulometría con los softwares JK Simblast, WipFrag y Split - Desktop</p>	<p>Razón</p>

**Fuente: Elaboración propia**

**Anexo 3: Matriz de consistencia**

<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>						
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>POBLACIÓN</b>	<b>TÉCNICAS</b>
Mal diseño de malla de perforación produce a la mala fragmentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Diseñar</b> la malla de perforación para la mejora de la fragmentación en Minera Iscaycruz.</li> </ul>	El diseño de la malla de perforación mejora la fragmentación de roca en	Diseño de malla de perforación	Aplicada	Esta investigación está compuesta por el área de trabajo conformada una malla de perforación en Minera Iscaycruz-Lima.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis documental</li> <li>• Observación de campo</li> </ul>
	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DISEÑO</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Identificar</b> el tipo de roca mediante la geología regional, estructural y local de la Minera Iscaycruz.</li> <li>• <b>Caracterizar</b> el estudio geomecánico de la fragmentación en la Minera Iscaycruz.</li> <li>• <b>Elaborar</b> el diseño de una malla de perforación para la mejora de la fragmentación en la Minera Iscaycruz.</li> <li>• <b>Analizar</b> el costo de perforación del nuevo diseño de la malla en la Minera Iscaycruz.</li> </ul>	Minera Iscaycruz.	Mejora de la fragmentación	Experimental	Este proyecto está constituido por el Tajo Santa Este Fase 3 de la Unidad Minera Iscaycruz-Lima.	<p>Guía de análisis documental</p> <p>Guía de observación de campo</p>
--	---	-------------------	----------------------------	--------------	--	--

Fuente: Elaboración propia

#### Anexo 4: Instrumento de observación de campo

### GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO

Diseño de malla de perforación para la mejora de la fragmentación en Minera Iscaycruz

**Objetivo:** Identificar el tipo de roca para efectuar la geología regional, estructural y local de la Minera Iscaycruz.

<b>Evaluación de la geología en la Minera Iscaycruz</b>			
<b>Coordenadas</b>	<b>X=</b>	<b>Y=</b>	<b>Z=</b>
<b>Tipo de roca</b>			
	<b>Geología regional</b>	<b>Geología local</b>	<b>Geología estructural</b>
<b>Tajo Santa Este Fase 3</b>			

Fuente: Elaboración propia.

## GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO

Diseño de malla de perforación para la mejora de la fragmentación en Minera Iscaycruz

**Objetivo:** Caracterizar el estudio geomecánico para la fragmentación de la roca en la Mina Iscaycruz.

Parámetros de caracterización	Testigo 1	Testigo 2
Cálculo RQD		
Cálculo RMR		
Cálculo GSI		
Ensayo a compresión simple		

Fuente: Elaboración Propia

## GUIA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO

Diseño de malla de perforación para la mejora de la fragmentación en Minera Iscaycruz

**Objetivo:** Elaborar el diseño de una malla de perforación para la mejora de la fragmentación en la Minera Iscaycruz.

Parámetros	Resultados
Burden	
Espaciamiento	
Longitud de taladro	
Sobre perforación	
Longitud de taco	
Longitud de carga	
Diámetro de taladro	
Número de taladros	

Fuente: Elaboración Propia

## **Anexo 5: Ficha textual**

### **Ficha de registro de información**

Diseño de malla de perforación para la mejora de la fragmentación en Minera  
Iscaycruz - Lima

<b>Tema de investigación:</b>
<b>Referencia bibliográfica:</b>
<b>Cita textual:</b>
<b>Paráfrasis:</b>

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo 6: Carta de presentación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía  
Nacional”

### CARTA DE AUTORIZACIÓN: USO DE DATOS DE EMPRESA CON FINES DE INVESTIGACIÓN

Presente.

Reciba un cordial saludo y expresarle mi estima personal, se ha recibido el oficio **OFICIO N° 102-2022-UCV-CH/ EPIM** de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de UCV – Filial Chiclayo, solicitando las facilidades para la realización de investigación.

