

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN**  
**ESCUELA DE POSGRADO**



**“MINIMIZAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES  
PRODUCIDOS POR LA VOLADURA DE ROCAS AL  
ENTORNO DEL TAJO RAUL ROJAS – EMPRESA  
ADMINISTRADORA CERRO S.A.C. – PASCO”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: MEDIO AMBIENTE**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN MEDIO  
AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**TESISTA: JUAN MEZA BLANCO**

**ASESOR: DR. PIO TRUJILLO ATAPOMA**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

A Dios por guardarme de todo mal, y guiarme en cada proyecto que me propongo alcanzar.

A las personas más cercanas que me apoyan y me motivan para no rendirme y seguir cumpliendo cada meta que me propongo.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios quien me brindó la vida, por direccionarme en cada decisión de mi vida, y en cada momento donde se me presentaban obstáculos, pero pude afrontarlos con su ayuda.

Mis progenitores, a quienes les estaré siempre agradecido por ser el motor y motivo de todas mis metas, por inculcarme principios y valores.

A la escuela de Posgrado, quienes me acogieron para enseñarme saberes y seguir preparándome para ser un buen profesional para la sociedad.

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue minimizar los impactos ambientales producido por la voladura de rocas al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco. El presente estudio es de enfoque cuantitativo, nivel explicativo, diseño experimental prospectivo y de tipo aplicado. La población lo conformaron todas las operaciones de voladuras de roca con el uso del explosivo Anfo y los pobladores afectados por los impactos ambientales; la muestra viene a ser 3 operaciones de voladura de rocas y 70 pobladores afectados, la muestra es no probabilística seleccionados por conveniencia por el acceso a la información. La técnica empleada fue el análisis documental, observación y encuesta. Los instrumentos fueron las metodologías y matrices de identificación y valorización de impactos ambientales validados, como también se dispuso de una serie de técnicas y procedimientos lo cual se aplicaron en las voladuras para la mitigación ambiental; asimismo se contó con un instrumento de escala nominal y ordinal para la determinación del nivel de satisfacción con respecto a la mitigación de los impactos producidos por la aplicación de las mencionadas técnicas de control, validados por un juicio de expertos y con una confiabilidad alta en la prueba piloto. Los resultados determinaron que más del 50% de la población se siente satisfecha con las medidas tomadas, la estadística inferencial evidencia que hay una mejora significativa ( $p < 0.05$ ) entre el pre y post prueba. Es decir que los impactos ambientales como la proyección de rocas, vibración, ruidos y polvos y gases han sido minimizados, efecto de eso es la satisfacción de los pobladores aledaños de la mina a tajo abierto. Resultados que son una satisfacción para la minera ya que hay un bienestar social y una mejora de la calidad de vida. Asimismo, dentro de la investigación se recomendó a que se profundice la investigación con fines de tener resultados más preciso y exactos conllevando a la mejora continua.

**Palabras claves:** Tajo Abierto, Voladura de Rocas, Mitigación Ambiental

## ABSTRACT

The objective of this study was to minimize the environmental impacts produced by the blasting of rocks in the surroundings of the Tajo Raul Rojas - Empresa Administradora Cerro S.A.C - Pasco. The present study is of quantitative approach, explanatory level, prospective experimental design and applied type. The population was made up of all the rock blasting operations with the use of the Anfo explosive and the residents affected by the environmental impacts; the sample becomes 3 rocks blasting operations and 70 affected residents, the sample is non-probabilistic, selected for convenience due to access to information. The technique used was documentary analysis, observation and survey. The instruments were the methodologies and matrices for the identification and assessment of validated environmental impacts, as well as a series of techniques and procedures which were applied in the blasting for environmental mitigation; Likewise, there was an instrument of nominal and ordinal scale to determine the level of satisfaction with respect to the mitigation of the impacts resulting from the application of the aforementioned control techniques, validated by expert judgment and with a high reliability in the measurement. pilot test. The results determined that more than 50% of the population is satisfied with the measures taken, inferential statistics show that there is a significant improvement ( $p < 0.05$ ) between the pre and post test. In other words, the environmental impacts such as the projection of rocks, vibration, noise and dust and gasses have been minimized. This effect is the satisfaction of the residents surrounding the open pit mine. Results that are a satisfaction for the mining company since there is social well-being and an improvement in the quality of life. Likewise, within the investigation, it was recommended that the investigation be deepened in order to have more precise and exact results, leading to continuous improvement.

**Keywords:** Open Pit, Rock Blasting, Environmental Mitigation

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi minimizar os impactos ambientais do desmonte de rochas no entorno do Tajo Raul Rojas - Empresa Administradora Cerro S.A.C - Pasço. O presente estudo tem abordagem quantitativa, nível explicativo, desenho experimental prospectivo e tipo aplicado. A população foi constituída por todas as operações de desmonte com o uso do Anfo e os moradores afetados pelos impactos ambientais; A amostra consiste em 3 operações de detonação de rochas e 70 residentes afetados; a amostra é não probabilística, selecionada por conveniência devido ao acesso às informações. A técnica utilizada é a análise, observação e levantamento documental. Os instrumentos foram as metodologias e matrizes de identificação e valoração dos impactos ambientais validados, bem como um conjunto de técnicas e procedimentos que foram aplicados na detonação para mitigação ambiental; Da mesma forma, existia um instrumento de escala nominal e ordinal para determinar o grau de satisfação quanto à mitigação dos impactos decorrentes da aplicação das referidas técnicas de controle, validado por perícia e com alta confiabilidade no ensaio piloto. Os resultados determinaram que mais de 50 da população se sente satisfeita com as medidas realizadas, as estatísticas inferenciais mostram que há uma melhora significativa ( $p < 0,05$ ) entre o pré e o pós-teste. Em outras palavras, impactos ambientais como projeção de rocha, vibração, ruído e poeira e gases foram minimizados, cujo efeito é a satisfação dos moradores do entorno da mina a céu aberto. Resultados que são uma satisfação para a mineradora, pois há um bem-estar social e uma melhoria na qualidade de vida. Da mesma forma, no âmbito da investigação, foi recomendado que a investigação seja aprofundada de forma a obter resultados mais precisos e exatos que conduzam à melhoria contínua.

**Palavras chave:** Mina a céu aberto, detonação de rocha, mitigação ambiental

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
RESUMO .....	vi
ÍNDICE .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	xv
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN ....	17
1.1 Fundamentación del problema .....	17
1.2 Justificación e importancia de la investigación.....	21
1.3 Viabilidad de la investigación.....	22
1.4 Formulación del problema .....	23
1.4.1 Problema general .....	23
1.4.2 Problemas específicos .....	23
1.5 Formulación de objetivos.....	23
1.5.1 Objetivo general .....	24
1.5.2 Objetivos específicos .....	24
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	25
2.1 Antecedentes de investigación .....	25
2.2 Bases teóricas.....	31
2.3 Bases conceptuales.....	69
2.4 Bases filosóficas.....	70
CAPÍTULO III. SISTEMA DE HIPÓTESIS.....	71
3.1 Formulación de las hipótesis .....	71

3.1.1. Hipótesis general .....	71
3.1.2. Hipótesis específicos .....	71
3.2 Operacionalización de variables.....	73
3.3 Definición operacional de las variables.....	74
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO .....	75
4.1 Ámbito .....	75
4.2 Tipo y nivel de investigación .....	75
4.3 Población y muestra .....	76
4.4 Diseño de investigación .....	76
4.5 Técnicas e instrumentos .....	77
4.6 Técnica para el procesamiento y análisis de datos .....	83
4.7 Aspectos éticos.....	84
CAPÍTULO V. RESULTADOS .....	85
5.1 Análisis de resultados obtenidos .....	85
5.2 Resultados de percepción de los pobladores .....	99
5.3 Discusión de resultados .....	131
5.4 Aporte científico de la investigación.....	132
CONCLUSIONES .....	134
SUGERENCIAS .....	136
REFERENCIAS .....	137
ANEXOS .....	140

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Cuadro de Operacionalización de variables .....	73
<b>Tabla 2</b> Velocidad Pico Partícula Crítica para daño .....	56
<b>Tabla 3</b> Valor máximo de velocidad pico partícula USBM .....	58
<b>Tabla 4</b> Límite de Velocidad Pico Partícula según el MINEM.....	59
<b>Tabla 5</b> Nivel máximo recomendado de sobrepresión de aire .....	62
<b>Tabla 6</b> Componentes Ambientales Potencialmente Impactados .....	79
<b>Tabla 7</b> Confiabilidad del instrumento de satisfacción .....	83
<b>Tabla 8</b> Tiempo de retención obtenido con detritus .....	86
<b>Tabla 9</b> Tiempo de retención obtenido con material chancado.....	86
<b>Tabla 10</b> Tiempo de retención con retenedores de energía.....	87
<b>Tabla 11</b> Soluciones de Nitrito de Sodio.....	89
<b>Tabla 12</b> Soluciones de Ácido acético .....	89
<b>Tabla 13</b> Reacciones en soluciones A y B .....	90
<b>Tabla 14</b> Soluciones de catalizadores.....	91
<b>Tabla 15</b> Voladuras realizadas con Anfo pesado gasificable .....	92
<b>Tabla 16</b> Voladuras realizadas con emulsión gasificable 100% .....	93
<b>Tabla 17</b> Registro de vibraciones en contorno del tajo .....	96
<b>Tabla 18</b> Análisis de Onda elemental.....	98
<b>Tabla 19</b> Vibraciones obtenidas por litología .....	98
<b>Tabla 20</b> Casos de accidentes graves producido por las proyecciones de rocas a causa de las voladuras .....	99
<b>Tabla 21</b> Existencia de accidentes y efectos nocivos para su salud y ha afectado sus bienes materiales .....	101
<b>Tabla 22</b> La minería tiene controlado la ejecución de las voladuras de rocas que realiza .....	102
<b>Tabla 23</b> Daños en su vivienda a causa de las voladuras .....	103
<b>Tabla 24</b> El tipo de daño que ocasiona.....	104
<b>Tabla 25</b> A causa de los daños ocasionados Ud. ha tenido que modificar el tipo de material de su vivienda.....	105

<b>Tabla 26</b> Les ha brindado algún apoyo al enterarse de los daños ocasionados en sus viviendas .....	107
<b>Tabla 27</b> La voladura ocasiona perturbación en la concentración del trabajo, estudio o de la actividad que realice .....	108
<b>Tabla 28</b> Su estado de salud .....	109
<b>Tabla 29</b> Cuál de estos efectos, cree usted que le afecta más .....	110
<b>Tabla 30</b> La empresa minera informa sobre los horarios de voladura .....	112
<b>Tabla 31</b> Considera que el polvo producido por las voladuras deteriora más su salud .....	113
<b>Tabla 32</b> Considera que las dificultades respiratorias, colapso, convulsiones, coma y la muerte son ocasionados por el polvo proveniente del tajo.....	114
<b>Tabla 33</b> Considera que las alergias y la contaminación al aire son ocasionados por el polvo proveniente del tajo.....	115
<b>Tabla 34</b> Considera que la formación de gases como el CO <sub>2</sub> , CO y NOX provenientes del tajo deteriora más su salud .....	116
<b>Tabla 35</b> Considera que la empresa se preocupa por brindarles equipos de protección ante los gases que se emiten producido por las voladuras que se realizan .....	117
<b>Tabla 36</b> Considera que los gases provenientes del tajo contribuyen a deteriorar más la capa de ozono.....	118
<b>Tabla 37</b> Cuán frecuente, la empresa minera ha realizado charlas informativas para dar a conocer sus funciones y prioridades.....	119
<b>Tabla 38</b> Cuán satisfecho está usted con la minimización de los impactos que produce la voladura de rocas al entorno del tajo Raul Rojas .....	120
<b>Tabla 39</b> Cómo califica la intervención del estado en el control de los impactos ambientales generados por la minería .....	121
<b>Tabla 40</b> Pruebas de normalidad .....	122
<b>Tabla 41</b> Medias de la preprueba y posprueba.....	123
<b>Tabla 42</b> Diferencias de medias entre Pretest y Posttest del nivel de satisfacción con la prueba de T de Student.....	123
<b>Tabla 43</b> Medias de la preprueba y posprueba.....	124

<b>Tabla 44</b> Diferencias de medias entre Pretest y Postest de la proyección de rocas con la prueba de T de Student.....	125
<b>Tabla 45</b> Medias de la preprueba y posprueba.....	126
<b>Tabla 46</b> Diferencias de medias entre Pretest y Postest de las vibraciones con la prueba de T de Student.....	126
<b>Tabla 47</b> Medias de la preprueba y posprueba de ruidos .....	127
<b>Tabla 48</b> Diferencias de medias entre Pretest y Postest de los ruidos con la prueba de T de Student .....	128
<b>Tabla 49</b> Medias de la preprueba y posprueba de los polvos y gases .....	129
<b>Tabla 50</b> Diferencias de medias entre Pretest y Postest de los polvos y gases con la prueba de T de Student.....	130

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Impactos ambientales de la voladura.....	34
<b>Figura 2</b> Proyección de rocas en una voladura .....	36
<b>Figura 3</b> Trayectoria alta y baja de fragmentos.....	37
<b>Figura 4</b> Proyecciones por sobrecarga de explosivos .....	38
<b>Figura 5</b> Proyecciones de roca por Burden inadecuado.....	38
<b>Figura 6</b> Proyecciones de roca por Burden excesivo .....	38
<b>Figura 7</b> Proyecciones de roca por tiempos inadecuados entre filas.....	39
<b>Figura 8</b> Proyecciones de roca por Factor de carga excesivo .....	39
<b>Figura 9</b> Proyección de roca por demasiadas filas en voladura .....	40
<b>Figura 10</b> Proyecciones de roca por geología adversa.....	40
<b>Figura 11</b> Proyecciones de roca por voladura secundaria.....	41
<b>Figura 12</b> Parámetros para determinar la SD .....	41
<b>Figura 13</b> Profundidad de Entierro Escalada según Chiappetta.....	42
<b>Figura 14</b> Distancias de evacuación del personal para distintas condiciones de voladura.....	43
<b>Figura 15</b> Vibraciones en el suelo generadas por voladuras.....	46
<b>Figura 16</b> Sismógrafo para medir vibraciones .....	50
<b>Figura 17</b> Geófono triaxial.....	51
<b>Figura 18</b> Instalación y orientación de geófonos .....	52
<b>Figura 19</b> Ubicación de geófonos según necesidad .....	52
<b>Figura 20</b> Regresión Lineal para Distancia Escalada y VPP .....	54
<b>Figura 21</b> Modelamiento por onda elemental .....	55
<b>Figura 22</b> Medición de la sobrepresión de aire .....	61
<b>Figura 23</b> Cuadro de generación de gases.....	65
<b>Figura 24</b> Escala visual de gases AEISG .....	67
<b>Figura 25</b> Colores en campo para calificación visual de gases NOx generados por voladura.....	68
<b>Figura 26</b> Colocación de retenedor de energía.....	87

<b>Figura 27</b> Voladuras con porcentaje de emisión de gases nitrosos con Anfo pesado gasificable .....	91
<b>Figura 28</b> Comparación nivel de gases entre AP 73G y Emulsión gasificada 100% .....	92
<b>Figura 29</b> Voladuras con porcentaje de emisión de gases nitrosos con emulsión gasificable 100% .....	93
<b>Figura 30</b> Distribución de generación de gases por nivel de emisión.....	94
<b>Figura 31</b> Colocación de mangas plásticas en taladros con vacíos.....	95
<b>Figura 32</b> Comparativo VPP obtenida y límites de vibración .....	96
<b>Figura 33</b> Comparativo % emisión de gases nitrosos .....	97
<b>Figura 34</b> Comparativo tiempos de retención de materiales de tapado .....	97
<b>Figura 35</b> Valores de Golpe de Aire vs Limite USBM.....	99
<b>Figura 36</b> Casos de accidentes graves producido por las proyecciones de rocas a causa de las voladuras .....	100
<b>Figura 37</b> Existencia de accidentes y efectos nocivos para su salud y ha afectado sus bienes materiales .....	101
<b>Figura 38</b> La minería tiene controlado la ejecución de las voladuras de rocas que realiza .....	102
<b>Figura 39</b> Daños en su vivienda a causa de las voladuras .....	103
<b>Figura 40</b> El tipo de daño que ocasiona .....	104
<b>Figura 41</b> A causa de los daños ocasionados Ud. ha tenido que modificar el tipo de material de su vivienda.....	106
<b>Figura 42</b> Les ha brindado algún apoyo al enterarse de los daños ocasionados en sus viviendas .....	107
<b>Figura 43</b> La voladura ocasiona perturbación en la concentración del trabajo, estudio o de la actividad que realice .....	108
<b>Figura 44</b> Su estado de salud.....	109
<b>Figura 45</b> Cuál de estos efectos, cree usted que le afecta más.....	111
<b>Figura 46</b> La empresa minera informa sobre los horarios de voladura.....	112
<b>Figura 47</b> Considera que el polvo producido por las voladuras deteriora más su salud .....	113

<b>Figura 48</b> Considera que las dificultades respiratorias, colapso, convulsiones, coma y la muerte son ocasionados por el polvo proveniente del tajo.....	114
<b>Figura 49</b> Considera que las alergias y la contaminación al aire son ocasionados por el polvo proveniente del tajo .....	115
<b>Figura 50</b> Considera que la formación de gases como el CO <sub>2</sub> , CO y NOX provenientes del tajo deteriora más su salud .....	116
<b>Figura 51</b> Considera que la empresa se preocupa por brindarles equipos de protección ante los gases que se emiten producido por las voladuras que se realizan .....	117
<b>Figura 52</b> Considera que los gases provenientes del tajo contribuyen a deteriorar más la capa de ozono .....	118
<b>Figura 53</b> Cuán frecuente, la empresa minera ha realizado charlas informativas para dar a conocer sus funciones y prioridades.....	119
<b>Figura 54</b> Cuán satisfecho está usted con la minimización de los impactos que produce la voladura de rocas al entorno del tajo Raul Rojas .....	120
<b>Figura 55</b> Como califica la intervención del estado en el control de los impactos ambientales generados por la minería .....	121

## INTRODUCCIÓN

La voladura de rocas es una de las maneras fundamentales para que realicen las extracciones de minerales en las actividades de la minería a tajo abierto, el objetivo de este medio es la fragmentación de la roca, mediante el uso de una gran cantidad de explosivos, esta consiste en las ejecuciones de perforaciones en las rocas, para la posterior colocar los explosivos para su detonación.

En las últimas décadas la minería ha tomado importancia dentro del contexto nacional por el enorme aporte económico que genera para el desarrollo de una nación, pero también son responsables de otros efectos ambientales que viene generando esta industria. Por ello mismo se ha buscado nuevas alternativas que contribuyan a las soluciones ante los problemas actuales que viene generando la Industria Metalúrgica, dentro de la gran contaminación ambientales las más afectadas los ríos y lagunas aledañas por los procesos minerales y tratamientos de los residuos industriales mineros esta cuenta con más de 90% de agua contaminada.

A causa de ello la investigación se propuso reducir los impactos ambientales a causa de voladuras de rocas al entorno del tajo Raúl Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco. La presente investigación se estructura como se indica a continuación:

En el capítulo I, se detalla la respectiva fundamentación y formulación del problema planteado, así como también los objetivos, justificación y límites del estudio realizado.

En el capítulo II, se expone los aspectos operacionales donde se encuentra las posibles hipótesis, las variables como las definiciones de operacionalización y conceptuales.

En el capítulo III, se da a conocer el marco teórico donde vamos a ver los antecedentes, las fundamentaciones teóricas, conceptuales.

En el capítulo IV, se presenta el marco metodológico, donde se encuentran la población, ámbito, muestra, nivel, tipo, el diseño de estudio, las técnicas e

instrumentos de recolección de datos, los procedimientos y las técnicas de procesamiento de los datos, así como las respectivas éticas.

En el capítulo V, por último, se muestra los resultados a través del análisis descriptivo, inferencial y las contrastaciones de las hipótesis que se planteó; la discusión de resultado y para finalizar se aporta las conclusiones a las que se llegó y las recomendaciones.

# CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1 Fundamentación del problema

La actividad minera sacrifica los recursos naturales en distintas zonas del país, a cambio de ello las compañías ofrecen beneficios a su llegada, tales como infraestructuras, servicios, empleos, etc. Sin embargo, muchas veces los beneficios son incumplidos, pues además generan impactos ambientales. Como es el caso de las viviendas, habitantes, transeúntes del entorno del “Tajo Raúl Rojas Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco”.

Pero a pesar de ello no existen antecedentes del presente estudio actualmente, investigaciones o trabajos específicos realizados, porque un yacimiento de explotación a tajo abierto, no hay dentro de una ciudad, una de las excepciones es el Tajo en mención que produce impactos ambientales al entorno del tajo abierto, producido por la voladura de rocas que generan emisiones contaminantes por el uso excesivo del Anfo que se utiliza para el carguío de taladros, que generan constantes conflictos entre la Población y Empresa Minera. Podemos mencionar algunos problemas de impactos ambientales producido por los procesos mineros.

En el Perú por contar con muchas comunidades que están siendo afectadas a gran escala se ha implementado organizaciones a nivel nacional para frenar estas contaminaciones.

Una de ellas es la (CONACAMI) que es la Coordinadora Nacional de Comunidades Afectadas por la Minería, esta organización trabaja a favor de los derechos sociales, culturales y económicos de las comunidades. Dentro del Perú se cuenta con 6 mil comunidades campesinas que están siendo afectadas por esta actividad minera, las cuáles siempre están en este tipo de conflictos como es por la empresa minera como Tambo grande, Conga, la del Cerro Quilish, Huancabamba (Piura), San Mateo de Huanchor (Lima), Tíclacayan (Pasco) y Cañipia (Cuzco), entre otros.

En algunos casos, hay comunidades que pudieron detener las inversiones que ya estaban en marcha para la explotación de los minerales la cual fueron aprobadas por el MEN (Ministerio de Energías y Minas).

En la región de Pasco se ha generado conflictos ambientales, entre ellos tenemos:

<b>Año</b>	<b>Actores Del Conflicto</b>	<b>Descripción</b>
2005	Cía. Atacocha – C.C. Ticlacayan	Necesidad de terrenos comunales para una nueva cancha de Relaves.
2003	Cía. “Milpo”	Viviendas agrietadas por el deslizamiento de tierra.

Lamentable el trabajo que viene realizando el estado a favor de la minería y las comunidades, actores principales de los conflictos que puede resumir en base del marco legal que la mayoría de los casos está a favor de las inversiones mineras, siendo esto más terrible el estado peruano a rechazo las fiscalizaciones y controles de las inversiones mineras y no solo eso sino a renunciado a la resolución de conflictos que se genera en las comunidades, cabe por esta situación las comunidades no cuenta con muchos recurso puesto que están destruyendo casi todo el recurso con la que cuenta, debido a las incapacidades que tiene el estado de manejar la relaciones entre la minería y las comunidades.

En la región Junín, el túnel Kingsmill, con una longitud de 11,5 kilómetros es uno de los más largos y de mayor descarga de agua entre los que han sido desarrollados por la industria minera de América del Sur. Como Cerro de Pasco entre los años 1929 y 1934, para transportar los minerales hacia la concentradora de Mahr Túnel, actualmente ya no se utiliza para transporte de minerales, sino para el drenaje de aguas de varias minas del distrito de Morococha.

Las aguas son conducidas por un canal desde la salida del Kingsmill hasta el río Yauli, 20 kilómetros aguas arriba de la confluencia, en la Oroya, de ese río con el Mantaro. Estudios realizados a fines del siglo pasado con financiamiento del BID determinaron una descarga para este túnel de 1,12 m<sup>3</sup>/seg en promedio. El pH de la

descarga es ácido (4.3) y las aguas tienen concentraciones de zinc, hierro, manganeso y sólidos suspendidos, que exceden los límites de la legislación ambiental peruana y las recomendaciones del Banco Mundial.

En la ciudad de Cerro de Pasco se han suscitado conflictos con la compañía minera Cia. Minera Volcán

Año	Actores del Conflicto	Descripción
2003-2004	Cía. “Volcán” – Población	Viviendas agrietadas en las paredes y cimientos a consecuencia de las ondas sísmicas producto de disparos mineros.
2004	Cía. Volcán – C.C. Yanamate	Derrame de aguas industriales en los terrenos de la comunidad.
2004	Centromin Perú – Pro inversión – C.P. Champamarca y C.C.	Incumplimiento del Abandono y cierre de los depósitos de desmonte de Excélsior y Quiulacochoa.

Por los expuestos al sector minero en la explotación a tajo abierto en la actualidad se le denomina como generador de un gran porcentaje de problemas ambientales dentro de una ciudad, comunidad, Barrios, Pueblos Jóvenes. Asentamientos Humanos y otros. Por ello en Cerro de Pasco la actividad minera es muy propicia en la condición de su morfología, su género y otros aspectos que lo hacen atractivo para la prospección de sus diversos tipos de minerales.