Yo, Victor Ángel Rojas Fuentes, identificado con N° DNI 45212317, RUC. 20137514983, para ser desarrollada en la Concesión la cual se ubica en el distrito de Pachangara, Provincia de Oyon, Departamento de Lima; autorizo utilizar los datos de Unidad Minera Iscaycruz dando las facilidades para la investigación a ser desarrollada en el proyecto de investigación titulada “**Propuesta para un diseño de malla de perforación y voladura para optimizar el grado de fragmentación en la Mina Iscaycruz**”, a los investigadores **Barboza Rivera Katte**, identificada con N° DNI 70681214 y **González Fernández Nallely**, identificada con N° DNI 75425375 para que hagan uso de la misma con fin de investigación.

Atentamente.

Victor Ángel Rojas Fuentes.  
N° DNI 45212317

Chiclayo, 07 de octubre de 2022.

**FICHA DE VALIDACION DEL INSTRUMENTO**  
**(FICHA DE OBSERVACION DE CAMPO)**

1. DATOS GENERALES

1.1. Título Del Trabajo De Investigación: Diseño de una malla de perforación para la mejora de la fragmentación en Minera Iscaycruz- Lima.

1.2. Investigador(a)(es): Barboza Rivera Katte Nallely  
González Fernández Nallely del Rosario

2. ASPECTOS A VALIDAR

Indicadores	Criterios	Deficiente (0-20)	Baja (21-40)	Regular (41-60)	Buena (61-80)	Muy buena (81-100)
Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado					X
Objetividad	Esta expresado en conducta observables					X
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
Organización	Existe una organización lógica					X
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					X
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					X
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					X

Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores					X
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					X

3. OPINION DE APLICACIÓN:

\_\_\_ Los parámetros son aplicables para hacer Ciencia y Tecnología \_\_\_

4. DATOS DEL EXPERTO:

Nombre y Apellidos: Mauro Salvador Paico DNI: 45454682

Grado Académico: Magister en Ingeniería Geológica aplicada para obras civiles

Centro de Trabajo: Universidad César Vallejo

**FICHA DE VALIDACION DEL INSTRUMENTO**  
**(FICHA DE OBSERVACION DE CAMPO)**

1. DATOS GENERALES

1.1. Título Del Trabajo De Investigación: Diseño de una malla de perforación para la mejora de la fragmentación en Minera Iscaycruz- Lima.

1.2. Investigador(a)(es): Barboza Rivera Katte Nallely  
González Fernández Nallely del Rosario

2. ASPECTOS A VALIDAR

Indicadores	Criterios	Deficiente (0-20)	Baja (21-40)	Regular (41-60)	Buena (61-80)	Muy buena (81-100)
Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado					X
Objetividad	Esta expresado en conducta observables					X
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
Organización	Existe una organización lógica					X
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					X
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					X
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					X

Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores					X
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					X

3. OPINION DE APLICACIÓN:

Los parámetros son aplicables para hacer Ciencia y Tecnología\_\_

5. DATOS DEL EXPERTO:

Nombre y Apellidos: Mauro Salvador Paico DNI: 45454682

Grado Académico: Magister en Ingeniería Geológica aplicada para obras civiles

Centro de Trabajo: Universidad César Vallejo

## FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS

### JUICIO DE EXPERTOS

#### I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto: Mauro Salvador Paico
- Grado Académico: Magister                      Institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo
- Dirección: MZ L LT 0.6 Av. San Valentín – Piura Teléfono: 947801456      Email: maurosalpai@hotmail.com
- Autor (es) del instrumento: Barboza Rivera Katte Nallely

Gonzales Fernández Nallely del Rosario

#### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

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 a 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 están 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. OPINION DEL APLICABILIDAD:..... FECHA:18/11/22

IV. PROMEDIO DE VALORICACION: .....4.9.....FIRMA:



DNI: 45454682

**FICHA DE VALIDACION DEL INSTRUMENTO  
(FICHA DE OBSERVACION DE CAMPO)**

4. DATOS GENERALES

4.1. Título Del Trabajo De Investigación: Diseño de una malla de perforación para la mejora de la fragmentación en Minera Iscaycruz- Lima.