El Perú es uno de los pocos países que tiene una de las minerías dentro de una ciudad tal es, El Tajo Abierto “RAÚL ROJAS” de la Empresa Cerro S.A.C. - Pasco, sus explotaciones se están realizando al entorno de los **Distrito de Chaupimarca:** barrios Matadería, Rocovich, Baja del Consejo Antiguo, Áreas de la plaza Chaupimarca, calle Márquez, Santa Rosa y el **Distrito de Yanacancha:** Ovalo Descanso al Cementerio, Petroperú, Barrio 27 de noviembre dentro de un área de 1,567 metros lineales.

Por lo cual los impactos ambientales de las emisiones producido por la voladura de rocas son constantes.

Para lo cual se han clasificado los problemas como efectos físicos.

### **Efectos Físicos**

La explotación del recurso natural no renovable genera el mayor impacto ambiental de la minería a tajo abierto, tal es el caso de la Empresa Minera Cerro S.A.C., los efectos físicos. Por las siguientes causas: que son muy diversos

- **Las vibraciones** producidas por la voladura de rocas, afectan el medio ambiente de modo permanente, constituyendo una molestia a las viviendas, construcciones que se encuentran al entorno del tajo, causando daños como rajaduras de las paredes de las casas o hundimientos.
- **Ruidos.** continuos, no deseados en el ambiente humano provocan perturbaciones en la concentración del trabajo, estudio y a la vez crean probabilidades de enfermedades como la sordera.
- **Contaminación con Polvos.** las cuales son levantadas y arrastradas por el aire emitiendo polvos inhalable y respirable y causan corrosión de metales y enfermedades a la salud respiratorias, alergias y la contaminación al aire
- **Gases.** producido por la voladura de rocas producidas por la extracción de los minerales existentes Cu, Pb, Zn, Py, y otros (polimetálicos). Por ello la formación de gases como el CO<sub>2</sub>, CO y NO<sub>x</sub>, que contaminan el medio ambiente en especial a las personas que viven en el entorno del tajo e incluso contaminan a la atmósfera. (Ver
- **Olores fétidos.** fuertes después de la voladura, producen vómitos, mareos (Huevo podrido) a las personas que viven en el entorno del tajo y transeúntes.
- **Humos negros y nitrosos** producido por la voladura donde producen perturbaciones constantes en la comodidad y seguridad de los habitantes.

En base a lo sustentado anteriormente, con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los habitantes de influencia directa, preservar una conservación sostenible para la sociedad, como también mejorar el manejo ambiental en la presente investigación identificará el composición óptima del uso del Anfo en la voladura de rocas y se aplicaran técnicas de control que permitan minimizar los impactos ambiental y evidenciar el nivel de satisfacción por parte de la pobladores adyacente al área de estudio respecto a las medidas tomadas.

## **1.2 Justificación e importancia de la investigación**

Debido a las emisiones constantes que se producen por el uso excesivo del Anfo y la manipulación de los accesorios y algunos factores producido por la voladura de rocas al entorno del tajo Raúl Rojas – Pasco, el presente estudio investiga los impactos ambientales que genera el uso excesivo del Anfo. Las metodologías validadas de identificación y valorización sirven para minimizar los impactos a los límites permisibles producido por la voladura de rocas. Dicha metodología llevará a plantear técnicas de control adicionales que permitirá mitigar los impactos, y con ello estar alineado a las disposiciones normativas como los Decretos Internacionales y Nacionales de la Ley 613 del Medio Ambiente y el Reglamento de Seguridad Minera D.S. 023 M.E.M. 2016, con ello controlar dichas amenazas ambientales y lograr así el beneficio de la población y por ende elevar la calidad de vida de las personas que viven en el entorno del tajo y transeúntes.

Por parte de la Empresa es realizar constante monitoreo para reducir los impactos ambientales resultado de la voladura de rocas al entorno de tajo, para minimizar los problemas sociales con la población.

### **Ambiental**

La cuantificación de dichos impactos ambientales contribuirá a tomar decisiones de minimización mediante la aplicación de técnicas de control al momento de utilizar el explosivo Anfo, desarrollar planes de manejo ambiental, y mitigar los impactos más significativos acorde a los límites permisibles. Dichos procedimientos de manejo ambiental evitan los conflictos sociales.

### **Seguridad y salud ocupacional**

Por otro lado, dicha cuantificación ayuda a analizar los riesgos en salud ocupacional a los que se encuentran trabajando directamente con la operación de voladura de rocas, y poder tener un control reduciendo o eliminando dichos agentes que afecten a la salud de los trabajadores.

### **Social**

Con una adecuada identificación, valoración de los impactos ambientales, cuantificación y minimización mediante planes de manejo cuyo resultado brindara mejores condiciones de vida a la población aledañas y generar una confianza, estableciendo buenas relaciones comunitarias. Así como promover una cultura ambiental en los centros aledaños.

### **1.3 Viabilidad de la investigación**

Se cuenta con el acceso necesario de información como son; libros, revistas e internet.

En el aspecto técnico se cuenta con todos los recursos para realizar los estudios de impacto ambiental, así como los instrumentos de monitoreo y la plana de especialista para la proposición de las medidas de control ambiental según los límites permisibles.

En el aspecto social se desarrollará una comunicación de concientización con la población aledaña sobre los estudios para la minimización de los impactos ambientales y con ello tener el un libre al área de influencia de contaminación de la compañía minera.

Con respecto al acceso de información de la compañía minera se cuenta con un consentimiento informado para realizar el estudio respetando los protocolos de bioseguridad ante el COVID – 19.

El financiamiento de esta investigación será de recurso propio del investigador. No requiriendo del apoyo alguno para su cumplimiento.

## **1.4 Formulación del problema**

### **1.4.1 Problema general**

¿En qué medida se minimizan los impactos ambientales producido por la voladura de rocas al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco?

### **1.4.2 Problemas específicos**

- ¿En qué medida las técnicas de la voladura de rocas minimizan el impacto ambiental “Proyección de rocas o flyrock” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco?
- ¿En qué medida las técnicas de la voladura de rocas minimizan el impacto ambiental “Vibraciones” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco?
- ¿En qué medida las técnicas de la voladura de rocas minimizan el impacto ambiental “Ruidos” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco?
- ¿En qué medida las técnicas de la voladura de rocas minimizan el impacto ambiental “Polvos y Gases” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco?

## **1.5 Formulación de objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Minimizar los impactos ambientales producido por la voladura de rocas al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Determinar las técnicas de la voladura de rocas para minimizar el impacto ambiental “Proyección de rocas o flyrock” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.
- Determinar las técnicas de la voladura de rocas para minimizar el impacto ambiental “Vibraciones” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.
- Determinar las técnicas de la voladura de rocas para minimizar el impacto ambiental “Ruidos” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.
- Determinar las técnicas de la voladura de rocas para minimizar el impacto ambiental “Polvos y Gases” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de investigación

Los presentes estudios similares no se encuentran, porque no hay una minería a Tajo Abierto en el centro de una ciudad como la de la Empresa Administradora Cerro S.A.C., de Pasco., por lo cual es un estudio de Investigación Inédita.

#### 2.1.1 Internacionales

Mendoza Muñoz (2014) en su tesis titulada “Optimización de la voladura controlada aplicando un modelo matemático en la unidad minera Paraíso-Ecuador”. Se propuso diseñar mallas de perforación y voladura subterránea controlada, aplicando un modelo matemático de Voladura. La metodología empleada por el autor en mención fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo y explicativo con un diseño experimental, correlacional y causal. Su población estuvo conformada por la Unidad Minera Paraíso-Ecuador, para la obtención de información usaron la revisión de reportes relacionados a las operaciones mineras y control detallado de los procesos del ciclo de minado de perforación y voladura. Concluyendo:

- Se logró la reducción del Costo unitario total de Mina en 61,41 \$/ML equivalente al 22% en comparación con lo que se venía obteniendo. Representando esto una reducción en costos operativos de Mina de 76 762,50 \$ al año.
- La mayor reducción de costo operativo se obtuvo en la operación unitaria de voladura a 59,70 \$/ML (30,81% de la reducción total), seguido por la Perforación 30,07 \$/ML (42,41% de la reducción total), la limpieza-acarreo de 7,63 \$/Ton se redujo en 1,17 \$/ton (9,51 % de la reducción total), una importante mejora en el ciclo de extracción, se minimizó el sostenimiento y beneficios económicos interesantes no mapeados en este trabajo.
- La reducción en costos operativos por los ahorros en la reducción de la voladura secundaria y el incremento en la vida de los aceros de perforación ascienden a un monto de 27 675,00 \$ al año.

- El diseño de mallas de perforación y distribución del carguío en función al tipo de roca, permitió la reducción del número de taladros y costo por taladro que era de 8.84 \$/taladro a 1,14 \$/taladro
- El monto de ahorro total en labores de avance fue de \$ 73 636,36 al año en voladura por la optimización del factor de potencia y factor de avance.
- El costo por metro de avance en un Crucero antes 406,51 \$/ML, al ser optimizado este costo bajo a 331,06 \$/ML en caso se usará el Emulex el costo sería 290,18\$/ML.

### **2.1.2 Nacionales**

Vilela Sangay (2015) en su estudio de “Análisis de factibilidad para el uso de anfo pesado a base de emulsión gasificable en minera Yanacocha”. Tuvo por objetivo realizar la determinación de las ventajas técnicas, operativas y económicas que son un aporte para que se utilice la emulsión gasificable, para que se fabrique el ANFO pesado. El método de investigación planteado fue la herramienta de mejora DMAIC. Concluyendo que:

- El uso de ANFO Pesado 73 gasificado logró mejores resultados que los ANFOs Pesados 46 y 64 a base de emulsión matriz en el aspecto operativo, medioambiental, de seguridad y económico.
- En el aspecto operativo se determinó un incremento en el dig-rate (tasa de excavación) de los equipos de minado en un rango de 3-23%, en seis de los nueve casos analizados con el uso de ANFO Pesado 73 gasificado.
- Desde el punto de vista medioambiental y en términos de seguridad, se redujo significativamente la generación de humos nitrosos, los cuales generaban demoras operativas y significaban un riesgo para los trabajadores.
- Económicamente se demostró un ahorro promedio de \$8.0 por taladro en el reemplazo de ANFO Pesado 46 a base de emulsión matriz aplicado para material duro; y un promedio de \$14.5 por taladro para el reemplazo de ANFO Pesado 64 a base de emulsión matriz usado en taladros con agua.

- Finalmente, Minera Yanacocha decidió implementar la utilización del ANFO Pesado 73 a base de emulsión gasificable, para el reemplazo de las mezclas de ANFOs Pesados 46 y 64 a base de emulsión matriz.
- La aceptación del uso de emulsión gasificable en la operación abre un panorama para la investigación en más proyectos, tanto para el estudio de emulsión gasificable pura, así como el aprovechamiento de sus ventajas explosivas y energéticas, como el aumento de tamaño de mallas de perforación.

Rodriguez Robles (2015) en su tesis titulada “Perforación y voladura de rocas en la compañía minera los Chunchos SAC”. Se propuso estudiar las operaciones binomiales para perforar y voladura de rocas son principales para la obtención de una buena fragmentación, con ello se logra la reducción de los costos operacionales, con ello se obtiene más rentabilidad para la empresa. Concluye que:

- En la actualidad producen al mes 15,000Tm.
- Tienen una buena fragmentación.
- Cuando el macizo rocoso es seco, cada taladro debe ser cargado con un promedio de 1 Kg de ANFO por taladro.
- No se hace cálculo de la dilución obtenida en la operación de voladura de rocas.
- Asimismo, si el techo de la labor minera se encuentra algo alterado se emplea voladura controlada.

Arce y Bringas (2020) en su tesis titulada “Incidencia de la tecnología plasma en la variación de los efectos de las vibraciones producidas por operaciones de voladura en minería superficial, Cajamarca, 2020”. Se plantearon como objetivo la determinación de cómo incidía la Tecnología Plasma en la variación de los efectos de las vibraciones producidas por operaciones de voladura. La metodología que emplearon fue de tipo cuantitativa, nivel correlacional y de diseño no experimental, con una población conformada por cada operación de voladura, emplearon la técnica de la observación directa. Llegaron a las siguientes conclusiones:

- En relación a la determinación de los efectos de las vibraciones por operaciones de voladura con el uso tradicional de explosivos en la minería superficial, se concluye que, tales efectos generan ondas vibratorias de magnitud importante que son transmitidas hacia las edificaciones cercanas y podrían afectar considerablemente. Los parámetros preponderantes que inciden en el incremento en la magnitud de la velocidad pico de partícula PPV (mm/s), son: la Distancia (m) desde el punto en el que se lleva a cabo voladura hasta el lugar de la medición y la Cantidad de explosivos utilizados (Kg). La PPV se incrementa a menores distancias y ha mayor cantidad de explosivos.
- Existe una notable reducción en las mediciones de ondas vibratorias que favorecen tanto a la continuidad operativa de la mina y áreas colindantes, no se han generado niveles altos de ruido por lo tanto se han anulado efectos perturbadores tanto en el personal como pobladores aledaños.
- Del análisis comparativo de las mediciones de los efectos de las vibraciones tanto en voladura convencional con el uso de explosivos y con el uso de la tecnología plasma, concluimos que, es perfectamente posible minimizar el impacto tanto en instalaciones, así como en el área de influencia del proyecto, el medio ambiente colindante, con mínimos niveles de vibración, inexistente emisión de gases tóxicos y evacuaciones. Además del favorecimiento a la optimización de recursos, que otros proyectos podrían aplicar.

### **2.1.3 Locales**

Alfaro Sulca (2016) en su tesis titulado “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”, tuvo el objetivo de realizar la determinación del diseño de la malla de perforación y voladura en la cantera. El tipo de investigación fue descriptiva. Tuvo como conclusiones lo siguiente:

- Con los índices geomecánicos tomados en campo se diseñó la malla de perforación y voladura, mediante la evaluación del macizo rocoso se obtiene parámetros: RMR 42, RQD 42,32 % y factor de roca 4,06, de tal manera se determina el factor de carga  $F_c$  0,19 kg/m<sup>3</sup>. Para calcular el burden se estima mediante la fórmula de Pearse, B 4,0 m. y E 4,0 m. de esta forma se ha obtenido una fragmentación con una granulometría de tamaño característico de 44 cm pasante en un 63 %, implica que el 37 % son de tamaño grueso mayor a 44 cm, por tanto, responde con granulometría aceptable.
- Con estos parámetros de campo se ha diseñado una malla de perforación y voladura en el que produzca roca de granulometría gruesa, los resultados de la voladura se han evaluado mediante mediciones en campo y fotografías que deducen la mejora con respecto a los resultados anteriores, los resultados de la voladura actual son: tamaños de 0,80 m a 1,20 m. L
- La producción de roca es suficiente y aceptable, cubre la necesidad de volumen requerido para la construcción de la presa, mediante el cálculo de la flota de equipos a ser usado, para la explotación en cantera satisface la productividad necesaria por guardia, terminando de proveer el material para enrocado en el debido tiempo programado, para cumplir se usó 01 perforadora hidráulica de marca Ranger modelo DX 700, 02 excavadoras CAT 365 con capacidad de 2,24 m<sup>3</sup> y 23 volquetes con capacidad de 15 m<sup>3</sup>.

Paz Artica (2018) en su tesis titulada “Optimización de perforación y voladura en la veta María Rosa de la empresa minera Volcán unidad Chungar Pasco”. Cuyo objetivo fue optimizar la actividad en perforación, y voladura. La metodología empleada por el autor en mención fue de tipo analítico experimental, nivel de aplicación a profesionales, y personal de mando medio. Su población estuvo conformada por la empresa minera VOLCAN UNIDAD CHUNGAR S.A.C., las técnicas empleadas para la recolección de datos fue el análisis documental del Programa Anual de producción. Llegando a las siguientes conclusiones:

- La etapa más importante de la minería subterránea es la perforación obteniendo el mayor rendimiento de avance con la malla adecuada para realizar el breasting, teniendo el 80% de efectividad para ser rentable.
- La voladura también es parte fundamental para obtener el mineral roto apropiado, además el control de la apertura no dañando las cajas encajonantes del mineral.
- El sostenimiento empleado dependerá del tipo de perforación y voladura obtenida y evaluada por el área de geomecánica.
- La seguridad de todo el personal será efectiva con las secciones diseñadas para la explotación de mineral en veta María Rosa controlando la perforación y voladura.
- Hoy en la actualidad la Unidad Chungar, es exigente en los trabajos realizados con el adicional de CALIDAD, respetando la regla básica DISCIPLINA OPERATIVA.

Carhuallanqui Ponce (2019) en su tesis titulado “Incidencia de la capacitación, supervisión y control en perforación y voladura en los trabajadores - contrata JRC – Unidad Minera el Brocal - Colquijirca – Pasco”. Tuvo el propósito de realizar la determinación de como incide la capacitación, supervisión y control en perforación y voladura en los trabajadores de la contrata JRC, la metodología empleada fue el científico - cualitativa, de tipo aplicada y de nivel descriptivo – correlacional, de diseño cuasi experimental, la población estuvo conformada por los maestros cargadores, ayudantes cargadores y operadores de jumbo de las tres guardias A, B, C. Llegaron a las siguientes conclusiones:

- La incidencia de la capacitación, supervisión y control en perforación y voladura, fue una mejora por qué se disminuyó las voladuras secundarias, la cantidad de explosivo que se utilizaba por cada frente a disparar, se aumentó el avance y disminuyendo el sobre rotura.
- EL resultado de la capacitación la perforación, pintado de malla, pintado de punto de dirección, seguimiento en pintado de gradiente, pintado del arranque,

entubado de los taladros de arrastre, paralelismo entre taladros, fue beneficiosa porque se disminuyó las voladuras secundarias y se obtuvo en promedio 0.15cm más en avance lineal.

- El consumo de explosivos disminuyó en 1.75 kg debido que se redujo la cantidad de taladros cargados en la malla de perforación, se realizó el seguimiento para que el explosivo sobrante pueda llegar hasta el polvorín y realizar el formato de devolución.

- En la sobre rotura se disminuyó en un 1.79% el cual es 9.32 metros cúbicos, el cual es beneficioso para la contrata, porque las labores ya no tienen desnivel, al momento de la limpieza se realiza más rápido, no se daña el terreno y las multas por sobre rotura que coloca la empresa ya no se tiene.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 *La Minería*

Es la actividad encargada de las extracciones, explotaciones y aprovechamientos de los distintos minerales que están bajo la tierra, estos minerales cuentan con un valor alto en el mercado internacional. “Los metales están mezclados con muchos otros elementos, pero ocasionalmente se encuentran grandes cantidades de ciertos metales concentrados en un área relativamente pequeña el yacimiento de donde se puede extraer uno o más metales con beneficio económico”. (Carrere, 2004)

Los impactos de la minería tienen que ver con la mina en sí, con la eliminación de los residuos de la mina, con el transporte del mineral y con el procesamiento del mismo, que a menudo involucra o produce materiales peligrosos. (Carrere, 2004)

#### **La minería a cielo abierto (o de tajo abierto).**

“Es aquella que se realiza en la superficie con maquinaria moderna, removiendo grandes cantidades de tierra y dejando un pozo inmenso que se llama tajo”. (López Ascarza, 2000)

### **2.2.2 Voladura de rocas**

Es uno de los medios más importantes que las zonas mineras usan para extraer los minerales este tipo de actividad se desarrolla en cielo abierto. Los explosivos liberan una gran cantidad de energía durante la explosión, en donde, sólo el 20-30% es utilizada para la ruptura y el desplazamiento de las rocas, mientras que el resto de esta energía se desperdicia en forma de efectos secundarios ambientales (Ghasemi et al., 2011).

La voladura se puede definir como la primera fase, que es presentada por ondas de detonación de mayor a menor velocidad, tiene el fin de fragmentar las rocas. Con una sustancia explosiva, que al entrar en acción origina una onda de choque y, mediante una reacción, libera gases a una alta presión y temperatura de una forma sustancialmente instantánea, para arrancar, fracturar o remover una cantidad de material según los parámetros de diseño de la voladura misma (Glosario Técnico Minero, 2003).

La fragmentación de rocas por voladura comprende a la acción de un explosivo y a la consecuente respuesta de la masa de roca circundante, involucrando factores de tiempo, energía termodinámica, ondas de presión, mecánica de rocas y otros, en un rápido y complejo mecanismo de iteración (Centro Tecnológico de Voladura EXSA S. A, 2009).

#### **Accesorios de voladura**

##### **Tipo de explosivo y carguío**

La base esencial de todos los explosivos comerciales disponibles en el mercado sigue siendo el Nitrato de Amonio (AN) típicamente en forma seca, mezclada con Combustible para producir ANFO. No obstante, a través del pasar de los años el mismo concepto explosivo ha sido utilizado en nuevas y distintas formas, tales como agua-gel y emulsiones. Una gran utilidad de estos últimos -precisa Adam son- es su resistencia a la presencia de agua (donde el Anfo se disuelve), además de su posible uso para aumentar la capacidad de fracturar roca, debido a su elevada densidad comparada con la de Anfo. De hecho, una ventaja interesante que ofrecen las emulsiones es su habilidad de variar en densidad (por la vía de sensibilización o a través de combinaciones

con Anfo) y así modificar el impacto de su detonación sobre la roca. También ocurre que la forma de actuar, tanto en términos de su detonación como en su forma de afectar la roca, varía ampliamente de acuerdo al explosivo y las características de la roca. "Uno de los principales temas de investigación y desarrollo que ocupa el tiempo de compañías mineras, proveedoras, centros de investigación y consultoras, es lograr la correcta combinación de propiedades del explosivo (velocidad de detonación o V o D, densidad, energía intrínseca, etc.) y propiedades de la roca (resistencia, densidad, estructura in situ, etc.) para producir una pila de roca de características (granulometría y desplazamiento) y nivel controlado de daño".

- **Anfo:** resultado de la combinación del nitrato de amonio grado y combustible, es una mezcla explosiva que se a nivel mundial se hace uso de este explosivo, puesto que contiene un costo bajo y es seguro ante la manipulación. El rendimiento del ANFO cuenta con series de factores como el nitrato de amonio.
- **Booster:** Son explosivos que contienen ingredientes de alta potencia y son usados para iniciar mezclas explosivas insensibles como agentes de voladura, los cuales pueden ser iniciados por sistemas normales y pueden ser iniciados por un fulminante común N° 6 un cordón detonante de cualquier gramaje 3p – 5p – 10p que tienen una alta velocidad de detonación, 22,000 p/s.
- **Detonador con retardo no eléctrico:** Esta se compone de una cápsula de aluminio, la cual contiene una gran carga dentro de su base, una vez activado éste transmite ondas explosivas en su interior de un nivel baja hasta un nivel elevado que viene ser el detonador de retardo.

### 2.2.3 *Anfo*

Viene ser la mezcla del nitrato de amónicos poros con gasoil en base de 5.5% de peso, esta se puede usar en formato encartuchado para ciertas aplicaciones, este tipo de productos se envasan en sacos de 15 a 20 kg dependerá de la gravedad del camión.

En la actualidad la gran parte de los distintos países hacen uso de las voladuras, el uso principal es en las actividades mineras, debido a su unidad de fabricación y carga.

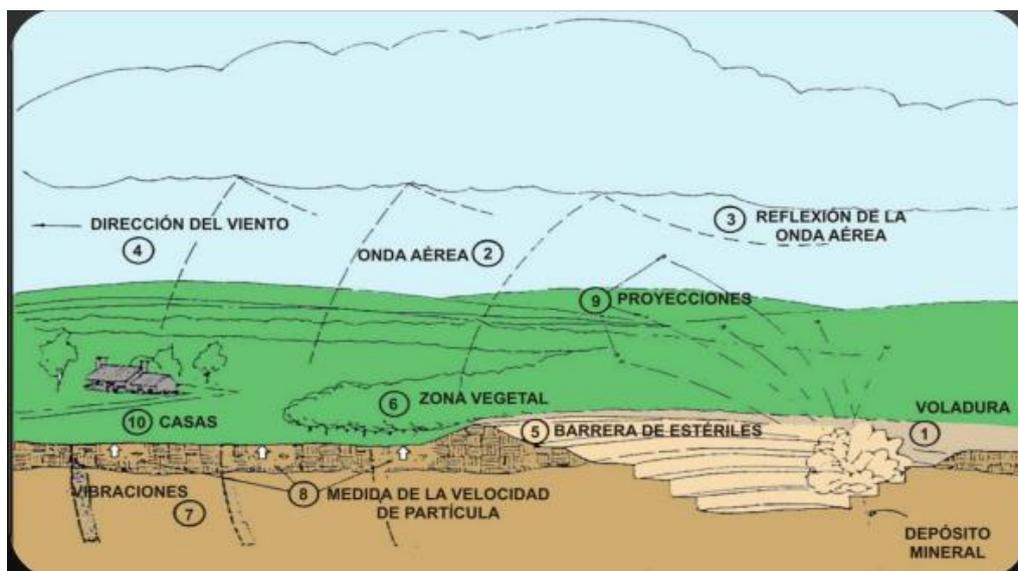
Cabe señalar que el ANFO no se puede mezclar con el petróleo, kerosene y gasolina, puesto que crece las posibilidades de peligro ante una explosión de vapor ya cuenta con alto grado de volatilidad con punto de iniciación, así como también GLB crudo ya que cuenta con impurezas y esto solo generaría mayor sensibilidad a la mezcla.

#### 2.2.4 Impactos ambientales de la Voladura de Rocas

Según (Konya, 1983), “la presión de choque es una presión transitoria, que viaja a la velocidad de detonación del explosivo. Se estima que esta presión sólo representa del 10% al 15 % de toda la energía de trabajo disponible en un explosivo. La presión de gas equivale del 85% al 90% de la energía útil del explosivo”.

**Figura 1**

*Impactos ambientales de la voladura*



*Nota.* Fuente: Hugo Banegas, Impacto ambiental de la voladura, 2020

Todos forman parte de los aspectos ambientales que genera el uso de energía bajo las actividades extractivas que causa un gran efecto al entorno ambiental. El efecto ambiental es el cambio en un elemento o factor ambiental como resultado parcial o completo de una actividad o servicio.

(Richard A. Dick, 1983) indica cuatro efectos ambientales que genera la voladura:

- Predominio de las rocas o flyrock.
- Oscilaciones de los suelos.
- Porrazo o sobrepresión de aire.
- Gas y polvos.

(Richard A. Dick, 1983) nos da el siguiente concepto de los efectos secundarios que se produce:

Las cantidades excesivas de estos efectos secundarios indeseables son causadas por inapropiado diseño de voladura o falta de información geológica en términos generales, cuando se producen efectos secundarios excesivos, parte de la energía del explosivo que estaba destinada a proporcionar la cantidad adecuada de fragmentación y el desplazamiento de la roca se pierde a través de estos efectos ambientales, el graves problemas de polvo o gas son raramente causados por las voladuras puesto que una cantidad de polvo puede ser causada por un disparo violento y los gases nocivos, normalmente óxidos de nitrógeno o monóxido de carbono, son el resultado de una reacción explosiva ineficiente.

Realizar un estudio antes de producir voladura tiene dos propósitos importantes, el primer punto se trata de aumentar la previa comunicación entre la mina y sus alrededores. Cabe señalar que hace muchos años atrás se aplicaban las buenas relaciones humanas en el medio más importante para minimizar las causas. Existen estudios que afirman que un buen estudio antepuesto ayuda a las actividades mineras a conservar las buenas relaciones con sus alrededores.

El segundo fin se debe considerar los estudios anticipados a ejecutar la voladura con la finalidad suministrar registros con referencias a las condiciones de la estructura la cuál puede facilitar para las evaluaciones de los efectos secundarios que pueda producir la voladura.

Se debe contar con un base general de bases de datos las cuales deben contener registros de voladuras la cual deben contener: las vibraciones, ruido, nivel de gases, fragmentación, la distancia de zonas aledañas que pueden ser sensibles ante la voladura, con la con la finalidad de soslayar cualquier disputa con las comunidades aledañas y auditorías que se generan por el estado peruano.

### **Proyección de rocas o Fly rock**

(McKenzie, 1987) La proyección de rocas es el desplazamiento no deseado de rocas desde un área de voladura, tradicionalmente, difícil para los especialistas estimar la distancia a la cual una roca viajará aún en condiciones de voladura controlada.

Esta causa suele ser más peligrosa puesto que representa muchos riesgos para las personas, posiblemente las proyecciones de roca pueden volar y salir de los límites que se señala de la mina y genera daños a sus alrededores.

### **Figura 2**

*Proyección de rocas en una voladura*

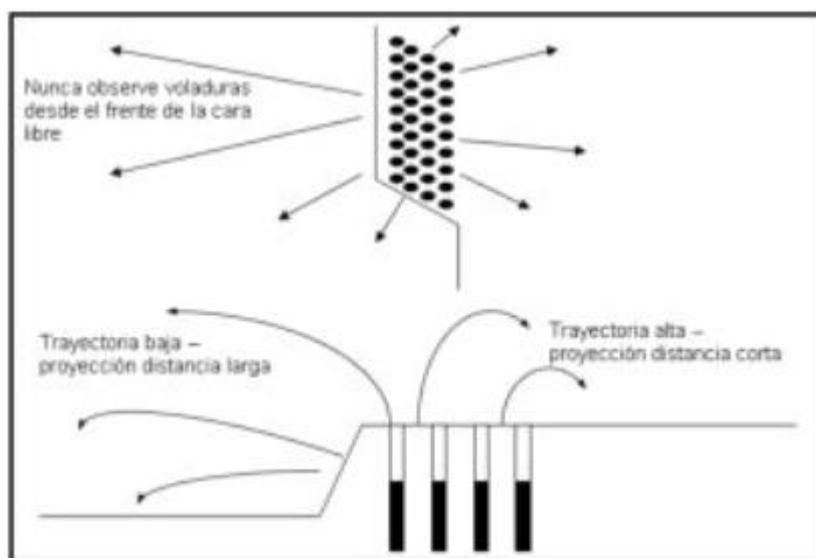


*Nota.* Fuente: Cebrian y Carrasco. Últimas tecnologías para el control de proyecciones, 2005

El recorrido de las rocas fragmentadas puede llegar a ser de forma parabólica y elíptica con gran distancia de los alcances horizontales en dirección de la voladura, por lo general se genera de forma vertical la cual genera pocos daños.

**Figura 3**

*Trayectoria alta y baja de fragmentos*



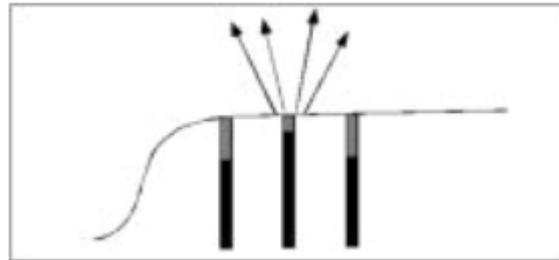
Fuente: Blast Dynamics Inc.1998

El desprendimiento de las rocas es producto de la voladura de minería superficial y de las obras de ingeniería civil, peligro que afecta a área de influencia directa, como las mismas instalaciones mineras, comunidades aledañas que están dentro del radio de influencia de riesgo.

### ***Causas de la proyección de rocas***

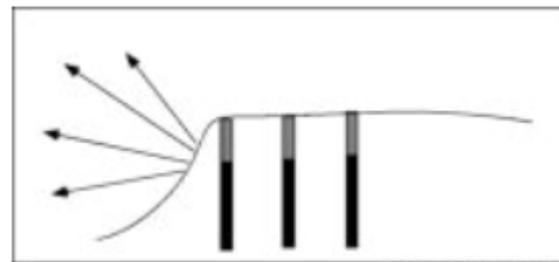
(Floyd, 1998) describe las causas típicas de la generación de proyección de rocas.

La sobrecarga explosiva se debe a los descuidos del blaster bajo los controles de carga, una longitud errada del tapón y uso de corte de las perforaciones de los materiales de coberturas para la destrucción de la capa superior debido a la sobre perforación excesiva.

**Figura 4***Proyecciones por sobrecarga de explosivos*

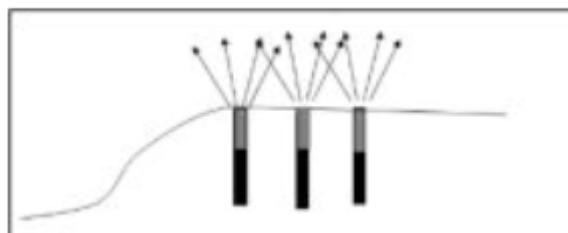
Fuente: Blast Dynamics Inc.1998

La carga inadecuada en la primera fila puede ser por la falla de los cálculos ante la carga en base de las excavaciones de la cara libre, las perforaciones de uso inadecuado y otras roturas de la voladura.

**Figura 5***Proyecciones de roca por Burden inadecuado*

Fuente: Blast Dynamics Inc.

Diseño inadecuado del Burden, una mala colocación de la malla perforadora y mala ejecución.

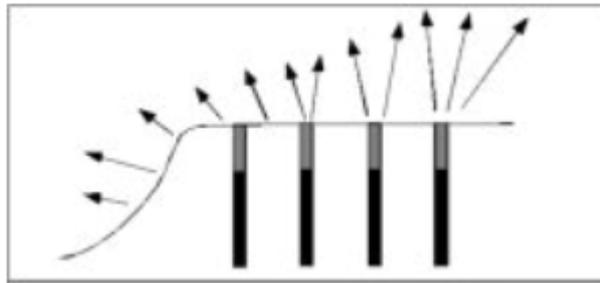
**Figura 6***Proyecciones de roca por Burden excesivo*

Fuente: Blast Dynamics Inc.1998

Los tiempos impropios entre las filas esto se da por la mala configuraciones del retardo, mal diseño y dispersión de los detonadores.

### Figura 7

*Proyecciones de roca por tiempos inadecuados entre filas*

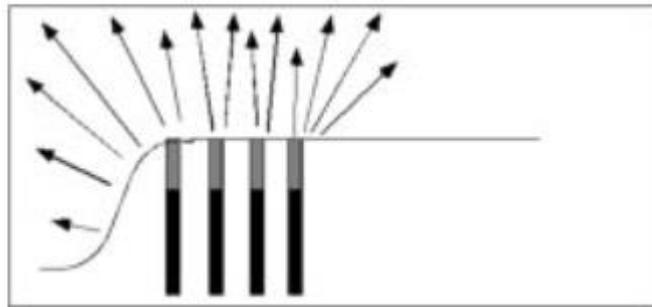


Fuente: Blast Dynamics Inc.1998

El factor de carga excesivo, se produce por usar un taladro muy grande, la carga poder muy densa e inadecuada como su implementación de los tacos.

### Figura 8

*Proyecciones de roca por Factor de carga excesivo*

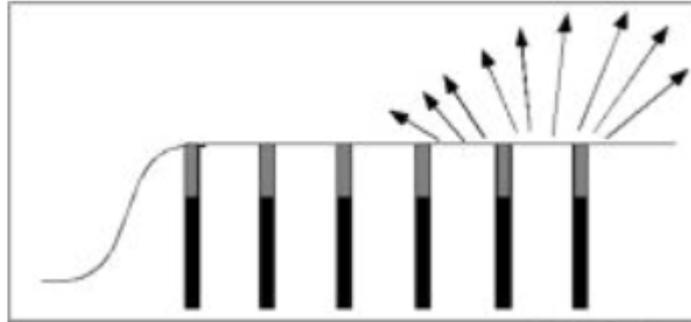


Fuente: Blast Dynamics Inc.1998

Las voladuras cuentan con muchas filas, puesto que cuenta con el confinamiento posterior excesivo y diseño impropio.

**Figura 9**

*Proyección de roca por demasiadas filas en voladura*

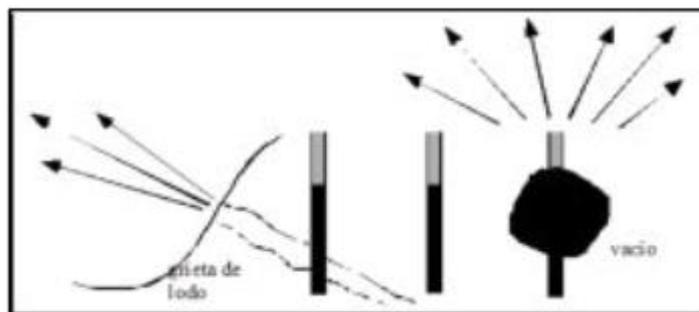


Fuente: Blast Dynamics Inc.1998

La geología adversa, cuenta con la estructura débil o suaves, a lo que la energía explota de forma ineficiente, y las cavidades causan sobrecarga del taladro.

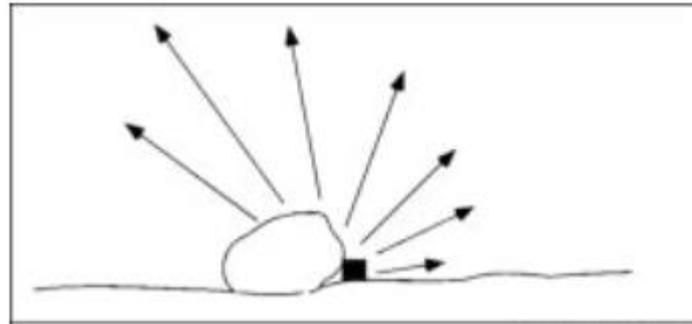
**Figura 10**

*Proyecciones de roca por geología adversa*



Fuente: Blast Dynamics Inc.1998

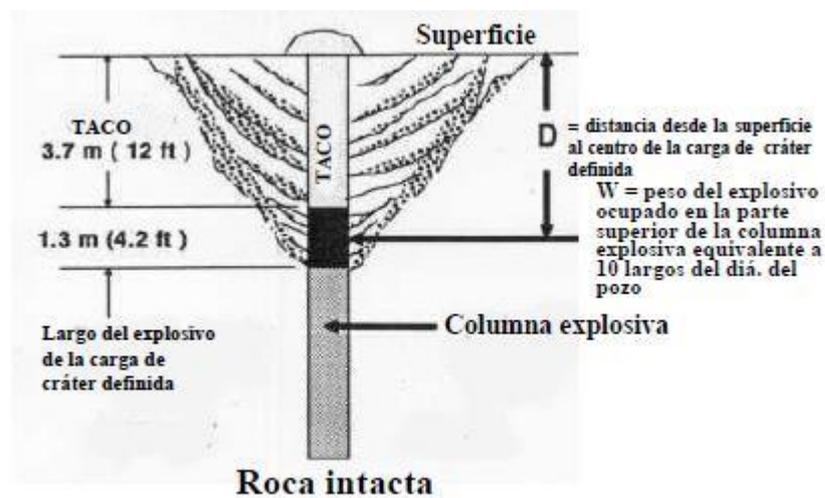
La voladura secundaria se genera por falta de energía o puede ser por la sobrecarga de los explosivos en los confinamientos.

**Figura 11***Proyecciones de roca por voladura secundaria*

Fuente: Blast Dynamics Inc.1998

***Mitigación y control de proyección de rocas***

(Chiappetta, 2015) desarrolló el procedimiento para determinar la longitud de taco adecuado para minimizar la proyección de flyrocks basado en resultados obtenidos de pruebas de cráter y filmaciones con cámara de alta velocidad. Dicho cálculo es la Profundidad Escalada de Entierro (SD).

**Figura 12***Parámetros para determinar la SD*

Fuente: Chiappetta Frank, 2015

Para determinar SD según la figura 12 se tiene la siguiente formula:

$$SD = D / W^{1/3}$$

Donde:

SD = Scale Depth of Burial.

D = Medida desde el collar del taladro hasta el centro de una carga igual a 10 veces el diámetro del taladro, en metros.

$$D = T + Lw/2$$

T = Longitud del taco en metros.

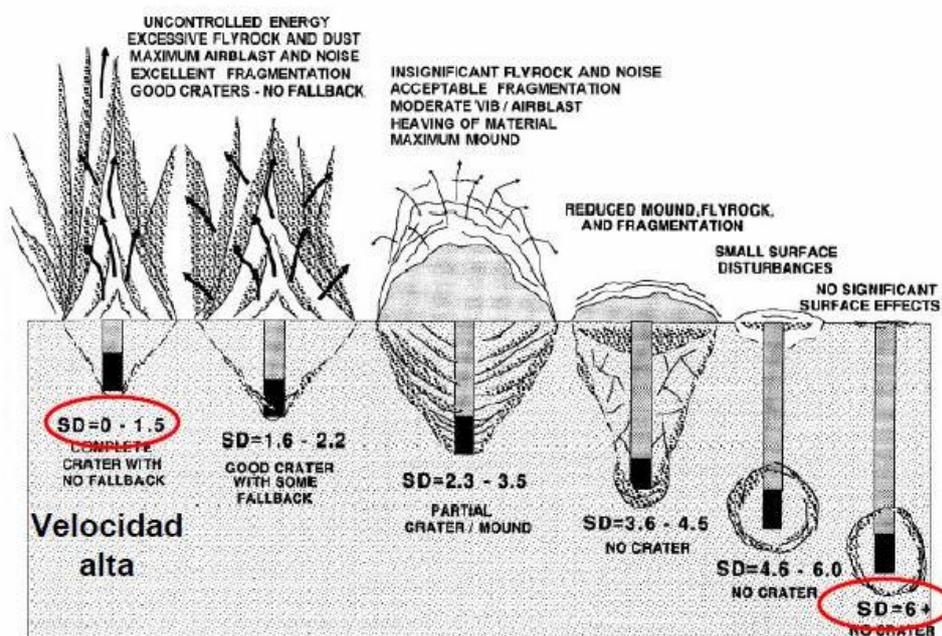
Lw = Longitud de carga igual a 10 veces el diámetro del taladro en metros.

W = Peso del explosivo de la longitud de carga igual a 10 veces el diámetro del taladro, en kg.

Una vez determinado el SD se procede a verificar su impacto.

**Figura 13**

*Profundidad de Entierro Escalada según Chiappetta*



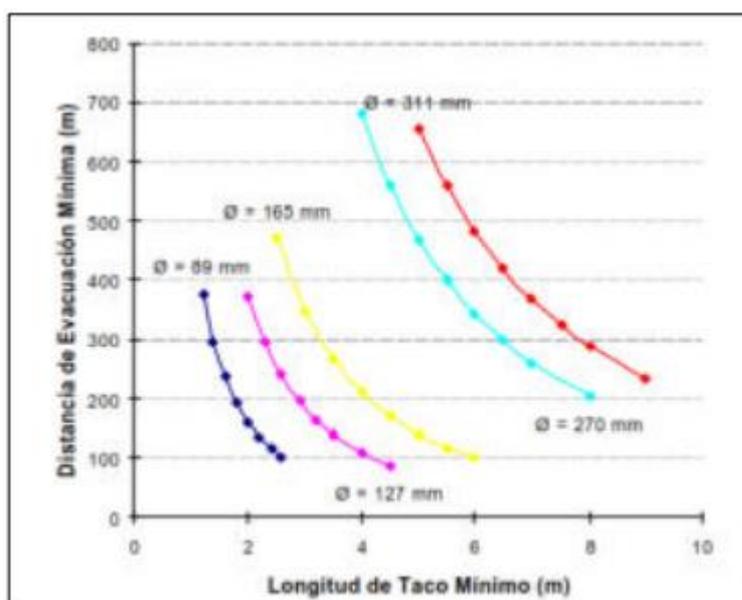
Fuente: Chiappetta Frank, 2015

Existen varios modelos de predicción de rango de proyección de roca para determinar una distancia que comprenda una zona de seguridad libre de daño.

(Cameron McKenzie, 2008) desarrolla un modelo de flyrock producido por voladura con la finalidad de estimar la velocidad de lanzamiento de fragmentos en base a la Profundidad Escalada de Entierro (SD) usando una ecuación tipo impulso; asimismo, estimar la distancia máxima de proyección en función de velocidad de lanzamiento, con esta información cuantificar el riesgo de distancia de separación de la voladura.

**Figura 14**

*Distancias de evacuación del personal para distintas condiciones de voladura*



Fuente: Rango de Flyrock & Predicción del Tamaño de los Fragmentos, Mc Kenzie, 2008

(Blas, 2000) indica que:

A pesar de una planificación cuidadosa y un buen diseño de la voladura, ocasionalmente puede ocurrir una roca volada y siempre debe protegerse contra ella ubicando personas y equipos fuera del radio de influencia de la voladura en función a distancias establecidas por los

procedimientos de trabajo y normativa legal, así como las señales de advertencia para la ejecución de la voladura tales como sirenas, letreros informativos y correos electrónicos a todos los usuarios, es importante mantener un horario establecido de voladura y realizar un chequeo de la zona de influencia para asegurar que no exista personal ni equipos en riesgo; el encargado de liderar la voladura debe ubicarse en un punto donde tenga la mayor visión del área para observar la detonación de todos los taladros.

Cabe precisar e indicar las distancias más seguras y establecer las longitudes mínimas del taco del taladro, en los controles de generación de los conocidos “flyrocks” la cuales se designa los siguientes puntos:

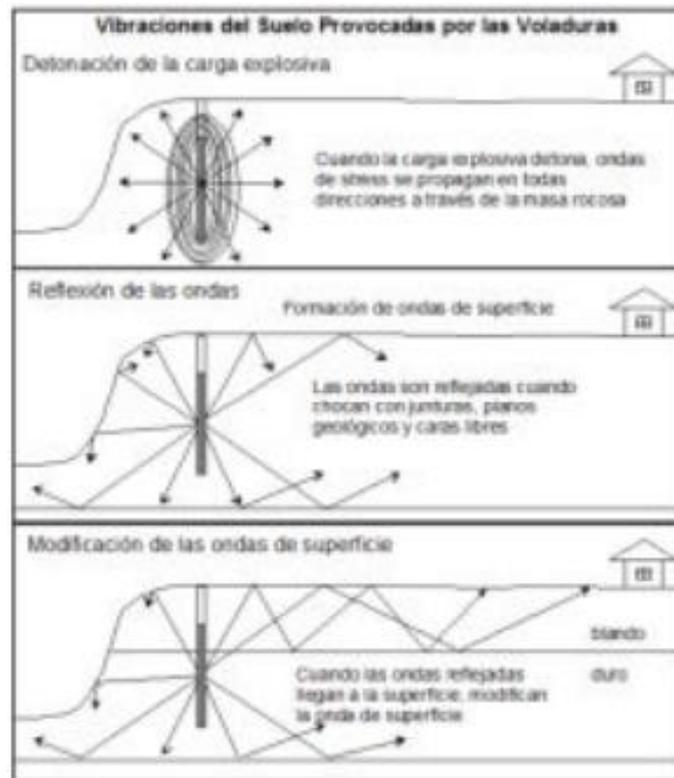
- Ejecutar el mapeo geológico, considerar el tipo de terreno la cuál ejecuta las variables exógenas, por ello el área debe ser entregada antes de la ejecución de la voladura.
- El diseño debe ser realizada con cara libre, con distribución rectangular y con menos filas.
- Identificar la cavidad, túneles como las galerías que serán perforadas con la finalidad de contar la exactitud de los planos para ser ejecutados y así poder calcular la carga explosiva.
- Contar con los materiales adecuados como el chancado y ya no hacer uso del detritus, este material cuenta con tamaño de 1 a 1.5 p.
- Tener el uso de los dispositivos de retención de tacos, con la finalidad de conservar confinada los milisegundos de energía explosiva, y la otra finalidad viene ser las reducciones de proporción de las rocas y sobrepresión del aire.
- Es importante no usar mas de 100 ms de detonadores, ni iniciar cargar en la parte superior de las columnas, para dar inicio al timing adecuado.
- Es importante contar con las perforaciones y crestas en contacto entre las voladuras para ejecutar un replanteo en los puntos de perforación.

- Realizar la medición de las cargas que se concretara en las zonas críticas, adyacentes a los puntos vulnerables.

Una manera de poder prevenir las influencias de las rocas en las zonas mas aledañas es cubriendo la voladura, es importante tomar en cuenta esta prevención si se cuenta con viviendas que estén en riesgo de daño, para este tipo de casos se cuenta con mantas de jebe, están hechas de neumáticos usados, con trozos de banda transportadoras las cuales están unidas con trozos de cables, aceros y cadenas. Estas mantas cubren todo el suelo, Las dimensiones típicas son de 10 a 12 m<sup>2</sup>, con una pila de tierra o sacos de arena para asegurarlos al suelo. Estos son los medios más utilizados. Por razones prácticas, se recomienda que el peso del revestimiento sea el mismo que el peso de la roca de voladura. Esto no es práctico para voladuras pesadas. En estos casos, es preferible tener un ambiente que emita continuamente cargas reducidas, esté protegido contra impactos, esté cubierto y sea bien tolerado.

#### **Vibraciones en el terreno**

Las explosiones provocan que vibren el suelo. Cuando se emite una explotación explota como un taladro, se genera ondas que chocan entre sí y desmenuza todo lo que se encuentra a su alrededor se propaga hacia afuera en forma de ondas sísmicas u oscilantes, lo que da como resultado varias grietas con fragmentación. Cuando la onda penetra el suelo particular, ese suelo vibra.

**Figura 15***Vibraciones en el suelo generadas por voladuras*

Fuente: Blast Dynamics Inc. 1998

La vibración de un material cualquiera viene a ser la oscilación de las partículas en torno a su posición de equilibrio. (Scherpenisse, 1997)

La vibración generada por las explosiones considera como ondas de tipo sinusoidal, donde los parámetros básicos de análisis son:

- Para. Amplitud este es el deslizamiento máximo de los puntos en el suelo viene desde una posición estacionaria, medido en pulgadas y milímetros.
- La velocidad de las Partícula: son la velocidad que se mueve un punto, expresada en pulgadas/segundo.
- Aceleración: Esta es la tasa que genera la velocidad en 2/seg. O en mm<sup>2</sup>/seg.
- Frecuencia: El número de ciclos por segundo o el número completo de vibraciones en Hertz.