4.2. Investigador(a)(es): Barboza Rivera Katte Nallely  
González Fernández Nallely del Rosario

5. ASPECTOS A VALIDAR

Indicadores	Criterios	Deficiente (0-20)	Baja (21-40)	Regular (41-60)	Buena (61-80)	Muy buena (81-100)
Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado					X
Objetividad	Esta expresado en conducta observables					X
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
Organización	Existe una organización lógica				X	
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				X	
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				X	
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos				X	
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores				X	
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnostico				X	

Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación				X	
-------------	--	--	--	--	---	--

6. OPINION DE APLICACIÓN:

-----  
 -----

7. DATOS DEL EXPERTO:

Nombre y Apellidos: Solio Marino Arango Retamozo

DNI: 26733726

Grado Académico: Doctor

Centro de Trabajo: Universidad César Vallejo



**FICHA DE VALIDACION DEL INSTRUMENTO  
 (FICHA DE OBSERVACION DE CAMPO)**

1. DATOS GENERALES

1.1. Título Del Trabajo De Investigación: Diseño de una malla de perforación para la mejora de la fragmentación en Minera Iscaycruz- Lima.

1.2. Investigador(a)(es): Barboza Rivera Katte Nallely  
González Fernández Nallely del Rosario

2. ASPECTOS A VALIDAR

Indicadores	Criterios	Deficiente (0-20)	Baja (21-40)	Regular (41-60)	Buena (61-80)	Muy buena (81-100)
Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado					X
Objetividad	Esta expresado en conducta observables					X
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
Organización	Existe una organización lógica				X	
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				X	
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				X	
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos				X	
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores				X	
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnostico				X	
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación				X	

3. OPINION DE APLICACIÓN:

-----  
-----

4. DATOS DEL EXPERTO:

Nombre y Apellidos: Solio Marino Arango Retamozo

DNI: 26733726

Grado Académico: Doctor

Centro de Trabajo: Universidad César Vallejo



**FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS**

**JUICIO DE EXPERTOS**

V. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto: Solio Marino Arango Retamozo
- Grado Académico: Doctor      Institución donde labora: Universidad Cesar Vallejos
- Dirección: Av. Panamericana 323 Urb. Bancarios      Teléfono: 914691576      Email: sarangor@ucvvirtual.edu.pe
- Autor (es) del instrumento: Barboza Rivera Katte Nallely

Gonzales Fernández Nallely del Rosario

VI. ASPECTOS DE VALIDACION:

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 a 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 están 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	

VII. OPINION DEL APLICABILIDAD:.....

FECHA:19/11/22

VIII. PROMEDIO DE VALORICACION: .....FIRMA:



DNI: 26733726

**FICHA DE VALIDACION DEL INSTRUMENTO  
(FICHA DE OBSERVACION DE CAMPO)**

5. DATOS GENERALES

5.1. Título Del Trabajo De Investigación: Diseño de una malla de perforación para la mejora de la fragmentación en Minera Iscaycruz- Lima.

5.2. Investigador(a)(es): Barboza Rivera Katte Nallely  
González Fernández Nallely del Rosario

6. ASPECTOS A VALIDAR

Indicadores	Criterios	Deficiente (0-20)	Baja (21-40)	Regular (41-60)	Buena (61-80)	Muy buena (81-100)
Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado				80	
Objetividad	Esta expresado en conducta observables				80	
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				80	
Organización	Existe una organización lógica				80	
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				80	
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				80	
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos				80	
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores				80	
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnostico				80	
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación				80	

7. OPINION DE APLICACIÓN:

**El tema de investigación:** Diseño de malla de perforación y voladura para optimizar el grado de fragmentación en galerías - cruceros es aplicable en la practica

DATOS DEL EXPERTO:

Nombre y Apellidos: Gilberto Donayres Quispe

DNI: 23992146

Grado Académico: Magister

Centro de Trabajo: Minera Los Andes S.A.C. - Gerente General



**FICHA DE VALIDACION DEL INSTRUMENTO  
(FICHA DE OBSERVACION DE CAMPO)**

1. DATOS GENERALES

1.1. Título Del Trabajo De Investigación: Diseño de una malla de perforación para la mejora de la fragmentación en Minera Iscaycruz- Lima.