El fenómeno de vibración por acción de una ráfaga se intenta explicar mediante ecuaciones cómo se generan las ondas elásticas, pero como los cálculos nunca se hacen, se ha simplificado tanto que lo mejor es analizar este fenómeno. Confiable para los problemas que se generan atenuación general, dispersión, superposición, cambios de longitudes de onda que se me muestran:

- Las ondas internas que propagan en interior del macizo. En este grupo se puede encontrar la onda P longitudinal, comprimida o principal. Estas ondas hacen a las particulares, oscilan a una dirección en que se propaga la onda. Las ondas transversales u ondas secundarias (s), se caracterizan por las partículas que vibran hacia una dirección que cruza la dirección de expansión de las ondas.

- Las ondas superficiales son quienes transmiten desde las superficies de macizo. En este grupo se encuentran las ondas de Rayleih (R). Esto provoca vibraciones elípticas en los planos en que se propagan, con efectos de compresión, expansión y corte. Las ondas de love (L), son muy similares en su velocidad a ondas (R) como también generan vibraciones elípticas.

En muchas investigaciones que se realizaron se demostró una energía sísmica con un alto grado de absorción y a la vez como menos frecuencia. De modo que la energía contenida en las ondas sísmicas estará más concentrada en intervalos correspondientes a bajas frecuencias a medida que nos alejamos del foco generador, a pesar de todo lo dicho, hay que tener presente que en los análisis de vibraciones no suele llegarse a distinguir entre sí los diferentes tipos de ondas que llegan al geófono. (Blas, 2000)

Como influye los efectos de las vibraciones resultado de la voladura es:

- **Influencia en campo cercano:** Se refieren al resultado de la energía vibracional que fractura las paredes del banco cercano a la voladura, produciendo condiciones inestables, lo cual es particularmente perjudicial cuando la pared del tajo está siendo formada y/o cuando existe un tipo de falla geológica importante (Enaex, 2010).

- **Influencia en campo lejano:** Se refiere al daño que puede generar en instalaciones, viviendas y otras áreas a grandes distancias, estas ocasionan más daño cuando la frecuencia dominante es igual a la frecuencia resonante de la estructura produciéndose una amplificación de la vibración en el terreno y la estructura (Enaex, 2010).

### ***Factores que influyen en las vibraciones***

(López Jimeno C., 2003) describe cuales son las variables que afectan a las características de las vibraciones y sus resultados, dentro de ellas se encuentran las controlables como tiempos de retardo, geometría de la voladura, factor de carga y las variables no controlables que son las propiedades del macizo rocoso.

**Características del macizo rocoso;** La variabilidad y la anisotropía de las rocas afectan su ardor y la frecuencia de vibraciones porque diferentes suelos tienen diferentes módulos elásticos y distintas ligerezas de propagación.

**Carga operante;** el nivel de vibraciones que se genere dependerá de los explosivos que hayan explotado y de la distancia que se genera la explosión. El cargo de operaciones es la carga máxima por retraso con un 10 ms de una elevada cantidad de ejercicios de carga de frenado. La afecta directamente en la fuerza de vibraciones.

**Distancia a la voladura;** como la tierra actúa como filtro, el nivel de vibraciones disminuye a medida que aumenta la distancia, de forma similar a las altas frecuencias.

**Factor de carga;** puede que no sea adecuado minimizar los factores de carga (kg explosivos/toneladas), para minimizar las vibraciones, puesto que aumenta el confinamiento, lo que reproduce la vibración. Además de inquietar la distribución granulométrica de las voladuras.

**Tipos de explosivos;** es fundamental conocer el tipo de grado de impedancia entre los sólidos y explosivos, ya que los explosivos densos generan más vibraciones que los de los explosivos de baja densidad.

**Tiempos de detonación;** si explota una gran cantidad de agujeros, aumentan las posibilidades de amplificación de ondas y aumenta vibraciones de retardo mínimo. A esta actividad se le conoce como amplificación de ondas que mitiga mediante el uso de detonadores de electrones.

**Parámetros de diseño de la voladura;** en su mayoría las variables tienen mayor influencia sobre los niveles de vibraciones:

- Aumentar el diámetro del taladro aumenta el derroche de explosivos por taladro y aumenta el estrés operativo.
- Las relaciones con altura y carga del banco suele ser superior a 2 para evitar trampas explosivas.
- La tensión no debe ser demasiado grande, puesto que el gas encontrará una resistencia que empujará a la roca y se convertirá en energía sísmica.
- La sobre excavación excesiva aumenta el consumo de explosivos y desnivela el fondo sin poder cortar la roca.
- Si el perno es demasiado largo, aumentará el confinamiento y aumentará la vibración.
- El tamaño de la explosión limita a los requisitos de producción ya su vez la carga operativa que se puede generar.

### ***Medición de vibraciones por voladura***

El objetivo de ejecutar una medición de vibraciones para cada proceso de voladura, es comparar el nivel medido con límites que se establecieron por la normativa. Modifican las variables de voladura según sea necesario.

Con los datos reales que se obtuvieron, se puede predecir las vibraciones usando modelos que facilitan calcular la ley de propagación de este tipo de terreno.

Existen varios procedimientos para calcular las vibraciones del suelo. Algunas empresas prefieren tercerizar los servicios de voladuras al hacer un contrato de consultores para llevar a cabo programaciones de la vigilancia. Puedes usar un sismógrafo de lectura de los picos de partículas o sismógrafos

que se registran. Los contadores de particulares pico son los más económicos y fáciles de usar y, en la mayoría de los casos, se adecua para garantizar los cumplimientos normativos.

Sin embargo, los sismógrafos que registran todo el paso del tiempo pueden ayudar a entender y brindar soluciones a los posibles problemas de vibración que presentaría el suelo.

La instrumentación (sismómetro) requerida para medir la vibración se basa en los siguientes mecanismos:

- Transductor (geófono o acelerómetro) instalado integralmente con la roca.
- Un sistema de cable que envía una señal desde un transductor a un dispositivo de monitoreo. Un dispositivo de monitoreo que recoge y almacenar señales.
- Computador y software para la transmisión de las informaciones y el análisis respectivo.

**Figura 16**

*Sismógrafo para medir vibraciones*

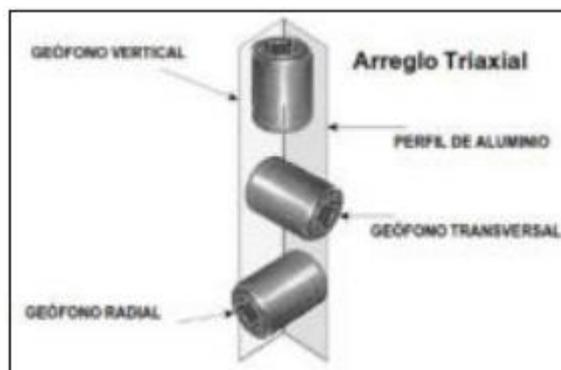


Fuente: Instatel Inc.2019

El instrumento mide hasta 3 componentes previamente perpendiculares, y las más usuales son las regulaciones específicas el tipo de medición.

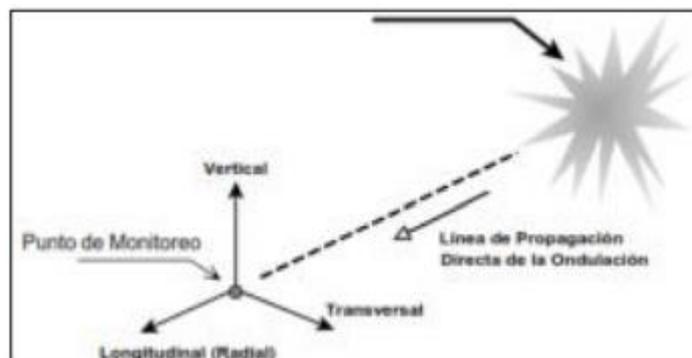
Los medidores son la suma vectorial que muestran lecturas más altas (por lo general entre diez a veinticinco más) el componente con niveles más altos son las que cuentan con 3 componentes. Los veranos victorianos siempre brindan lecturas más altas, por lo que incluso si su regulación requiere tres componentes, debe ser suficiente para cumplir con las regulaciones.

**Figura 17**  
*Geófono triaxial*



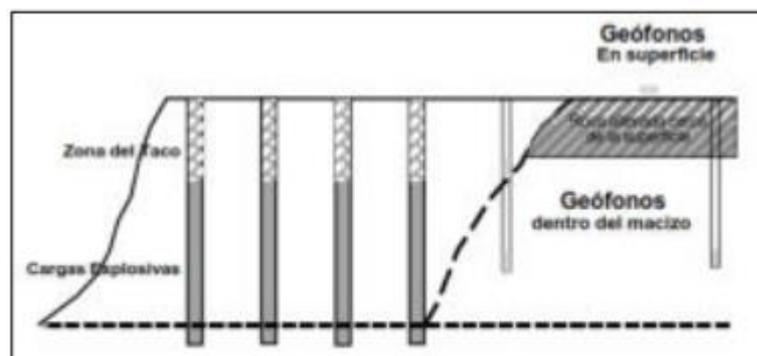
Fuente: ASP Blastronics, Curso de voladura 2006

Para registrar correctamente los datos de vibración, es fundamental alinear el receptor con el epicentro (explosión), por lo que es necesario confirmar la alineación real del transductor. Para una mejor adherencia, el enfoque debe fijarse con cemento, sacos de arena, o excavación y fijación.

**Figura 18***Instalación y orientación de geófonos*

Fuente: ASP Blastronics, Curso de voladura 2006

La medición de superficies es ventajosa para modelos de campos y de rango respectivamente corto (series de tiempo), mientras que las mediciones en lecho rocoso son útiles para tomar los modelos y realizar los cálculos de rango corto.

**Figura 19***Ubicación de geófonos según necesidad*

Fuente: ASP Blastronics, Curso de voladura 2006

***Predicción del nivel de vibración***

Un elemento clave del proceso de control suelen ser las vibraciones y voladuras para utilizar el modelo para predecir las derivaciones y los beneficios de usar cambios en los parámetros, no necesariamente a una escala actual. Dado el impacto ambiental las vibraciones, sirven como un enfoque relacionado con el modelado de las

vibraciones, cuyo objetivo es predecir los niveles de vibraciones que transmiten desde un punto en especial en base al diseño de la voladura.

Al medir las vibraciones generadas a causa de la voladura en o cerca de puntos conocidos, es posible estimar el potencial de los daños que puede sufrir la voladura y asociar con las vibraciones y las variables relacionada con la voladura, puede usarse para la predicción de vibraciones.

Usando esta información recopilada experimentalmente, se construyó un modelo o ecuación general de comportamiento que representa la velocidad de la partícula en base a los explosivos que detonaron desde la distancia de explosión hasta el punto de monitoreo. El modelo general de vibración se representa de la siguiente fórmula:

$$VPP = K \cdot D^\alpha$$

Donde:

V = Velocidad de partícula (mm/s)

D = Distancia Escalada

K = Factor de velocidad

$\alpha$  = Factor de decaimiento

La distancia escalada muestra el efecto de la distancia (m) y la cantidad de explosivos utilizados (kg). La distancia escalada se establece en función de la raíz cúbica de la carga cuando la explosión está lejos y el frente de onda es cilíndrico. Como ya se mencionó, para impactos de corto alcance, la longitud y el diámetro del explosivo determinan el tipo de depósito. La fuerza de la vibración es directamente proporcional al peso de la carga encendida.

Existen varios criterios relacionados con esta formulación matemática, pero lo más utilizado son los criterios de Devine. Esto se debe a que es el mejor estándar para el procedimiento de las vibraciones producidas por los explosivos cilíndricos utilizados en la minería a cielo abierto para este tipo de uso, para cargas, la distancia debe corregir la raíz cuadrada de la carga.

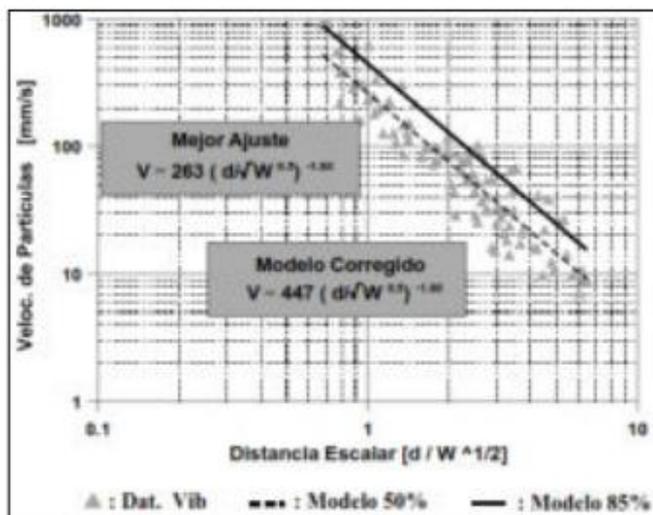
$$V = K [ d / (x (1/2))]^\alpha$$

Los ajustes de datos fueron satisfactorios, pero los datos todavía muestran discrepancia con los ajustes. La amortiguación de vibraciones va a depender de la manera de la explosión, las características de la explosión, el tiempo de retraso y la secuencia de inicio. En el mundo lejano, la indicación de las vibraciones se ve afectada por la naturaleza de la roca y el grado de fractura.

El enfoque de distancia de escala funcionará siempre y cuando la mina esté a una distancia correcta de la estructura, la vibración no es una dificultad y el ejecutor busca minimizar los costos al medir la vibración. Sin embargo, en distancias cortas, la distancia escalada es muy limitada con respecto a los kilogramos de explosivos permisibles por tiempo de retardo, y el monitoreo suele ser una opción más económica.

**Figura 20**

*Regresión Lineal para Distancia Escalada y VPP*



Fuente: ASP Blastronics, Curso de voladura 2006

Las ondas de vibraciones causan un alto grado de daño si su frecuencia dominante tiene coincidencia con la de resonancia de la estructura, creando una alta ganancia entre la respuesta del suelo y la estructura resultante.

Existen métodos para la simulación y predicción que reducen los daños de las vibraciones, usando la suma algebraica en base de las ondas de cada taladro ajustando al tiempo de llegada al punto de monitoreo según el lanzamiento y tiempo de retraso.

Este es un modelo wavelet basado en superposición, donde las perturbaciones se pueden representar mediante la suma de eventos independientes y las ecuaciones que las representan son lineales.

$$A(t) = \sum a_i \cdot S_i(t - D_i)$$

**Donde:**

**$S_i(t)$ :** Magnitud de la vibración medida para una carga explosiva individual, asociada con la carga  $i$  en un tiempo  $t$ .

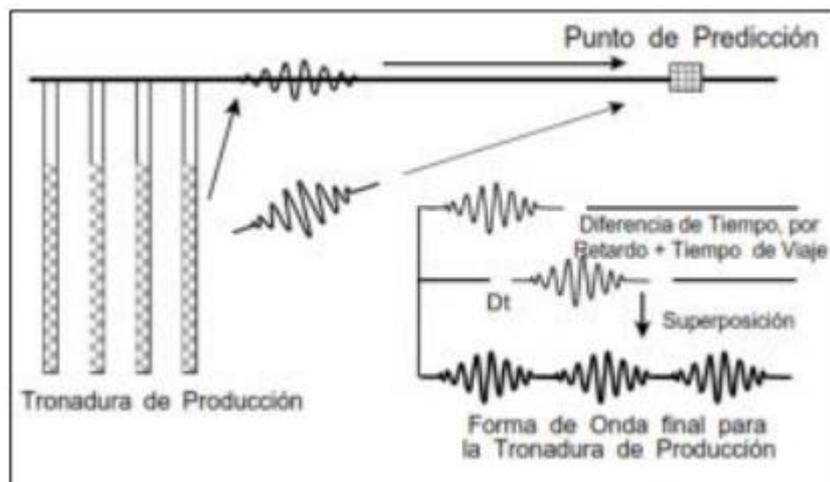
**$D_i$ :** Es el tiempo del retardo para esta carga (Tiempo de iniciación más el tiempo de viaje).

**$A_i$ :** Factor de escala.

La onda fundamental representa la vibración generada por cada explosivo. Estas vibraciones se combinan según la secuencia de las detonaciones y la forma de la detonación. El proceso de optimización del nivel de vibración comienza cambiando el tiempo de activación y el orden de los ejercicios.

**Figura 21**

*Modelamiento por onda elemental*



Fuente: Monitoreo y Modelamiento de vibraciones para el control y evaluación del daño por voladuras, 2006

Las fuertes vibraciones generadas por las voladuras pueden alcanzar dañar el lecho rocoso, causar nuevas fracturas y alargar o expandir las existentes. Las vibraciones en esta trama se pueden considerar como tensión o deformación de la roca.

(U. Langefors, 1963) relaciona la deformación inducida con el riesgo de daño a construcciones de superficie.

$$\varepsilon = PPV / V_p$$

Donde:  $\varepsilon$  = Deformación inducida (mm/m)

PPV = Velocidad pico partícula crítica (mm/seg)

$V_p$  = Velocidad de propagación de onda longitudinal (m/seg)

Suponiendo la ley de Hooke y el comportamiento elástico, la velocidad de partícula crítica PPVc que las rocas pueden soportar antes de que ocurra una fractura por tensión tiene resistencia a la tracción ( $\sigma_t$ ), módulo de Young E y velocidades de propagación de onda P,  $V_p$ . Conozca y estime. usando la ecuación:

$$PPV_c = (\sigma_t \times V_p) / E$$

Dependiendo de su intensidad, la vibración produce los siguientes efectos:

**Tabla 1**

*Velocidad Pico Partícula Crítica para daño*

<b>Grado de fracturamiento</b>	<b>Nivel de PPV</b>
Intenso fracturamiento	PPV > 4 PPV <sub>c</sub>
Crear nuevas fracturas	PPV > 1 PPV <sub>c</sub>
Extender fracturas existentes	PPV > ¼ PPV <sub>c</sub>

Fuente: C. McKenzie

### ***Normativa de control de vibraciones***

La gran parte de los países europeos cuentan con normativas específicas que regulan las vibraciones provocadas por las voladuras. Las tolerancias cumplen con el estándar ambiental puesto que todas las empresas deben estar dispuestas a extraer materias primas.

Las normas internacionales más destacadas son: “Alemania DIN 4150, Suecia SS460 48 66, Internacional ISO 2630, Estados Unidos USBM RI8507, Norma Unión Europea”.

El criterio de restricción es similar entre sí. B. Fluctuación del valor límite del VPP en función de la frecuencia. Estos son proporcionales. Considera diferentes estructuras en general de diferentes tipos, excluye ciertas estructuras específicas y calcula la frecuencia dominante en base al espectro de Fourier.

Sin duda, la Autoridad Minera de los Estados Unidos (USBM) es la organización líder en el campo de la investigación del efecto de explosión y ha analizado las vibraciones y sus efectos en las estructuras durante décadas. En 1980, anunciaron el estándar RI 8507 (sobre reacciones estructurales y daños causados por vibraciones causadas por voladuras a cielo abierto), donde los niveles de vibración son menores a 2 pulgadas/seg (50,8) y las frecuencias superiores a 40 Hz son muy ajustadas. construcción. mm/s) Minimizar los daños. Sin embargo, la frecuencia de todas las vibraciones generadas por una explosión es inferior a 40 Hz. Para estas explosiones, se recomienda mantener el nivel de vibración de la casa por debajo de 0,75 in/s (19 mm/s) y por debajo de 0,50 in/s (12,7 mm/s). Estructura de paneles modernos. s) Para uso residencial con yeso en la pared de malla.

**Tabla 2**  
*Valor máximo de velocidad pico partícula USBM*

<b>Tipo de estructura</b>	<b>Baja frecuencia</b>	<b>Alta frecuencia</b>
Casas modernas con paredes revestidas de material diferente del revoque común (yeso, etc.)	19 mm/s	40 mm/s
Casas antiguas con paredes revocadas	12,5 mm/s	40 mm/s
Baja frecuencia	< 40 Hz todo pico espectral que se produzca por debajo de 40 Hz y dentro de una faja de 6 dB (osea 5% de la amplitud verificada a la frecuencia predominante) justifica el empleo de baja frecuencia	
Alta frecuencia	> 40 Hz	

Fuente: Revista Seguridad Minera N° 123, 2015

En el ámbito local la dirección competencia en temas ambientales de la MINEM en el año 1995 promulgó un manual ambiental con fin de preservar el medio ambiental en la operación de perforación y voladura de rocas además con complementar las normativas vigentes en temas de seguridad y responsabilidad ambiental.

En dichas normativas se encuentran todos los parámetros en cuanto a velocidad y distancia que debe alcanzar los proyectiles producido por las voladuras de rocas, lo cual no debe exceder por seguridad en zonas con afluencia de viviendas cercanas.

**Tabla 3***Límite de Velocidad Pico Partícula según el MINEM*

<b>Valor máximo de velocidad pico partícula USBM</b>	<b>Velocidad pico partícula máxima permitida para vibración en mm/s</b>	<b>Efectos en masa rocosa</b>
0 a 91 92 a 1524 1525 a mas	31,75 25,4 19,05	
	254	No hay fractura de rocas intactas
	254 - 381	Puede ocurrir rebanado tensional menor, caída de rocas
	635 -2540	Rajaduras tensionales fuertes, fracturas de rocas
	> 2540	Rotura completa de masas rocosas

Fuente: Guía Ambiental para perforación y voladura en operaciones mineras, 1995

#### ***2.2.4.1.1 Reducción y Mitigación de vibraciones***

Para un adecuado diseño de voladura la relación de espacio carga debe ser superior a la unidad, así como el tiempo y el factor de carga. Las mallas tienen que tener una forma adecuada y la perforación debe ser verificada con finalidad de controlar la desviación del burden, espacio y la altura de la socavación, para los empalmes entre proyectos se deben apoyar de un equipo topográfico.

Para mínima los efectos de las vibraciones existen procedimientos técnicos:

- Calcular el peso de carga explosiva por tiempo de retardo (carga operante) ello sin afectar el grado de fragmentación requerido, así como determinar cuál es la cantidad de taladros a detonar por proyecto cuando exista proximidad a una zona de estructuras o viviendas.
- Es importante no confundir la reducción de la carga operante con la carga máxima de la voladura, ya que es posible realizar una voladura de gran tamaño con cargas operantes reducidas ni tampoco con el factor de carga ya que, si este se reduce mucho, puede ocurrir que no se produzca arranque de material y la mayor parte de la energía se emplee en generar vibraciones.

- Controlar el carguío para evitar exceso de carga explosiva midiendo los taladros antes, durante y al finalizar. El iniciador no debe colocarse a nivel de la sobre perforación
- Uso de detonadores electrónicos, programables desde 1 milisegundo a 25 segundos, en incrementos de 1 milisegundo; ya que introducen una versatilidad muy grande, que hace que se pueda adaptar el tiempo de cada carga a la amplitud y frecuencia deseadas.
- Determinar el tiempo de retardo entre filas en función de la cantidad de taladros en función del tipo de roca, fracturamiento y factor de carga.
- Las últimas filas hacia las viviendas o estructuras a cuidar deben incrementarse el tiempo entre ellas y direccionar la secuencia en sentido contrario y lo más alejado.
- La percepción de las personas de las vibraciones del suelo puede reducirse mediante voladuras durante los períodos de alta actividad local como la hora del mediodía. Se deben evitar las voladuras durante los períodos típicamente tranquilos, si es posible.

### **Sobre presión de aire (airblat)**

Según Marin (2015) cuando se producen las explotaciones se genera una onda de presión en el aire debido a que se libera energía de forma veloz. Esto se genera en el aire como resultado de la detonación de un explosivo.

La explosión lleva a producir una liberación de energía generando presión. El pulso de presión se va distanciando del punto en que surgió la explosión a una velocidad en particular, con un sonido prudente a las condiciones climáticas.

La sobre presión del aire es un impulso momentáneo, que tiene una frecuencia de 20Hz, que el hombre no puede percibir. Estos efectos ya sea que se perciban o no pueden causar que cualquier elemento en la superficie vibre al igual que el suelo.

Estos efectos se miden con equipos especiales, los sismógrafos, que pueden medir la amplitud y frecuencia de la sobrepresión.

**Figura 22**

*Medición de la sobrepresión de aire*



Fuente: Instantel.com, 2019

Hay varias causales por lo que se genera la sobrepresión la atmósfera, de las cuales se detallaran en la siguiente:

- 1era es la liberación de liberada por el uso de explosivo no confinados.
- 2da cuando se libera energía explosiva de cargas de fondo inadecuadamente confinadas por tacos inadecuados en longitud y tipo de material, cargas inadecuadas.
- 3ra el burden reducido de la primera fila de la malla.
- 4ta el excesivo cargamento en la primera fila de taladros.
- 5ta la mala secuencia de voladura en el timing.

Bajo ciertas condiciones ambientales se puede realizar la captación de la sobrepresión de las ondas del aire en distintas direcciones; si esta se incrementa a medida que va ascendiendo del suelo, el golpe puede rebotar en dirección del suelo. Los efectos de la sobrepresión son mayores al sotavento (sentido contrario donde sopla el viento).

### *Niveles de sobrepresión de aire y técnicas de medición*

Siskind (1980) ha estudiado el problema del daño causado por la sobrepresión de aire. La tabla 4.4 se evidencia los niveles máximos de sobrepresión.

**Tabla 4**

*Nivel máximo recomendado de sobrepresión de aire*

<b>Rango de frecuencia de instrumentación</b>	<b>Nivel máximo, dB</b>
0.1 a 200 Hz, respuesta plana	134 pico
2 a 200 Hz, respuesta plana	133 pico
6 a 200 Hz, respuesta plana	129 pico
C-ponderado, respuesta lenta	105 C

Fuente: Siskind, 1980

Se sugiere que los controles de los golpes del aire estén protegidos con pantallas de viento para tener un control de ruido y proteger los sensores de audio.

Dentro de los dispositivos reglamentarios de control del ruido ambiental se tiene las siguientes: OSHA 29 CFR 1910.95, OSHA 29 CFR 1926.52 y NIOSH (Criteria for a recommended Standard, 1998)

Según la OSHA y NIOSH, la voladura de roca provoca una presión sonora impulsiva, una reacción que tiene un tiempo de duración menor a un segundo, asimismo, determina que la máxima presión de esta fuente sonora no debe superar los 140dB.

La OMS ha propuesto dentro de sus disposiciones como sugerencia que el límite de ruido debe ser 55 dB (A) en zona libre. Para ruidos que se generan de manera imprevista propone que el nivel de presión sonora (NPS) nunca debe exceder los 140 dB para adultos y 120 dB para niños.

En la siguiente se señalan las técnicas para que se deben aplicar para controlar la sobrepresión

- Cambio del sistema tradicional de iniciación (cordón detonante) por uno silencioso tipo CTD y/o electrónico.
- Uso de tacos de detritus o airdecks en la primera fila de taladros hacia la cara libre, prorrateando la carga sin modificar el factor de carga.
- Incrementar la línea de mínima resistencia (burden) suficiente de la primera fila de taladros, así como la longitud de taco y si este es relativamente corto se deberá utilizar uno de granulometría gruesa que proporcionará un mejor confinamiento de carga que los finos, particularmente donde hay agua en la zona de taco. El material de un cuarto de pulgada es un excelente taco.
- El carguío de taladros se debe realizar de acuerdo a la geología de la zona. Estos incluyen juntas de lodo, vacíos o aperturas abiertas (se debe taconear) y cavidades de solución u otras aberturas (una comprobación del aumento de la columna evitará la sobrecarga).
- Uso de dispositivos de retención de taco, que si bien el fin es aprovechar unos milisegundos la energía para fragmentar indirectamente se logra reducir tanto el flyrock como el airblast
- Evitar cebar o primar el taladro cerca del collar.
- Orientar el inicio de la voladura (cara libre) en sentido contrario o lejos del punto de interés y cuando el viento sople el sentido opuesto.
- Se deben evitar los disparos a primera hora de la mañana, al final de la tarde o de noche, cuando las inversiones de temperatura son más probables.
- El uso de retardos más largos entre filas que entre taladros en una fila promoverá el movimiento de material hacia adelante en lugar de proyectarse arriba.
- En voladuras secundarias se debe priorizar el uso de martillos de impacto para la bolonería y en caso de los toes y sobre pisos utilizar diámetros pequeños de perforación y en tanto el explosivo a usar es recomendable dinamitas o encartuchados ya que producen menor onda aérea que el ANFO.

### **Polvo y gases (humos)**

Las explosiones generan polvo lo cual no es un impacto significativo por su frecuencia, es mas existen otras operaciones que teniendo elementos más detonantes producen más polvo de las voladuras tradicionales. Este efecto no es considerado contaminante frente a otras fuentes que son recurrentes.

Los gases más frecuentes producido por las voladuras con el CO y los óxidos de nitrógeno. Los gases que se generan de la voladura que están por debajo de 50ppm y 5ppm, son disueltas gracias al sistema de ventilación que cuenta las minas subterráneas y por el efecto del aire de forma natural en las minas superficiales.

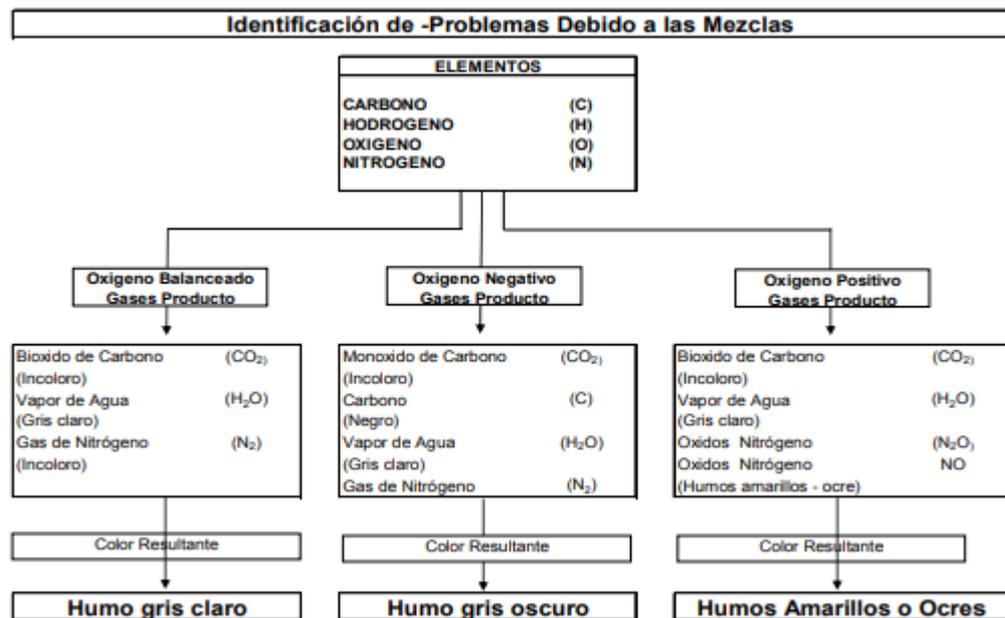
### ***Causas de generación de gases en voladura***

(Orlandi, 2007) realiza un estudio detallado sobre la causa de gases rojos producido por la voladura, basado en un análisis detallado en base a formulaciones de productos, fenómenos físicos y químicos asociados al macizo rocoso o en la interacción entre ambos.

- Cuando se formula o mezcla inadecuadamente cada explosivo se genera la inyección excesiva de gasificante en emulsiones.
- Explosivo insensibilizado por exceso de combustible para el caso de ANFOS.
- Cuando se contamina la mezcla con material de perforación.
- Cuando se usa un explosivo de menor resistencia al agua.
- Cuando existe agua ácida que afectan la composición de las emulsiones.
- Entrampamiento de agua dentro de la columna explosiva durante el carguío de taladros debido a una mala práctica operacional al retirar la manguera de bombeo antes que el explosivo se desplace al agua por diferencia de densidad.
- Detonaciones incompletas de mezcla explosiva presente en zonas fracturadas o grietas en los taladros.
- Enfriamiento brusco de los gases que genera óxidos de nitrógeno.
- Cuando se usa aceites reciclables sin tratamiento en la fabricación de ANFOS.

Figura 23

Cuadro de generación de gases



Fuente: Perforación y Voladura en minería a cielo abierto, (Farje et al, 2006)

### ***Mitigación de gases por voladura***

Una de las causas en la generación de los gases nitrosos es por las condiciones del terreno y sus propiedades, en el párrafo siguiente se precisarán algunas pautas para tener un poco de control en el proceso de voladura.

- Desarrollar un programa de calibración de los camiones mezcladores de explosivos y control de densidades a mezclas explosivas.
- Recopilar toda la información sobre las características geológicas, geoquímica e hidrológica de la zona a disparar.
- Medición y monitoreo de los taladros con presencia de agua, si estas son dinámicas o de baja temperatura
- Evaluar la presencia de piritas o minerales sulfurados en los proyectos de voladura donde se tuvo presencia de humos nitrosos.
- En los taladros de cresta debido al agrietamiento producto de la sobre rotura es recomendable utilizar doble primado a diferente distancia (aprox 2.5 m).

- Mantener el menor tiempo posible el explosivo dentro de los taladros, más aún si tiene contenido de piritas en el macizo.
- En zonas de alto riesgo con contenido de piritas es preferible utilizar explosivos con inhibidores de este material.

Además de estas precisiones, es importante tener informaciones históricas de todas las actuaciones del proceso de voladura, explosión y las condiciones de la zona con fin de determinar las causas y efecto con fin de identificar esos problemas lo que estaría afectando las condiciones ambientales por los humos que representa un impacto significativo.

### *Nivel de gases*

Los gases nitrosos son causantes del efecto invernadero con una permanencia media de 100 años en la atmósfera, atribuyéndose el 5% del efecto invernadero, atacando la capa de ozono reduciéndolo a oxígeno molecular y liberando dos moléculas de monóxido de nitrógeno (Romero, 2015).

La emisión de gases es frecuente en la minería en superficie debido a que los explosivos a granel se fabrican en la intemperie, y por su exposición es contaminante. La Guía Ambiental del MINEM señala los siguientes límites permisible para gases nocivos:

- Óxidos Nitrosos (Ox Nx): 5 ppm
- Monóxido de carbono (CO): 50 ppm
- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>): 5000 ppm

Los gases nitrosos pueden ser disueltos y despejados por el aire, dependiendo de su tiempo de permanencia y concentración, ver su nivel, para poder catalogarlo se ha establecido su respectiva escala de acuerdo a su coloración y consistencia.

**Figura 24**  
*Escala visual de gases AEISG*

Nivel		Apariencia típica
<b>Nivel 0</b>	Sin gases NOx	
<b>Nivel 1</b>	Ligero gases Nox	
	1A Localizado	
	1B Medio	
	1C Extensivo	
<b>Nivel 2</b>	Pocos gases anaranjados	
	2A Localizado	
	2B Medio	
	2C Extensivo	
<b>Nivel 3</b>	Gases Naranjas	
	3A Localizado	
	3B Medio	
	3C Extensivo	
<b>Nivel 4</b>	Gases Rojos Naranjas	
	4A Localizado	
	4B Medio	
	4C Extensivo	
<b>Nivel 5</b>	Gases Rojos morados	
	5A Localizado	
	5B Medio	
	5C Extensivo	

Fuente: Prevention and Management of Blast Generated NOx gases in Surface Blasting, 2011

**Figura 25**

*Colores en campo para calificación visual de gases NOx generados por voladura*

Nivel	Color	Código Pantone	Apariencia típica
Nivel 0 Sin NO2		Warm Grey IC	
Nivel 1 Ligero gas NO2		Pantone 155C	
Nivel 2 Pocos gases anaranjados		Pantone 157C	
Nivel 3 Gases Naranjas		Pantone 158C	
Nivel 4 Gases rojos naranjas		Pantone 1525	
Nivel 5 Gases rojos morados		Pantone 161C	

Fuente: Atmospheric emission of NOx from mining explosives: A critical review, 2011

### 2.3 Bases conceptuales

**Minimizar:** El grado o duración de un adverso impacto será minimizado, con el fin de que sea mínimo el daño en el medio.

**Actividad Minera:** son acciones que consisten en la exploración, explotación, transporte y comercialización de la materia prima en soporte a las leyes y normativas vigentes.

**Explosivo:** son elementos químicos que por efecto de temperatura y presión generan energía capaz de desintegrarse y que generan contaminantes en la atmósfera como gases.

**Explosivo Potente:** Es un elemento de alta presión que se utiliza en taladros de gran longitud.

**Conector:** Es un accesorio completamente de mecha rápida compuesto de un casquillo de aluminio, ranurado cerca de la base, y en su interior lleva una masa pirotécnica especial e impermeable al agua.

**Cordón Detonante:** Es un cordón flexible que contiene un alma sólida de alto poder explosivo.

**Detonador:** Es un fulminante que sirve para iniciar una explosión. Puede ser eléctrico o no, instantáneo o con retardo. El término retardo no incluye al cordón detonante.

**Dinamita:** Es un elemento que contiene un compuesto sensible que produce energía, de rápido efecto.

**Fulminante Común:** Es un accesorio cilíndrico que lleva explosivos en su interior, cerrado en uno de sus lados, muy sensible a la chispa de seguridad.

**Emulsión Explosiva:** Es aquella que está compuesta básicamente por una solución oxidante de nitrato de amonio y agua, por un combustible insoluble en agua, un agente emulgente y por elementos señalizadores y potenciadores.

**Detonación:** Reacción explosiva que consiste en la propagación de una onda de choque, a través, del explosivo acompañado por una reacción química en la que se libera una gran cantidad de gases a alta presión de temperatura.

**Velocidad de partícula:** Velocidad a la que una partícula del terreno se mueve desde su posición de reposo.

## 2.4 Bases filosóficas

La sociedad y naturaleza están relacionadas y ello significa que ambas interactúan recíprocamente. Así como lo menciona Bifani, “la naturaleza sufre siempre la acción transformadora del hombre y a su vez lo afecta y determina en un proceso dialéctico de acciones e interacciones” (Bifani, 1999).

Según Descartes, la naturaleza es la agrupación de cosas que tiene disponible el ser humano. Se considera a este filósofo como un gran precursor de la modernidad, asimismo, apoya la idea de una “máquina animal”, lo cual indica que lo vivo no es más que materia inerte organizada de manera compleja. Además, que el ser humano tiene un alma sustancial distinta del cuerpo, considerando así que es la única especie respetable. Este filósofo no muestra respeto a la naturaleza, y manifiesta que esta es solo un recurso para ser aprovechado. (Bernard, 2019)

Es fundamental que exista un equilibrio entre la protección de la naturaleza y la necesidad que tiene el ser humano. Si bien el despertar y desarrollo de una conciencia ambiental se produjo hace varias décadas, es quizá en el año 62 con la publicación de la *Silent Spring* de Rachel Carson, cuando se desata la reflexión sobre la relación hombre naturaleza y el papel del primero en el seno de la segunda, distinguiéndose corrientes que van desde un antropocentrismo mitigado hasta el más radical holismo, en el cual el hombre adquiere el mismo valor que cualquier otra entidad (Beckert 2003).

Todo ello lleva a reflexionar sobre lo primordial que es preservar todo para un mejor futuro de la humanidad y por ello se debe actuar ante el cambio climático. El filósofo alemán Hans Jonas formuló “principio de responsabilidad”, la cual quiere decir: “Actúa de manera tal que los efectos de tus actos sean compatibles con la permanencia de una vida auténticamente humana en la Tierra”. A partir de ahora, se trata de concebir una vida social contemporánea que incluya la preocupación por la sostenibilidad del sistema a muy largo plazo, y que abarque a las generaciones futuras en el ámbito de nuestras responsabilidades. (Bernard, 2019)

## CAPÍTULO III. SISTEMA DE HIPÓTESIS

### 3.1 Formulación de las hipótesis

#### 3.1.1 Hipótesis general

HiG: La Minimización de los impactos ambientales es significativo producido por la voladura de rocas al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

HoG: La Minimización de los impactos ambientales no es significativo producido por la voladura de rocas al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

#### 3.1.2 Hipótesis específicas

Hi<sub>1</sub>: Las técnicas de la voladura de rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Proyección de rocas o flyrock” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

Ho<sub>1</sub>: Las técnicas de la voladura de rocas minimizan de forma no significativa el impacto ambiental “Proyección de rocas o flyrock” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

Hi<sub>2</sub>: Las técnicas de la voladura de rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Vibraciones” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

Ho<sub>2</sub>: Las técnicas de la voladura de rocas minimizan de forma no significativa el impacto ambiental “Vibraciones” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

- Hi<sub>3</sub>: Las técnicas de la voladura de rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Ruidos” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.
- Ho<sub>3</sub>: Las técnicas de la voladura de rocas minimizan de forma no significativa el impacto ambiental “Ruidos” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.
- Hi<sub>4</sub>: Las técnicas de la voladura de rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Polvos y Gases” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.
- Ho<sub>4</sub>: Las técnicas de la voladura de rocas minimizan de forma no significativa el impacto ambiental “Polvos y Gases” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

### 3.2 Operacionalización de variables

**Tabla 5**

*Cuadro de Operacionalización de variables*

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Escala</b>	<b>Instrumento</b>
La Voladura de Roca	“La voladura es uno de los medios principales de extracción de minerales en las operaciones de minería a cielo abierto el propósito principal de la operación de voladura es la fragmentación de la roca y para esto se requiere de una gran cantidad de explosivos” (Ghasemi et al., 2011).	Técnicas de operación del explosivo	Continua	Cuestionario Entrevista
Minimización de Impacto Ambiental	Para Castro, Ferrando, Sánchez y Pérez (2012, p. 38), consiste en reducir las alteraciones negativas de la calidad del nuestro medio ambiente consecuencia de la actividad del hombre ya sea en construcción o puesta en marcha de algún proyecto.	Proyección de rocas o flyrock Vibraciones Ruidos Polvos y Gases	Continua	Cuestionario Entrevista

### **3.3 Definición operacional de las variables**

- **Voladura de roca**

La voladura de rocas será operada mediante técnicas y procedimientos eficientes validados por autores y normas, que ayuden a controlar su efecto con el medio ambiente.

- **Minimización de Impacto Ambiental**

Como acción previa se hará la identificación y valoración de los impactos y determinar su gravedad en lo que respecta la proyección de rocas, vibraciones, ruidos y polvos y gases, y mediante las técnicas y procedimientos de uso del Anfo se reducirá los efectos negativos, lo cual será medido posteriormente con la metodología de valoración de impactos acatando los límites permisibles, asimismo mediante un cuestionario se evidencia en nivel de satisfacción de la población afectada por los impactos.

## CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO

### 4.1 **Ámbito**

El ámbito de estudio es el entorno del Tajo Raúl Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

El presente trabajo de investigación se realizó dentro del zona de cobertura de los Distritos de Chaupimarca, Yanacancha, los lugares más afectados por los impactos ambientales por el uso excesivo del Anfo producido por la voladura de rocas, con un área de 1,567 metros lineales., los que se encuentran al entorno del Tajo Raúl Rojas Empresa Administradora S.A.C. – Pasco.

### 4.2 **Tipo y nivel de investigación**

#### 4.2.1 *Tipo de investigación*

Fue de tipo aplicada porque está caracterizada por su interés en que se apliquen los conocimientos teóricos para hacer la descripción de las variables de una situación concreta y cada consecuencia que de ella se derivan.

La investigación aplicada busca conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar; le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal (Sánchez y Reyes, 2015).

#### 4.2.2 *Nivel de investigación*

Para Hernández *et al.* (2014), “Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o de fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales” (p.150)

Esta investigación se enmarca dentro de la investigación explicativa, ya que se describirá y explicará el efecto de las técnicas de control en el uso de explosivo Anfo para la minimización de impacto ambientales hasta encontrar los límites permisibles aceptables de emisión. Asimismo, se evaluó la satisfacción

de los pobladores respecto a las técnicas de control del uso del Anfo en la voladura de rocas.

### **4.3 Población y muestra**

#### **4.3.1 Descripción de la población**

Según Hernández, et al. (2006), “la población o universo es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (p. 239).

**Población 1:** viene hacer todas las operaciones de voladura de Rocas con el Anfo.

**Población 2:** los pobladores del Distritos de Chaupimarca, Yanacancha y otros lugares afectados por los impactos ambientales, que habitan cerca del tajo.

#### **4.3.2 Muestra y método de muestreo**

Según Hernández, et al. (2006), “la muestra es un subgrupo de la población del cual se recolectan los datos y debe ser representativo de dicha población” (p. 175).

Muestra 1: Tres operaciones de voladura de rocas con el uso del Anfo, muestra no probabilística, seleccionado por conveniencia.

Muestra 2: 70 pobladores de las zonas afectadas, muestra no probabilística, seleccionado por conveniencia, es decir por la disponibilidad en la provisión de información.

### **4.4 Diseño de investigación**

Citando a Hernández et al, 2014), el diseño es el “Plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento del problema” (p.128).

El presente estudio tiene un diseño experimental, ya que se manipulará las técnicas de control uso del Anfo con fin de evitar ciertos impactos ambientales.

Hernández, *et al.* (2006), afirma que consiste en la manipulación intencional de la variable independiente con fin de evidenciar un efecto en la variable dependiente.

Como primer paso se hará el estudio de impacto ambiental de los efectos que genera el uso del Anfo, los cuales serán medidos con los instrumentos respectivos y se determinó sus niveles. Seguido se aplicó las técnicas de control para el uso del Anfo con fin de reducir o mitigar el impacto ambiental. Y como tercer paso se hará el control de los niveles de impacto, determinándose así el efecto de las técnicas de control del uso del Anfo en la minimización de los impactos ambientales.

G	O1	X	O2
1ero se eligió un grupo.	2do, se aplicó una prueba o medición a V.D.	3ero, se administró un tratamiento experimental a V.I, V. D	4to, se aplicó una prueba o medición a V. D

GE: voladuras de Rocas

O1: Impactos ambientales iniciales

X: Técnicas de operación del explosivo

O2: Impactos ambientales finales y evaluación de satisfacción de los pobladores colindantes al Tajo.

Al finalizar se estableció las diferencias de las medias de los datos O1 y O2 para determinar si hubo o no una minimización del impacto ambiental.

## 4.5 Técnicas e instrumentos

### 4.5.1 Técnicas

Arias (2016) define la técnica, como el procedimiento o forma particular de obtener datos o información, son particulares y específicas de una disciplina, por lo que sirven de complemento al método científico, el cual posee una aplicabilidad general.

**Observación:** se hizo las pruebas de voladuras de rocas con el uso del Anfo, se hizo la observación, medición y registro de los efectos que genera los impactos ambientales. Este procedimiento se aplicó antes y después de la aplicación de las técnicas de control del uso del Anfo con fines de reducir los efectos negativos.

**Encuesta:** se aplicó para determinar la satisfacción de los pobladores luego de la aplicación de las técnicas de control en el uso del Anfo con fines de reducir los impactos.

**Análisis documental:**

- Revisión de fuentes bibliográficas, investigaciones antecedentes y artículos científicos vinculados al tema de investigación.
- Revisión de los estudios de impacto ambiental consecuencia de la operación de Voladura de Rocas antes y después de las técnicas de control para su respectiva mitigación.

#### **4.5.2 Instrumentos**

Es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente (Grinnell, *et al.*, 2009).

**Cuestionario:** este instrumento es para determinar la satisfacción de los pobladores respecto a los impactos que se generan producto de la voladura de rocas por el uso del Anfo. Consta de 17 items.

**Tabla 6**  
*Componentes Ambientales Potencialmente Impactados*

Componentes Ambientales y Socioeconómicos		Descripción
Físico	Suelo	Se evalúa la pérdida de capa orgánica y la posible afectación de la calidad del suelo por un potencial derrame. Se considera también los cambios sobre el uso del suelo.
	Aire	Se evalúa el cambio de la calidad de aire debido al incremento del material particulado, la emisión de gases de combustión y la generación de olores. De igual manera se evalúa los cambios en nivel de ruido ambiental respecto de valores considerados normales (ECAs y línea base u otras referencias)
	Agua	Se evalúa el cambio de la cantidad y calidad del agua, posibles infiltraciones y potenciales derrames, así como la posible intercepción de acuíferos.
Biológicos	Flora	Se evalúa la pérdida de vegetación y suelo por las actividades de construcción, la disminución de capacidad fotosintética debido a la acumulación de polvo sobre la superficie de las hojas.
	Fauna	Se evalúa la pérdida de hábitat y recursos en el ecosistema, y el desplazamiento de animales.
Humanos	Cultura	Afectación a las Zonas Arqueológica
	Estética	Se evalúa las percepciones de la población respecto a los posibles cambios en el paisaje local, producto de las actividades de exploración: pérdida de cobertura vegetal, movimiento de máquinas (y otras unidades móviles) y personas, acumulación de tierras, apertura de trochas.
Socio económico	Social	Se identifican las preocupaciones de la población respecto a los posibles riesgos para la salud humana y la alteración de sus condiciones habituales de vida lo cual puede alterar su percepción de bienestar. Se evalúan los cambios que pudieran ocurrir en la forma de organizarse de la población, o los posibles conflictos debido a la presencia de nuevos grupos de interés en la zona.
	Económico	Se evalúan las expectativas en entorno al aumento de la oferta laboral, la mayor demanda de bienes y servicios por parte de la empresa, la disminución del interés en actividades económicas rurales (agricultura, ganadería) y la interacción que ocurra entre la población local y los trabajadores foráneos.