1.2. Investigador(a)(es): Barboza Rivera Katte Nallely  
González Fernández Nallely del Rosario

2. ASPECTOS A VALIDAR

Indicadores	Criterios	Deficiente (0-20)	Baja (21-40)	Regular (41-60)	Buena (61-80)	Muy buena (81-100)
Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado				80	
Objetividad	Esta expresado en conducta observables				80	
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				80	
Organización	Existe una organización lógica				80	
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				80	

Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				80	
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos				80	
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores				80	
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				80	
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación				80	

1. OPINION DE APLICACIÓN:

**El tema de investigación:** Diseño de malla de perforación y voladura para optimizar el grado de fragmentación en galerías - cruceros es aplicable en la práctica

DATOS DEL EXPERTO:

Nombre y Apellidos: Gilberto Donayres Quispe

DNI: **23992146**

Grado Académico: Magister

Centro de Trabajo: Minera Los Andes S.A.C. - Gerente General

**FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS  
JUICIO DE EXPERTOS**

IX. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto: Donayres Quispe Gilberto
- Grado Académico: Magister
- Institución donde labora: Minera Los Andes S.A.C. – Gerente General
- Dirección: Av. Nicolás de Piérola 1131 of. 204 Lima Teléf.: 931 391 612 Email:  
[gdonayres@mineralosandes.com](mailto:gdonayres@mineralosandes.com)
- Autor (es) del instrumento: Barboza Rivera Katte Nallely - Gonzáles Fernández Nallely del Rosario

X. ASPECTOS DE VALIDACION:

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 a 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 están 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	

XI. OPINION DEL APLICABILIDAD: Es aplicable en la práctica

FECHA: 19/11/22

XII. PROMEDIO DE VALORICACION: 56

FIRMA:  MINERALS BANDS S.A.C

Ing. Gilberto Domaynes Quispe  
GERENTE GENERAL

DNI: 23992146

## Anexo 8: Visita a mina



*Tajo Santa Este – Open Pit*



*Trabajadores supervisando el avance*



*Vista de Bloques preformados*



*Vista al área del estudio geomecánico*

**Anexo 9: Formaciones de la Geología en el tajo Santa Este.**




*Figura 1: Afloramientos de cuarcita de la Formación Chimú.*



*Figura 2: Afloramientos de caliza gris de la Formación Santa.*



*Anexo 3: Afloramientos de lutita y limolita rojiza de la Formación Carhuaz.*




*Figura 4: Contacto transicional de arenisca blanquecina de Fm. Farrat hacia arenisca calcárea y caliza del Fm. Pariahuanca.*



*Figura 5: Afloramiento de caliza bituminosa.*



*Figura 6: Stock dacítico Seccha.*



*Figura 7: Anticlinal Iscaycruz con eje de pliegue en el Fm. Oyón*



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, FIGUEROA ALFARO RICHARD WAGNER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE MINAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de malla de perforación para la mejora de la fragmentación en la Minera Iscaycruz-Lima.", cuyos autores son GONZALES FERNANDEZ NALLELY DEL ROSARIO, BARBOZA RIVERA KATTE NALLELY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 14 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
FIGUEROA ALFARO RICHARD WAGNER <b>DNI:</b> 43971832 <b>ORCID:</b> 0000-0002-2159-6160	Firmado electrónicamente por: RWFIGUEROAAL el 17-07-2023 10:22:53

Código documento Trilce: TRI - 0591902