### Metodología Empleada

La identificación y valoración de los impactos ambientales previstos durante el desarrollo del proyecto consigna (Almendro, 2015):

- **Carácter (Ca):** Es la magnitud positiva (+) o negativa (-) de la fase de realización del Proyecto. (Almendro, 2015, p. 69)

- **Probabilidad de Ocurrencia (Pro):** Se valora con una escala arbitraria: “Muy poco probable 0,10 - 0,20; Poco probable 0,21 - 0,40; Probable o posible 0,41 - 0,60; Muy probable 0,61 - 0,80; Cierta 0,81 - 1,00”. (Almendro, 2015, p. 69)

- **Magnitud (Mg):** Será tomada sobre la base de un conjunto de criterios, característicos y cualidades, las cuales se mencionan a continuación (Almendro, 2015, pp. 69-70):

- **Extensión (E):** Criterio que indica la distribución o cobertura espacial del impacto. Se califica en:

Extensión	Descripción	Puntos
Reducida	Cuando el impacto se manifiesta en el sector físico donde se ubica la fuente	0
Media	Cuando el impacto se manifiesta en el entorno inmediato de la fuente	1
Amplia	Cuando el impacto se manifiesta fuera del entorno inmediato de la fuente o en diferentes sectores del área de influencia	2

- **Intensidad (I):** Criterio que refleja el grado de alteración de una variable ambiental. Se clasifica:

Intensidad	Descripción	Puntos
Baja	Cuando el grado de alteración es pequeño y puede considerarse que la condición basal se mantiene.	0
Moderada	Cuando el grado de alteración implica cambios notorios respecto a la condición basal, pero dentro de rangos aceptables que no disminuye la función o integridad de la componente dentro del medio de interés.	1
Alta	Cuando el grado de alteración respecto a la condición basal es significativa	2

- **Desarrollo (De):** Se valorará con una escala de: “Impacto a largo plazo 0; Impacto de mediano plazo 1; Impacto inmediato 2” (Almendro, 2015, p. 70)
- **Duración (Du):** Criterio que indica por cuánto tiempo se manifestará el impacto. Se califica en:

Duración	Descripción	Puntos
Temporal	Impacto que se manifiesta solo mientras dura la acción que lo genera y ésta es de corta duración	0
Permanente en el Mediano Plazo	Impacto que se manifiesta mientras dura la acción y luego de un tiempo de finalizada ésta	1
Permanente en el Largo Plazo	Impacto que se manifiesta permanentemente luego de finalizada la acción que lo genera	2

- **Reversibilidad (Rev):** Criterio que indica la posibilidad que la componente ambiental afectada recupere su condición basal. Se califica en:

Reversibilidad	Descripción	Puntos
Reversible	Cuando al cabo de un cierto tiempo el impacto se revierte en forma natural después de determinada la acción de la fuente que lo genera	0
Reversible	Cuando el impacto no se revierte en forma natural después de terminada la acción que lo genera, pero que puede ser revertido mediante acciones correctoras extremas.	1
Irreversible	Impacto que no se revierte en forma natural después de terminada la acción que lo genera y que tampoco puede ser revertido mediante acciones correctoras.	2

- **Importancia (Im):** Se valora utilizando una escala que considera la importancia del impacto relacionándose con el valor ambiental de cada componente que es afectado por el proyecto. En este sentido la calidad basal es el nivel ambiental que se le otorga a un componente respecto a los otros, que es medido cuantitativamente por su grado de importancia o alteración con los siguientes niveles de componente ambiental (Almendo, 2015, p. 71):

- 1-3 baja calidad basal y no relevante Para otros componentes.
- 4-5 alta calidad basal pero no Es relevante para otros componentes.

- 6-7 baja calidad basal, pero es Relevante para otros componentes.
- 8-10 alta calidad basal y relevante Para los otros componentes ambientales.

El Impacto Total será calculado como el producto del Carácter, Probabilidad, Magnitud e Importancia, la Magnitud como la suma de Extensión, Intensidad, Desarrollo, Duración y Reversibilidad.

$$\text{Impacto Total} = \text{Ca} \times \text{Pro} \times \text{Mg} \times \text{Im}$$

De tal manera que los impactos serán calificados como: “0 – 20 no significativos, 21 – 40 poco significativos, 41 – 60 medianamente significativos, 61 – 80 significativos, 81 – 100 altamente significativos” (Almendro, 2015, p. 72).

#### **4.5.2.1 Validación de los instrumentos para la recolección de datos.**

Según, Hernández et *al.*, (2014) explican que: “la validez se define como el grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir” (p. 200). La validación del cuestionario de investigación se realizó mediante el juicio de cinco expertos en la materia de investigación, conformado por los docentes de la Escuela de Posgrado de la Universidad.

#### **4.5.2.2 Confiabilidad de los instrumentos para la recolección de datos.**

Para Hernández et *al.* (2014), la confiabilidad “se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales” (p. 200).

Referente a la ficha de recolección de datos, es decir los formatos, matrices y metodologías del Leopold, no requiere validación ya que es un instrumento estandarizado, auditado y universalizado por su efectividad en sus propósitos.

La confiabilidad del instrumento se realizó a una muestra piloto, conformado por el 15% del total de la muestra, haciendo un total de 14 reactivos, distintos a la muestra seleccionada por conveniencia. Los resultados fueron procesados en SPSS V24.0, mediante el método de Alfa de Cronbach, determinándose lo siguiente.

Estadística de fiabilidad del Instrumento 1.

**Tabla 7**

*Confiabilidad del instrumento de satisfacción*

<b>Instrumento 1</b>	<b>Alfa de Cronbach</b>	<b>Nº de elementos</b>
Satisfacción de los Pobladores afectados	0,84	10

El valor alfa de Cronbach es 0,84; siendo próximo a la unidad e indicando que el instrumento utilizado es de confiabilidad adecuada, por lo tanto; se concluye que el instrumento para medir la satisfacción es confiable.

#### **4.6 Técnica para el procesamiento y análisis de datos**

##### ***4.6.1 Técnicas para el Procesamiento***

- Los datos recopilados de los impactos ambientales en registro por medio de la observación fueron procesados mediante la metodología de Leopold, una matriz de doble entrada de identificación y valoración de los impactos ambientales, que tiene como metodología una serie de variables y ponderaciones para cuantificar la significancia del impacto ambiental.
- Seguidamente se procedió a aplicar las técnicas de control del uso del Anfo según la significancia de los impactos identificados.
- Seguidamente se procede hacer la segunda valorización de los impactos ambientales donde se determinará los impactos residual o controlado por las técnicas de mitigación.

- Asimismo, los resultados de la aplicación del cuestionario de percepción y satisfacción a los pobladores afectados previo y post a la implementación de las técnicas de control será procesados en una de hoja de Excel y exportados a SPSS v24 para su respectivo análisis.

#### **4.6.2 *Análisis de datos***

**Análisis descriptivo.** Para identificar y valorar los impactos ambientales se describió cuantitativamente según los parámetros y ponderación de la metodología de Leopold. En lo que respecta a los resultados el cuestionario fue procesado en el SPSS v24, mediante la estadística descriptiva, que consiste en generar la tabla y figura de frecuencias de las preguntas respectivas.

**Análisis inferencial.** Se procedió hacer el análisis de normalidad de datos, para ello se usó la prueba de Kolmogórov-Smirnov, debido a que la muestra es mayor de 30 unidades muestrales, determinándose que los datos tienen un comportamiento paramétrico por la cual se utilizó la prueba de T de Student, con un nivel de significancia de 0.05 para determinar la variación de medias, es decir, el efecto que puede generar la implementación de las técnicas de control del uso del Anfo.

#### **4.7 Aspectos éticos**

Los datos adquiridos en este estudio respetan la fiabilidad de los resultados, la credibilidad de los datos proporcionados, y la propiedad intelectual, asimismo, se tiene en cuenta el principio de autonomía y anonimato de los encuestados garantizando la confidencialidad de la información y las acciones a realizar, si accidentalmente está fuera revelada no habrá información que vincule al participante, por ello en todo momento se velará por la protección de su identidad así como el respeto y si este decide dejar de participar ello también fue respetado. Con el consentimiento informado se podrá corroborar que todos los que decidieron participar lo realizaron de manera voluntaria y no hubo manipulación para que lo hicieran.

## CAPÍTULO V. RESULTADOS

### 5.1 Análisis de resultados obtenidos

#### 5.1.1 *Aplicación de técnicas y procedimientos para la mitigación de efectos ambientales*

El proceso unitario de la voladura de rocas expone a los equipos y personas aledañas del proceso de explosión, estos efectos generan un impacto negativo trayendo como consecuencia algunos incidentes, enfermedades ocupacionales y daños al medio ambiente. Por tal en la presente se describirán algunos controles que ayudarán a mitigar dichos efectos.

#### **Uso de material de chancado**

De acuerdo a la teoría descrita por Konya (1983) “el diámetro óptimo de tamaño para taco es el 5% del diámetro del taladro, además de ello este deberá tener aspecto anguloso y de mayor densidad” (p. 89).

El Pebbles, es un material derivado de la molienda del material pétreo, de la chancadora primaria, útil para estas operaciones de voladura.

Se realizó el estudio del material y su respectivo particulado para evidenciar el tamaño óptimo.

Para evidenciar los resultados del taco con respecto a su efectividad en cuanto a la minimización de proyección de rocas se hará una medición mediante una cámara de alta velocidad 1000 cuadros / segundo, que evaluará el tiempo de retención de energía.

La fórmula para el cálculo del tiempo de retención de taco es:

$$TRT = T2 - T1$$

Donde:

TRT: Tiempo de retención de energía (ms)

T1: Tiempo de Inicio de quemado (ms)

T2: Tiempo de Inicio de Eyección de taco(ms)

Se realizó dos mediciones:

**Tabla 8**

*Tiempo de retención obtenido con detritus*

Nro. taladro	ID taladro	Material tapado	Kg explosivo	Taco	T1	T2	TRT
01	225	Detritus	860 kg	7.2 m	0 ms	81 ms	81 ms
02	315	Detritus	780 kg	8.1 m	376 ms	459 ms	83 ms

Nota. Obtenido de Barrios (2020)

Asimismo, para determinar el tiempo de retención con Material Chancado o Pebbles se empleó el mismo proceso:

**Tabla 9**

*Tiempo de retención obtenido con material chancado*

Nro. taladro	ID taladro	Material tapado	Kg explosivo	Taco	T1	T2	TRT
01	324	Pebbles	850 kg	7.2 m	0 ms	120 ms	120 ms
02	064	Pebbles	850 kg	7.4 m	0 ms	142 ms	142 ms
03	100	Pebbles	850 kg	8.1 m	0 ms	154 ms	154 ms
04	185	Pebbles	810 kg	6.5 m	0 ms	164 ms	164 ms

Nota. Obtenido de Barrios (2020)

**Interpretación:** De acuerdo a los resultados de la tabla 8 y tabla 9 se puede evidenciar que el tiempo de retención de energía explosiva con la piedra chancada es 50% más de lo que especifica la operación con el detritus. Es decir, que la operación ayuda en reducir la proyección de rocas y también una mayor efectividad en el particulado del material.

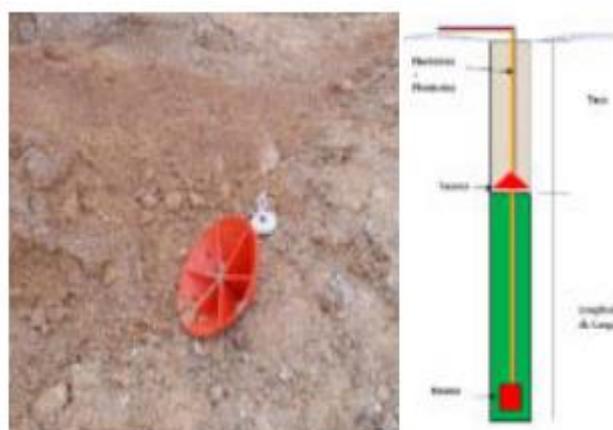
### 5.1.1.1 Uso de retenedores cónicos

Enaex (2010) manifiesta que “una de las formas para minimizar las rocas en vuelo es a través del uso de dispositivos de retención de taco confinando el explosivo unos milisegundos en el taladro” (p. 62).

Se hizo uso de un dispositivo cuyo nombre es “gorro chino o cartuflex”, que se introduce dentro del taladro en el contacto entre la carga explosiva y el taco.

**Figura 26**

*Colocación de retenedor de energía*



Fuente: Asistencia Técnica

Para la medición de la eficiencia de cada dispositivo fue realizado mediante la cámara de alta velocidad a 1000 cuadros / segundo, mediante 4 mediciones y con ello se determinó el mejor tiempo.

**Tabla 10**

*Tiempo de retención con retenedores de energía*

Nro. taladro	ID taladro	Material tapado	Kg explosivo	Taco	T1 (ms)	T2 (ms)	TRT (ms)
01	262	Doble	940 kg	6.7 m	9895	10180	285
02	247	Simple	940 kg	6.7 m	9995	10255	260

Nota. Obtenido de Barrios (2020)

**Interpretación:** De lo obtenido se indica:

- La obtención promedio de un tiempo mayor a 100 ms usando un solo retenedor de taco comparado con el tiempo de un taladro sin dispositivo y tapado con material chancado.
- Cuando se coloca dos retenedores en un solo taladro separado cada 0.5m se obtuvo un incremento de 30 ms más que en el taladro donde se utiliza solo uno.
- Cuando se usó material chancado y retenedor se triplica el tiempo de retención comparado con un taladro tapado solo con detritus.

#### **5.1.1.2 Emulsiones gasificadas para minimizar emisiones de humos**

La causa de que aparezcan los gases rojos es debido al explosivo mismo y por la interacción físico-química entre el macizo rocoso y éste.

Debido a ello se busca trabajar en el desarrollo de una emulsión que tenga inhibidores químicos como la urea la cual disminuye el riesgo de una reacción autosostenida cortando la cadena de desgaste del mineral.

#### ***Proceso de gasificación en emulsión matriz***

La emulsión se encuentra en la categoría de explosivos industriales teniendo las mismas propiedades que los explosivos convencionales. Para la elaboración de explosivos se sensibiliza con el propósito de que se genere la reacción química de forma rápida y con ello su potencia sea superior.



Para ello se hicieron pruebas en laboratorio para lograr la densidad de la emulsión.

**Tabla 11***Soluciones de Nitrito de Sodio*

CONCENTRACION NaNO <sub>2</sub>	CONCENTRACIÓN H <sub>2</sub> O	CODIGO DE IDENTIFICACIONES (SOLUCIONES A)
7 %	93 %	A1
12,5 %	87,5 %	A2
20 %	80 %	A3
25 %	75 %	A4
33,3 %	66,7 %	A5
40%	60 %	A6

Nota: Asistencia técnica

**Tabla 12***Soluciones de Ácido acético*

CONCENTRACION ACIDO ACETICO	CONCENTRACIÓN H <sub>2</sub> O	CODIGO DE IDENTIFICACIONES (SOLUCIONES B)
7 %	93 %	B1
12,5 %	87,5 %	B2
25 %	75 %	B3
50 %	50 %	B4
75 %	25 %	B5
100%	0 %	B6

Nota: Asistencia técnica

**Interpretación:** Las soluciones que se prepararon con anterioridad se colocaron en tubos de ensayo y puestas al medio ambiente y en frío. A una temperatura de -10 °C. por 24 horas. Arrojó los siguientes resultados:

**Tabla 13**  
*Reacciones en soluciones A y B*

ADITIVOS	OBSERVACIONES	ADITIVOS	OBSERVACIONES
A1	Se congeló totalmente	B1	Se congeló totalmente
A2	Ningún cambio	B2	Se congeló totalmente
A3	Ningún cambio	B3	Ningún cambio
A4	Ningún cambio	B4	Ningún cambio
A5	Ningún cambio	B5	Se congeló totalmente
A6	Ningún cambio	B6	Se congeló totalmente

**Interpretación:** La tabla indica que no se puede emplear las soluciones A1, B1, B2, B5 y B6; porque la temperatura de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . es factible en mina causando retrasos y daños en los camiones fábrica.

Se pudo observar que la gasificación de las emulsiones se cristaliza más rápidamente cuando se añaden los aditivos más concentrados, y el aditivo A2 es el más indicado.

#### **A. Gasificación empleando catalizadores**

Como cada reacción de gasificación es lenta se necesita agregar catalizadores e inhibidores, ello incrementa significativamente la reacción de gasificación y reducen los procesos de reacción autosostenida.

#### **B. Gasificación en diferentes concentraciones de catalizadores**

Luego se hizo los ensayos agregando diferentes cantidades de tiourea en el aditivo A2.

**Tabla 14***Soluciones de catalizadores*

CONCENTRACIÓN NaNO <sub>2</sub>	CONCENTRACIÓN TIOUREA	CONCENTRACIÓN H <sub>2</sub> O	CODIGO IDENTIFICACIÓN
12,5 %	5,5 %	82 %	A2C1
12,5 %	3 %	84,5 %	A2C2
12,5 %	1 %	86,5 %	A2C3

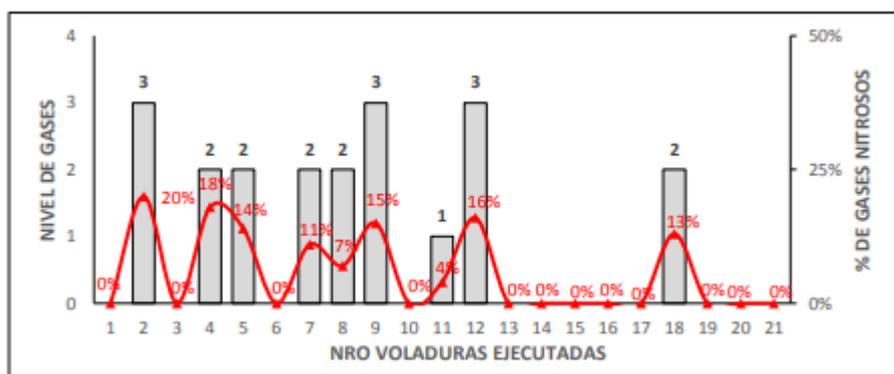
**Interpretación:** Se visualiza que el aditivo A2C2, tiene el mismo comportamiento que el aditivo A2C1, a pesar de tener menor cantidad de catalizador, siendo el utilizado para la gasificación la solución A2C2.

### C. Gasificación a diferentes temperaturas

Se puede observar que la temperatura es un indicador fundamental en el proceso de gasificación, por lo que debe procurarse en lo posible trabajar con una emulsión encima de 10 °C.

#### 5.1.1.3 Monitoreo de humos nitrosos

Se realizó voladuras con emulsión gasificada para que se pueda visualizar cómo se comporta e interactúa con el macizo rocoso y ver si se genera humos nitrosos.

**Figura 27***Voladuras con porcentaje de emisión de gases nitrosos con Anfo pesado gasificable*

Nota. Fuente: Barrios (2020)

**Tabla 15**

*Voladuras realizadas con Anfo pesado gasificable*

N° de voladura	% GASES NITROSOS	NIVEL DE GASES	EXPLOSIVO
1	0%	0	70/30
2	20%	3	90/10
3	0%	0	80/20
4	18%	2	80/20
5	14%	2	80/20
6	0%	0	70/30
7	11%	2	80/20
8	7%	2	80/30
9	15%	3	70/30
10	0%	0	70/30
11	4%	1	80/20
12	16%	3	90/10
13	0%	0	70/30
14	0%	0	70/30
15	0%	0	70/30
16	0%	0	70/30
17	0%	0	70/30
18	13%	2	90/10
19	0%	0	70/30
20	0%	0	70/30
21	0%	0	80/20

**Interpretación:** Se visualiza que el 42% del total de voladuras que se realizaron tienen por lo menos nivel 1 de emisión de gases nitrosos, además el nivel de gases por cada voladura promedia el 13% del total de taladros disparados por proyecto, el cual es considerado elevado.

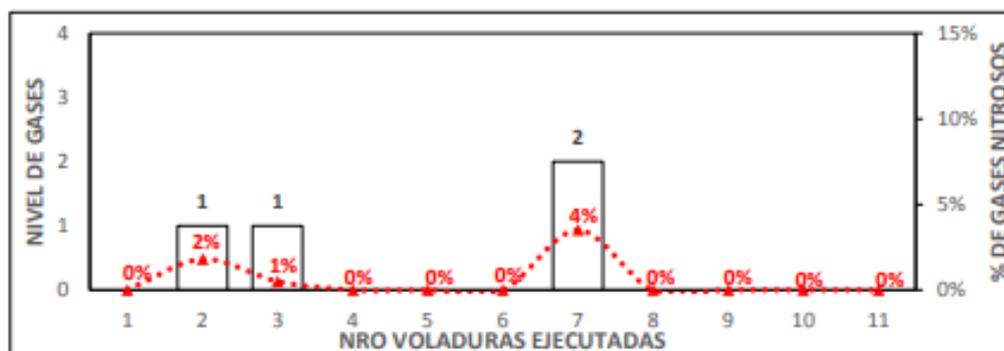
**Figura 28**

*Comparación nivel de gases entre AP 73G y Emulsión gasificada 100%*



**Figura 29**

*Voladuras con porcentaje de emisión de gases nitrosos con emulsión gasificable 100%*

**Tabla 16**

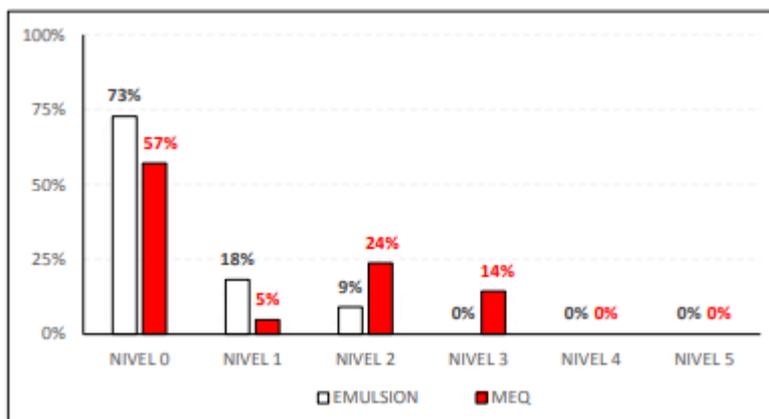
Voladuras realizadas con emulsión gasificable 100%

Nº de voladura	% GASES NITROSOS	NIVEL DE GASES	EXPLOSIVO
1	0%	0	Emulsión gasif 100%
2	2%	1	Emulsión gasif 100%
3	1%	1	Emulsión gasif 100%
4	0%	0	Emulsión gasif 100%
5	0%	0	Emulsión gasif 100%
6	0%	0	Emulsión gasif 100%
7	4%	2	Emulsión gasif 100%
8	0%	0	Emulsión gasif 100%
9	0%	0	Emulsión gasif 100%
10	0%	0	Emulsión gasif 100%
11	0%	0	Emulsión gasif 100%

**Interpretación:** Se obtuvo que el 27% de todas las voladuras con nivel de gases nitrosos usando emulsión gasificable; un 2% del total de taladros por voladura generó gases nitrosos.

**Figura 30**

*Distribución de generación de gases por nivel de emisión*



**Interpretación:** Se visualiza un mejor performance en la disminución de gases nitrosos con la emulsión gasificada comparado con el uso de la mezcla Anfo pesado gasificable usado actualmente en mina.

### **5.1.2 Procedimientos operativos para mitigar efectos ambientales**

Los procedimientos que se implementan para que aporten a que se reduzcan los efectos ambientales son.

#### **5.1.2.1 Uso de mangas en taladros con oquedades y/o vacíos.**

Es importante estar pendiente para que se detecte si hay fallas, asimismo, se debe hacer uso de mangas de plástico que se colocan desde el fondo del taladro y vaciar dentro de él la mezcla explosiva, garantizando los kilogramos indicados en el diseño.

**Figura 31**

*Colocación de mangas plásticas en taladros con vacíos*



Nota. Obtenido de Barrios (2020)

**5.1.2.2 Control de calidad a mezclas explosivas y camiones mezcladores.** Se debe tener la garantía de que la densidad del producto sea la correcta asegura que la probabilidad de emisión de gases nitrosos sea mínima. Además, los camiones mezcladores o fábrica son un elemento importante en el proceso de voladura con la fabricación del explosivo a granel para ser cargado en los taladros, estos deben estar calibrados adecuadamente para que se asegure los kilogramos indicados por cada pozo y así se evite proyección de rocas y golpe de aire.

**5.1.2.3 Monitoreo y modelamiento de vibraciones.** Deben de realizarse con cada vibración ocasionada por la voladura ya sea en campo cercano y lejano, para determinar si los controles aplicados mitigan el nivel de vibraciones y se encuentren dentro de los límites permisibles. Con dicha información también se elaboró un modelo de vibraciones ajustado para predecir las vibraciones y el daño evaluándose a diferentes distancias y cantidad de explosivo.

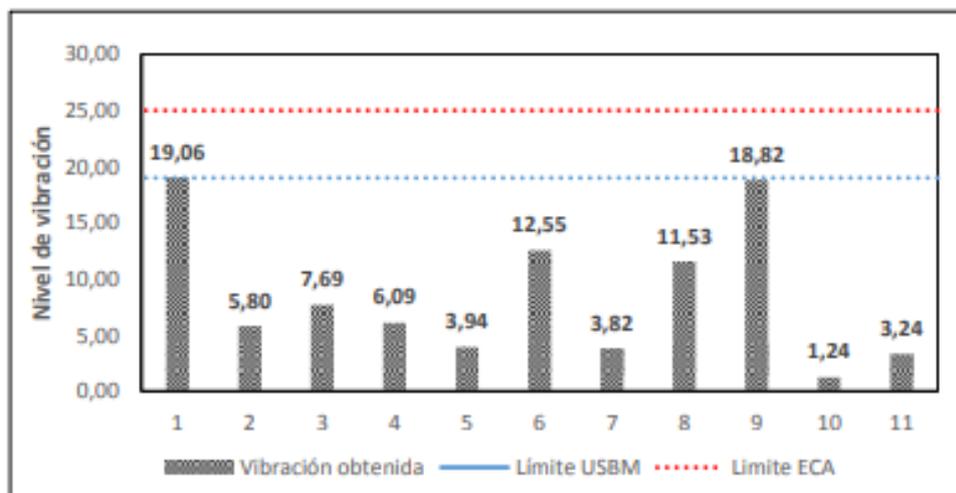
**Registro y control de vibraciones**

Se realizaron monitoreos a campo lejano en un punto fijo teniendo en consideración la normativa de nuestro país.

**Tabla 17***Registro de vibraciones en contorno del tajo*

Kg Explosivo	Distancia	Radial		Transv		Vertical		PVS
		PPV	Frec	PPV	Frec	PPV	Frec	
167.409	289,0	8,00	7,88	12,25	7,91	18,25	8,00	19,36
174.860	268,0	3,13	4,66	5,75	9,75	3,38	9,44	5,80
252.155	338,0	6,38	7,00	6,00	8,22	5,25	8,22	7,69
91.556	280,0	3,50	5,13	3,80	10,13	5,13	5,00	6,09
180.680	544,0	3,63	8,00	3,13	8,16	3,25	7,91	3,94
110.581	341,0	7,84	7,40	11,29	10,90	9,98	9,10	12,55
66.450	409,0	2,75	3,81	2,13	12,00	3,50	3,81	3,82
103.481	153,0	8,73	4,50	9,13	3,90	7,28	3,20	11,53
253.163	373,0	13,87	1,83	11,76	1,24	13,65	1,81	18,82
132.665	604,0	1,07	0,11	0,99	0,07	0,86	0,06	1,24
80.788	545,0	2,41	0,26	1,94	0,68	2,72	0,20	3,24

Nota. Obtenido de Barrios (2020)

**Figura 32***Comparativo VPP obtenida y límites de vibración*

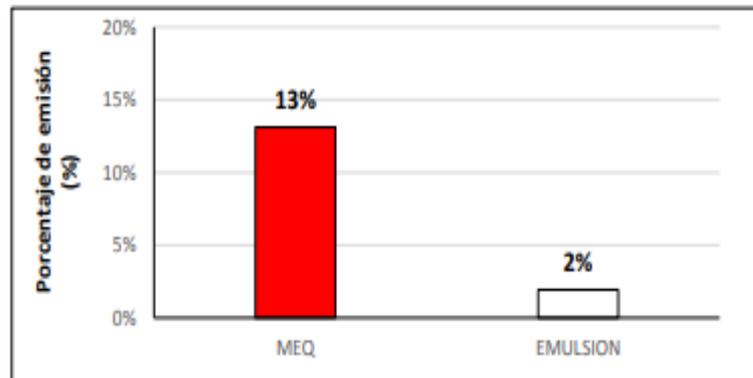
Nota. Obtenido de Barrios (2020)

**Interpretación:** Se llegó a obtener el 100% de los valores dentro de los límites de vibración exigidos por la norma USBM RI8507 la cual indica que para frecuencias bajas (< 40 Hz) la vibración máxima permitida es 19,0 mm/s no obteniendo ningún valor mayor.

### 5.1.3 Resultados obtenidos de las técnicas de control

**Figura 33**

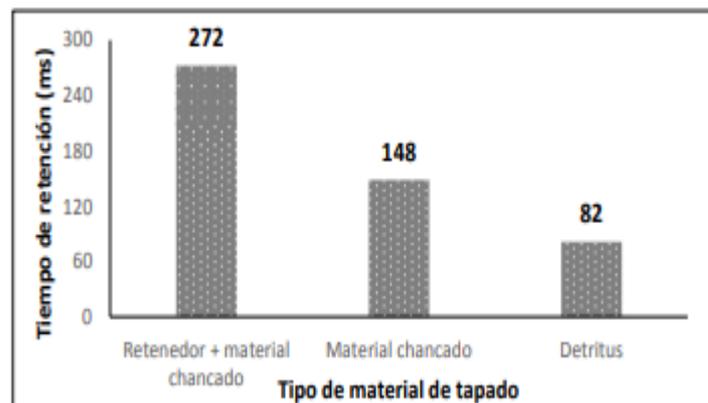
*Comparativo % emisión de gases nitrosos*



**Interpretación:** La reducción de humos nitrosos es considerable con el uso de la emulsión gasificable, se evidencia que se redujo un 11% de emisión.

**Figura 34**

*Comparativo tiempos de retención de materiales de tapado*



**Interpretación:** Usando material chancado en el tapado de taladros se logra aumentar el tiempo de confinamiento del explosivo en un tiempo promedio de 66 ms comparado con el uso de detritus de perforación como material de tapado. Los tiempos que se obtienen ayudan a la mitigación de la proyección de rocas.

**Tabla 18***Análisis de Onda elemental*

Tiempo entre taladros (ms)	Tiempo entre filas (ms)	VPP (mm/s)	Frecuencia (Hz)	Observaciones
6	120	145.7	25	Valores reales obtenidos de mediciones
10	130	76.7	17	Valores simulados en base a onda elemental

**Interpretación:** De acuerdo al análisis de onda elemental para determinar los tiempos de retardo se visualiza una de la vibración en 47% sin obtener frecuencias por debajo de 10Hz, sin embargo, la reducción está condicionada a otras variables como la geometría y factor de potencia.

**Tabla 19***Vibraciones obtenidas por litología*

LITOLÓGÍA	PROYECTO	VPP REGISTRO (mm/s)	VPP CRITICO (mm/s)
Agl-volc	3430-210	151,00	259
	3430-211	226,1	
	3430-224	130,8	
	3430-211	90,23	
	3430-223	203,6	
	3430-222	144,4	
	3430-220	135,1	
	3430-235	179,7	
	3430-236	146,3	
	3430-221	166,9	
Bx-ga	3430-235	102,4	244
	2785-047	99,63	
Di-g	2785-053	121,1	244
	2785-051	94,76	
<b>Di-prop</b>	2785-054	74,71	170
	3070-249	131,2	
Di-qs	3070-247	105,80	171
	3070-243	104,4	
	3070-245	101,7	
	3070-244	97,29	
	3070-245	161,1	
	3070-247	53,02	

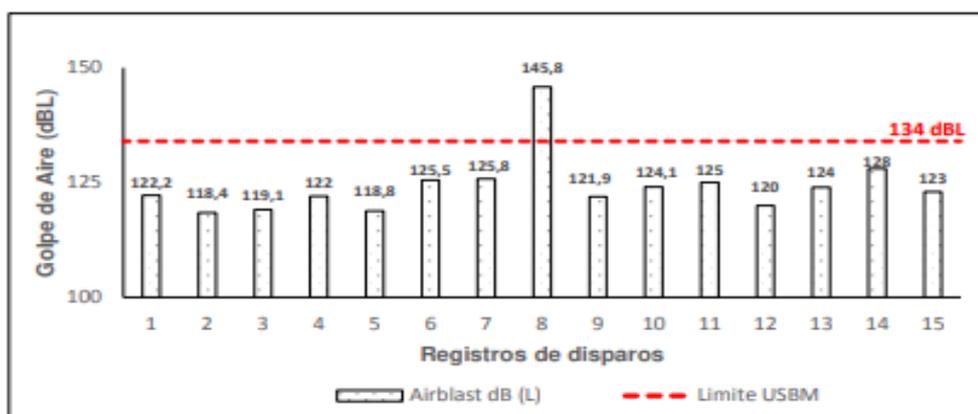
Nota. Obtenido de Barrios (2020)

**Interpretación:** Basado en la VPP crítica de cada litología se logró mantener las vibraciones hasta en un 45% por debajo de dicho límite, ello con la aplicación de las técnicas de mitigación descritas líneas arriba (tiempos de salida, carga operante, geometría de malla).

Usar material adecuado de tapado y el control de cargas en las crestas son algunos de los controles puntuales aplicados para la reducción de la sobrepresión de aire, logrando un 93% de valores por debajo del límite máximo de golpe de aire estipulado en la norma USBM.

### Figura 35

*Valores de Golpe de Aire vs Limite USBM*



Nota. Obtenido de Barrios (2020)

## 5.2 Resultados de percepción de los pobladores

### 5.2.1 Estadística descriptiva

¿Se han dado casos de accidentes graves producido por las proyecciones de rocas a causa de las voladuras?

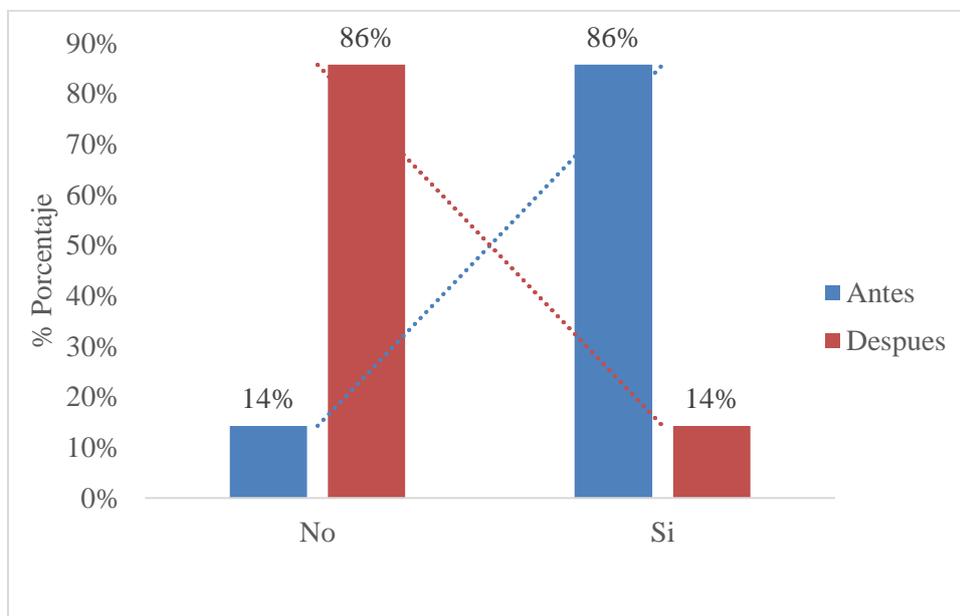
**Tabla 20**

*Casos de accidentes graves producido por las proyecciones de rocas a causa de las voladuras*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
No	10	14%	60	86%
Si	60	86%	10	14%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 36**

*Casos de accidentes graves producido por las proyecciones de rocas a causa de las voladuras*

**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 20 y figura 36 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, en su mayoría con un 86% manifiesta que si hubo accidentes a causa de las proyecciones de roca como consecuencia de la voladura con lo que se evidencia que el riesgo en el ejercicio de esa actividad era latente. En una segunda encuesta posterior a la aplicación de la minimización de este riesgo evidencia que en su mayoría coinciden en que ya no existieron casos de accidentes producido por las proyecciones de rocas con lo que se puede deducir que las prácticas de minimización reducen significativamente el riesgo que pueden sufrir los pobladores. ¿Producido por las proyecciones de rocas se han dado accidentes y efectos nocivos para su salud y ha afectado sus bienes materiales?

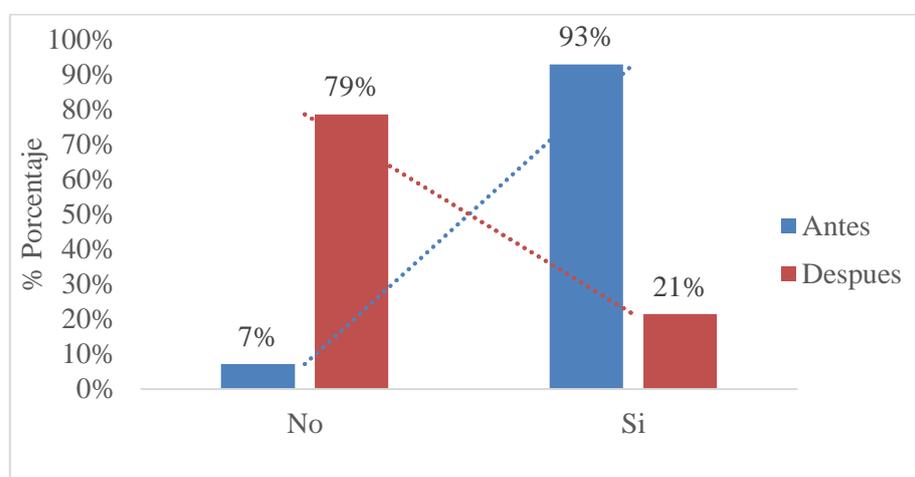
**Tabla 21**

*Existencia de accidentes y efectos nocivos para su salud y ha afectado sus bienes materiales*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
No	5	7%	55	79%
Si	65	93%	15	21%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 37**

*Existencia de accidentes y efectos nocivos para su salud y ha afectado sus bienes materiales*

**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 21 y figura 37 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, en su mayoría con un 93% que representa 65 personas manifiestan que, si existió accidentes, efectos nocivos en su salud y sus bienes también se vieron afectados a causa de las proyecciones de roca con lo que se evidencia que las consecuencias de esa actividad son diversas. En una segunda encuesta posterior a la aplicación de la minimización de estas consecuencias se evidencia que en su mayoría con un 79% manifiestan que estos accidentes se redujeron significativamente con lo que se puede deducir que las prácticas de minimización se redujo estas consecuencias que preocupaban a los pobladores.

¿Considera que la minería tiene controlado la ejecución de las voladuras de rocas que realiza?

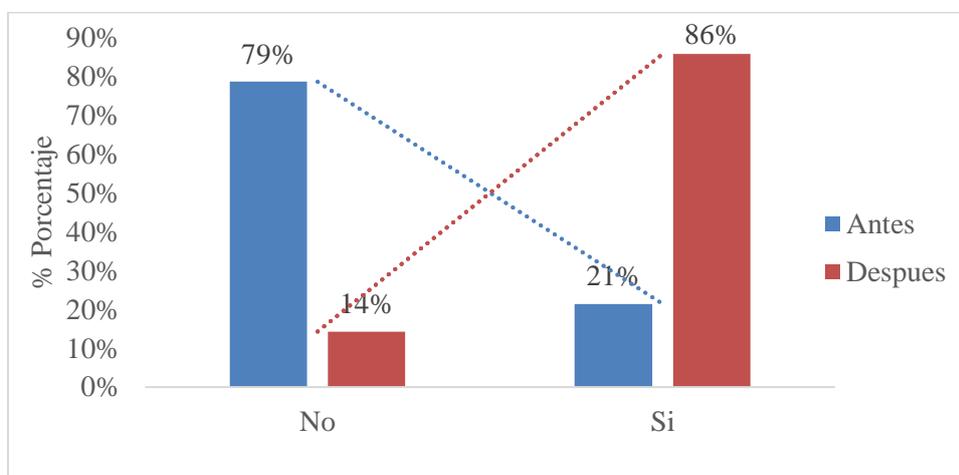
**Tabla 22**

*La minería tiene controlado la ejecución de las voladuras de rocas que realiza*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
No	55	79%	10	14%
Si	15	21%	60	86%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 38**

*La minería tiene controlado la ejecución de las voladuras de rocas que realiza*



**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 22 y figura 38 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, en su mayoría con un 79% que representa 55 personas manifiestan que, la minería no tiene controlado la ejecución de las voladuras de rocas con lo que se evidencia la desconformidad por parte de los pobladores. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los riesgos se evidencia que en su mayoría con un 86% manifiestan que ven la mejora en el control de la ejecución de esta actividad de lo que se deduce que hubo una mejora en la conformidad de los pobladores.

¿Cuándo hay voladura, ocasiona daños en su vivienda?

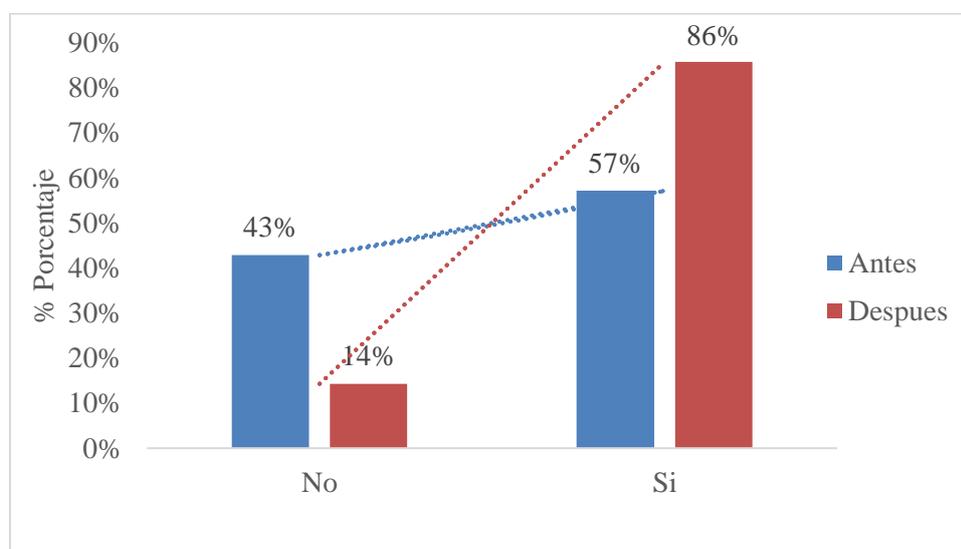
**Tabla 23**

*Daños en su vivienda a causa de las voladuras*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
No	30	43%	10	14%
Si	40	57%	60	86%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 39**

*Daños en su vivienda a causa de las voladuras*



**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 23 y figura 39 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, en su mayoría con un 57% que representa 40 personas manifiestan que, a causa de las voladuras sus viviendas se vieron afectadas con lo que se evidencia la preocupación de los pobladores. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los riesgos se evidencia que en su mayoría con un 86% manifiestan que ya no existió daños a sus viviendas de lo que se deduce que se redujo este riesgo lo cual brinda más tranquilidad a los pobladores.

¿Qué tipo de daño ocasiona?

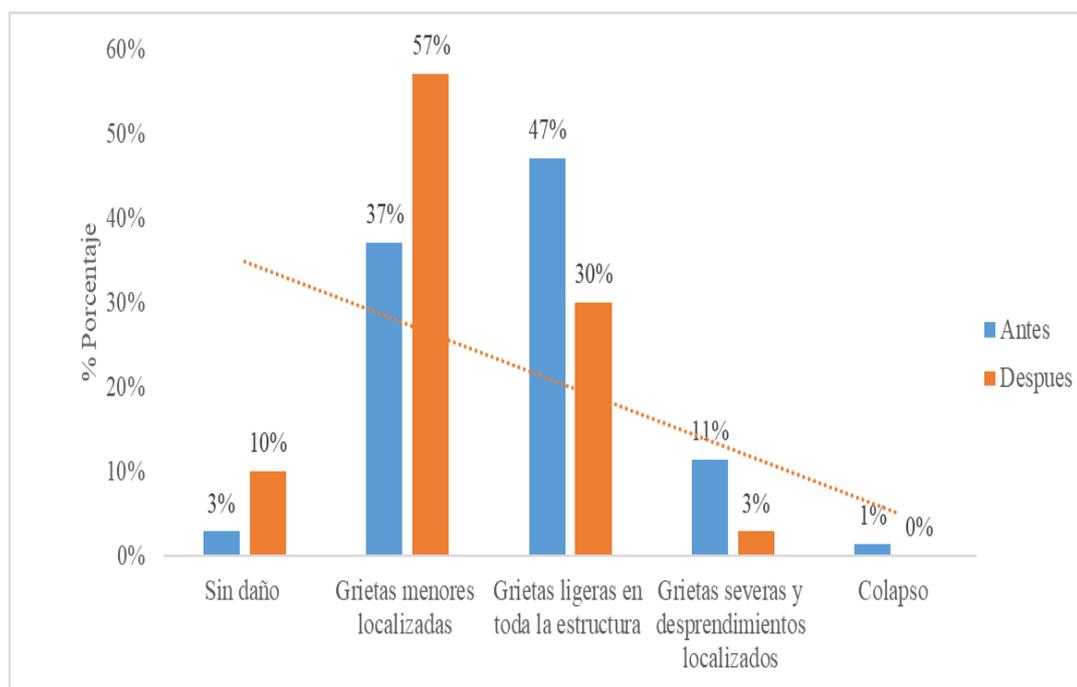
**Tabla 24**

*El tipo de daño que ocasiona*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
Sin daño	2	3%	7	10%
Grietas menores localizadas	26	37%	40	57%
Grietas ligeras en toda la estructura	33	47%	21	30%
Grietas severas y desprendimientos localizados	8	11%	2	3%
Colapso	1	1%	0	0%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 40**

*El tipo de daño que ocasiona*



**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 24 y figura 40 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, respecto a qué tipos de daños es más frecuente en

su mayoría con un 47% que representa 33 personas manifiestan que lo que más ocasiona son las grietas ligeras en toda la estructura y con un 37% manifiestan que son las grietas ligeras en toda la estructura. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los daños que ocasionan las voladuras se evidencia que en su mayoría con un 57% manifiestan que el daño se redujo a grietas menores localizadas de lo que se deduce que se redujo los daños que eran más severos en su mayoría lo cual brinda más tranquilidad a los pobladores.

¿A causa de los daños ocasionados Ud. ha tenido que modificar el tipo de material de su vivienda?

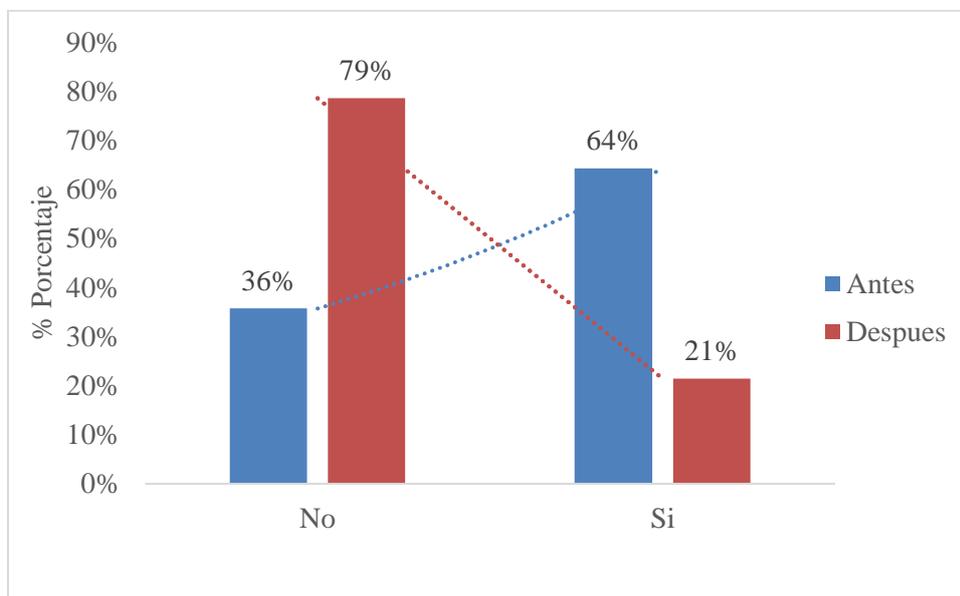
**Tabla 25**

*A causa de los daños ocasionados Ud. ha tenido que modificar el tipo de material de su vivienda*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
No	25	36%	55	79%
Si	45	64%	15	21%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 41**

*A causa de los daños ocasionados Ud. ha tenido que modificar el tipo de material de su vivienda*

**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 25 y figura 41 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, respecto a si tuvieron que modificar el tipo de material de su vivienda en su mayoría con un 64% que representa a 45 personas manifiestan que sí tuvieron que realizar las modificaciones necesarias para evitar sufrir más. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los daños que ocasionan las voladuras en las viviendas se evidencia que en su mayoría con un 79% manifiestan que el ya no ven necesario hacer más cambios a sus viviendas de lo cual se evidencia que ya los pobladores sienten que no habrá más daños.

¿La empresa minera les ha brindado algún apoyo al enterarse de los daños ocasionados en sus viviendas?

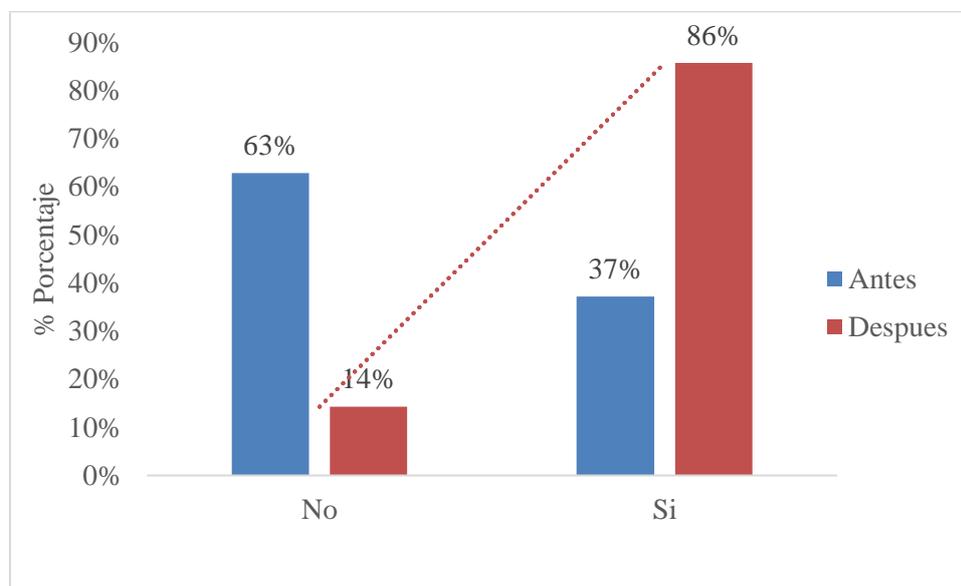
**Tabla 26**

*Les ha brindado algún apoyo al enterarse de los daños ocasionados en sus viviendas*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
No	44	63%	10	14%
Si	26	37%	60	86%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 42**

*Les ha brindado algún apoyo al enterarse de los daños ocasionados en sus viviendas*

**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 26 y figura 42 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, respecto a si recibieron algún apoyo cuando sus viviendas sufrieron daños en su mayoría con un 63% que representa a 44 personas manifiestan que no recibieron apoyo por parte de la minería. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los daños que ocasionan las voladuras en las viviendas se evidencia que en su mayoría con un 86% manifiesta que la minería si se hace responsable de los daños que causaban o cual les brinda a pobladores más confianza y tranquilidad del trabajo que hace la minería.

¿Cuándo hay voladura, ocasiona perturbación en la concentración del trabajo, estudio o de la actividad que realice?

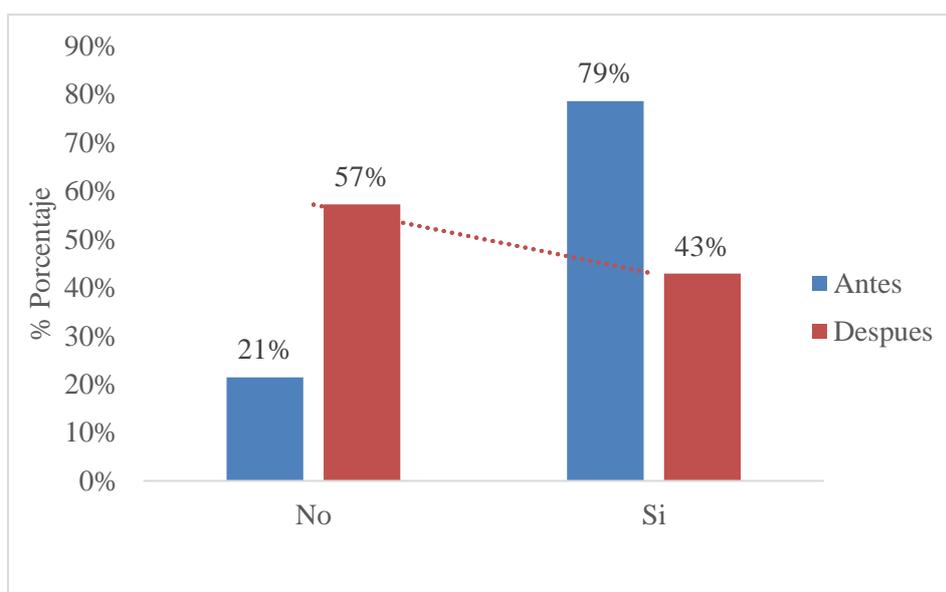
**Tabla 27**

*La voladura ocasiona perturbación en la concentración del trabajo, estudio o de la actividad que realice*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
No	15	21%	40	57%
Si	55	79%	30	43%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 43**

*La voladura ocasiona perturbación en la concentración del trabajo, estudio o de la actividad que realice*



**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 27 y figura 43 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, respecto a si la voladura ocasiona perturbación en la concentración del trabajo, estudio o de la actividad que realice con un 79% que representa a 55 personas manifiestan que sienten la perturbación que les impide hacer

sus actividades con normalidad. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los daños que ocasionan las voladuras se evidencia que un 57% manifiestan que se redujo las perturbaciones a sus actividades, pero con un porcentaje significativo de 43% consideran que aún no pueden realizar sus actividades con tranquilidad lo cual significa que ese tome tener en consideración más soluciones en la minimización de esta consecuencia.

En general ¿cómo calificaría hoy su estado de salud?

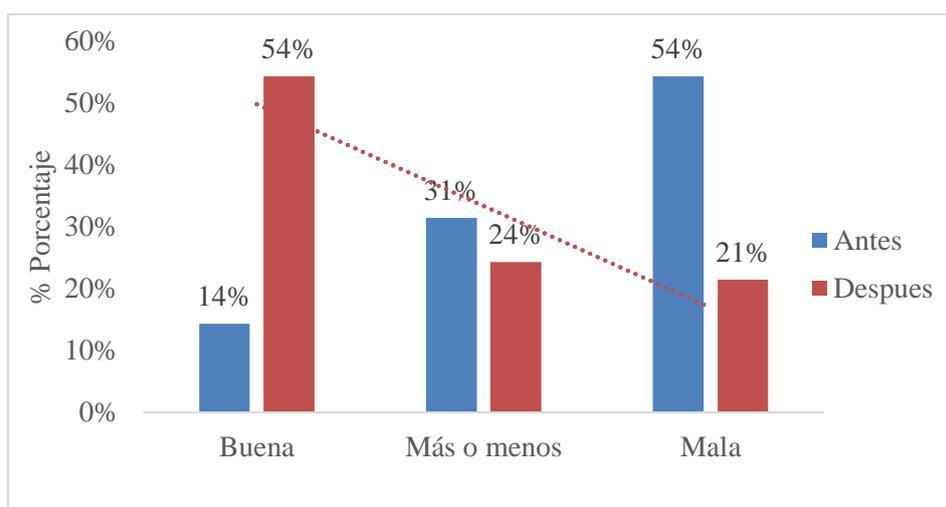
**Tabla 28**

*Su estado de salud*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
Buena	10	14%	38	54%
Más o menos	22	31%	17	24%
Mala	38	54%	15	21%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 44**

*Su estado de salud*



**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 28 y figura 44 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, respecto a cómo evalúa su estado de salud con un 54% que representa a 38 personas manifiestan que tienen una mala salud y un 31% consideran que está más o menos lo cual significa que la población ve afectada su salud

considerablemente. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los daños que ocasionan las voladuras se evidencia que un 54% manifiestan que ven mejoras en su salud lo cual significa que las medidas que se están tomando para reducir esta consecuencia es positiva para la salud de la población.

¿Cuál de estos efectos, cree usted que le afecta más?

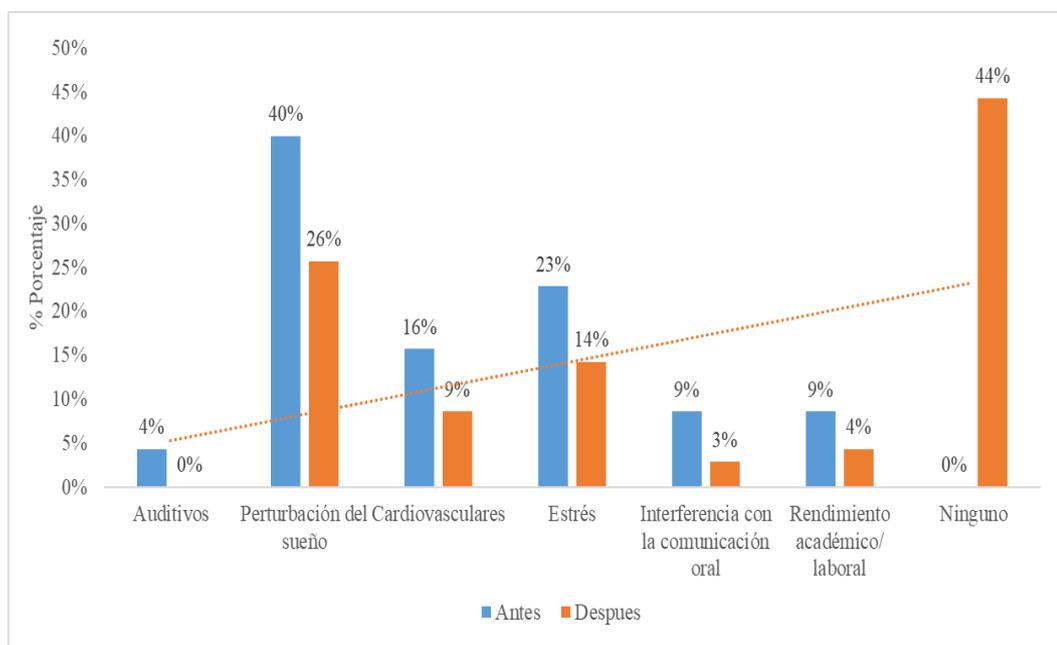
**Tabla 29**

*Cuál de estos efectos, cree usted que le afecta más*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
Auditivos	3	4%	0	0%
Perturbación del sueño	28	40%	18	26%
Cardiovasculares	11	16%	6	9%
Estrés	16	23%	10	14%
Interferencia con la comunicación oral	6	9%	2	3%
Rendimiento académico/laboral	6	9%	3	4%
Ninguno	0	0%	31	44%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 45**

*Cuál de estos efectos, cree usted que le afecta más*



### **Interpretación:**

Como se observa en la tabla 29 y figura 45 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, respecto a que les afecta más con un 40% que representa a 28 personas consideran que el efecto que más tienen es en las perturbaciones de sueño y un 23% manifiesta que les ocasiona estrés lo cual significa que la población evidencia efectos negativos. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los efectos que ocasiona las voladuras se evidencia que un 44% manifiestan que ya no existe ningún efecto y ore lo ven mejoras lo cual significa que las medidas que se están tomando para reducir esta consecuencia es positiva para la población.

¿La empresa minera informa sobre los horarios de voladura?

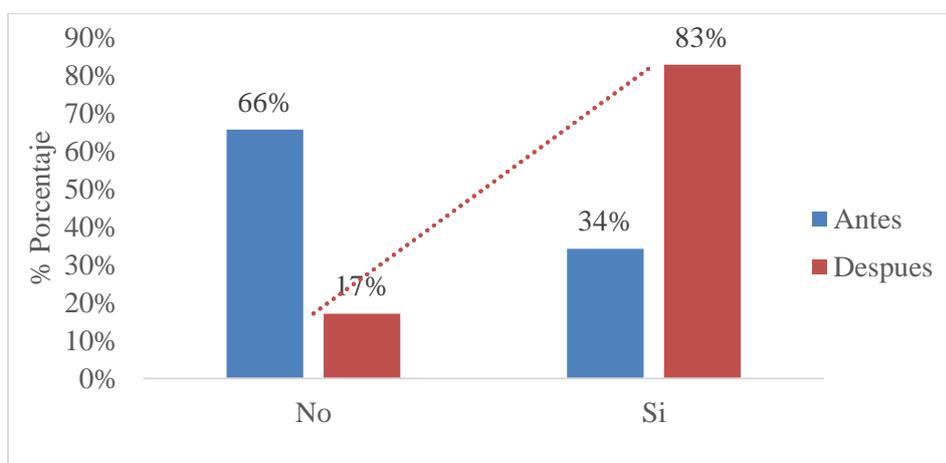
**Tabla 30**

*La empresa minera informa sobre los horarios de voladura*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
No	46	66%	12	17%
Si	24	34%	58	83%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 46**

*La empresa minera informa sobre los horarios de voladura*



**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 30 y figura 46 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, respecto a que si se les informa sobre los horarios que realizan la voladura en su mayoría con un 66% que representa a 46 personas manifiestan que no conocen los horarios y un 34% si conoce estos horarios lo cual significa que la minería debe hacer más extensiva la comunicación de los horarios. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los efectos que ocasionaba las voladuras se evidencia que en su mayoría con un 83% manifiestan que ya tienen un mejor conocimiento de los horarios lo cual les permite saber en qué momento tomar sus precauciones.

¿Considera que el polvo producido por las voladuras deteriora más su salud?

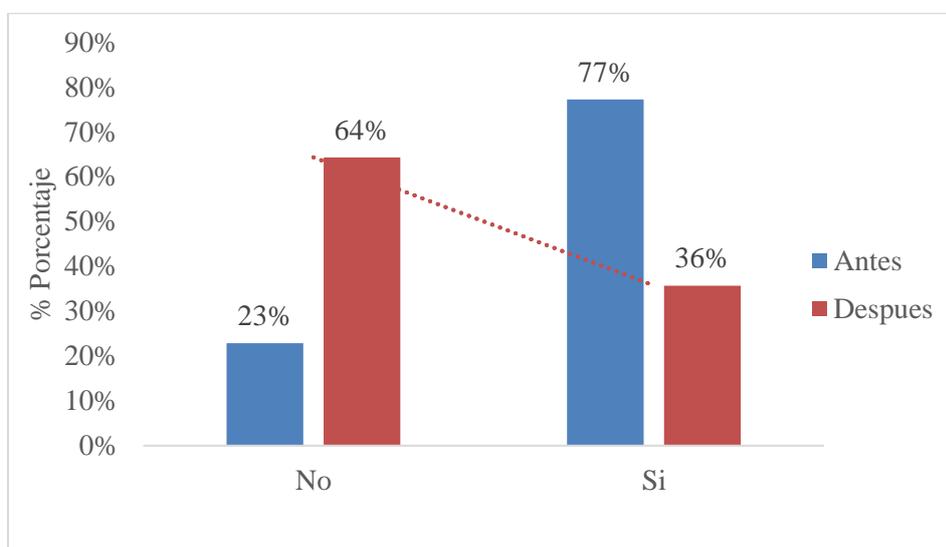
**Tabla 31**

*Considera que el polvo producido por las voladuras deteriora más su salud*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
No	16	23%	45	64%
Si	54	77%	25	36%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 47**

*Considera que el polvo producido por las voladuras deteriora más su salud*



**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 31 y figura 47 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, respecto al daño que le ocasiona el polvo producido por las voladuras en su mayoría con un 77% que representa a 54 personas consideran que el polvo deteriora más su salud. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los efectos que ocasionan las voladuras se evidencia que en su mayoría con un 64% ven mejoras en la reducción del polvo lo cual ya no le ocasiona daños a su salud.

¿Considera que las dificultades respiratorias, colapso, convulsiones, coma y la muerte son ocasionados por el polvo proveniente del tajo?

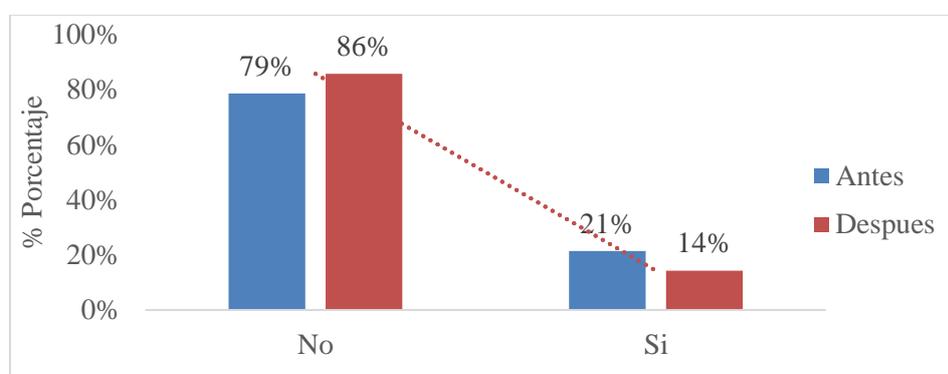
**Tabla 32**

*Considera que las dificultades respiratorias, colapso, convulsiones, coma y la muerte son ocasionados por el polvo proveniente del tajo*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
No	55	79%	60	86%
Si	15	21%	10	14%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 48**

*Considera que las dificultades respiratorias, colapso, convulsiones, coma y la muerte son ocasionados por el polvo proveniente del tajo*



**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 32 y figura 48 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, respecto a que si consideran que las dificultades respiratorias, colapso, convulsiones, coma y la muerte son ocasionados por el polvo proveniente del tajo en su mayoría con un 79% que representa a 55 personas consideran que el polvo les ocasiona múltiples consecuencias dañinas lo cual para ellos es preocupante. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los efectos que ocasionan las voladuras se evidencia que en su mayoría con un 86% consideran que al verse reducida la generación de polvo como resultado ya no les ocasiona las diversas consecuencias que eran dañinas para su salud.

¿Considera que las alergias y la contaminación al aire son ocasionados por el polvo proveniente del tajo?

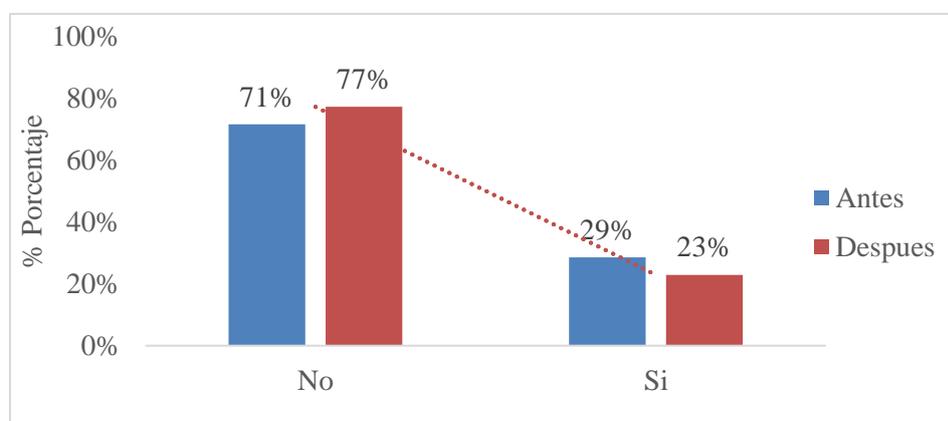
**Tabla 33**

*Considera que las alergias y la contaminación al aire son ocasionados por el polvo proveniente del tajo*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
No	50	71%	54	77%
Si	20	29%	16	23%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 49**

*Considera que las alergias y la contaminación al aire son ocasionados por el polvo proveniente del tajo*



**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 33 y figura 49 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, respecto a que si consideran que las alergias y la contaminación al aire son ocasionados por el polvo proveniente del tajo en su mayoría con un 71% que representa a 50 personas consideran que el polvo ocasiona alergias y la contaminación al aire lo cual es un tema alarmante para la población. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los efectos que ocasionan las voladuras se evidencia que en su mayoría con un 77% consideran que ya no evidencias las alergias ni la contaminación al aire lo cual muestra un impacto positivo.

¿Considera que la formación de gases como el CO<sub>2</sub>, CO y NO<sub>x</sub> provenientes del tajo deteriora más su salud?

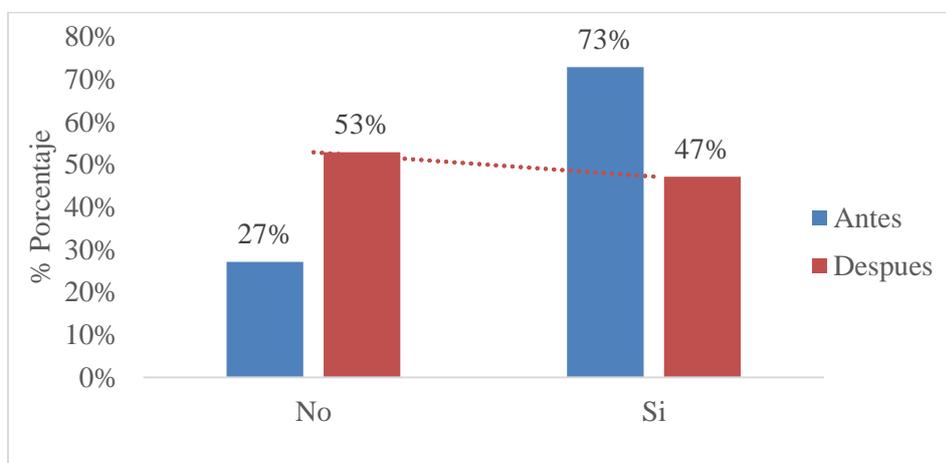
**Tabla 34**

*Considera que la formación de gases como el CO<sub>2</sub>, CO y NO<sub>x</sub> provenientes del tajo deteriora más su salud*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
No	19	27%	37	53%
Si	51	73%	33	47%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 50**

*Considera que la formación de gases como el CO<sub>2</sub>, CO y NO<sub>x</sub> provenientes del tajo deteriora más su salud*



**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 34 y figura 50 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, respecto a que, si consideran que la formación de gases como el CO<sub>2</sub>, CO y NO<sub>x</sub> provenientes del tajo deteriora más su salud en su mayoría con un 73% que representa a 51 personas consideran que si existe un deterioro en su salud a consecuencia de la formación de gases lo cual es un tema alarmante para la población. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los efectos que ocasionan las voladuras se evidencia que un 53% consideran que se redujo la formación de gases y con ello consideran que mejora su salud lo cual es un buen indicador de que las mejoras son de mucha ayuda.

¿Considera que la empresa se preocupa por brindarles equipos de protección ante los gases que se emiten producido por las voladuras que se realizan?

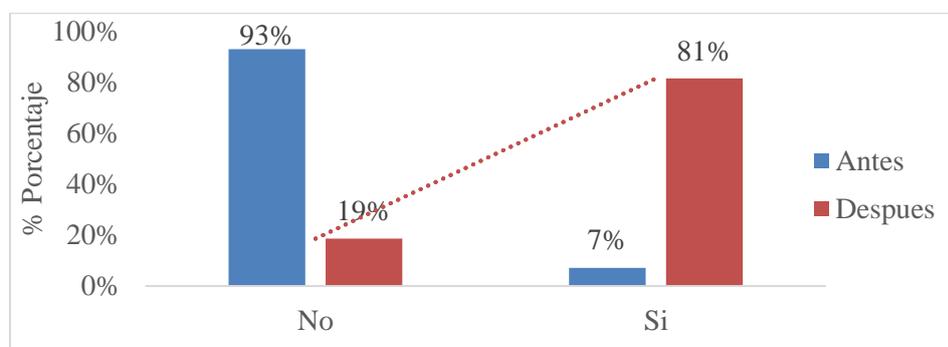
**Tabla 35**

*Considera que la empresa se preocupa por brindarles equipos de protección ante los gases que se emiten producido por de las voladuras que se realizan*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
No	65	93%	13	19%
Si	5	7%	57	81%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 51**

*Considera que la empresa se preocupa por brindarles equipos de protección ante los gases que se emiten producido por las voladuras que se realizan*



**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 35 y figura 51 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, respecto a que, si la empresa les brinda equipos de protección ante los gases que se emiten producido por las voladuras que se realizan en su mayoría con un 93% que representa a 65 personas manifiestan que no reciben ningún tipo de equipo de protección lo cual podría ayudarles a que los efectos no sean muy graves. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los efectos que ocasionan las voladuras se evidencia que en su mayoría con un 81% manifiestan que ya la minería les brinda equipo de protección para que la población esté más segura, lo cual es favorable para su salud y una mejor calidad de vida.

¿Considera que los gases provenientes del tajo contribuyen a deteriorar más la capa de ozono?

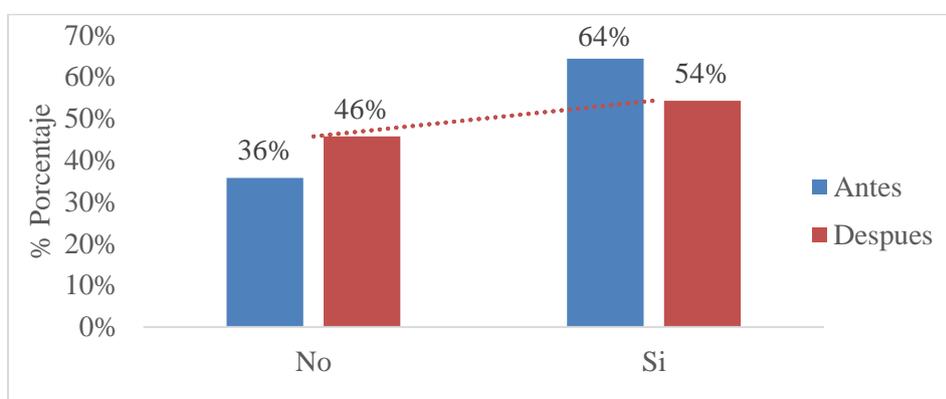
**Tabla 36**

*Considera que los gases provenientes del tajo contribuyen a deteriorar más la capa de ozono*

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
No	25	36%	32	46%
Si	45	64%	38	54%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 52**

*Considera que los gases provenientes del tajo contribuyen a deteriorar más la capa de ozono*



**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 36 y figura 52 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, respecto a que, si consideran que los gases provenientes del tajo contribuyen a deteriorar más la capa de ozono en su mayoría con un 64% que representa a 45 personas manifiestan que los gases generados en el tajo causan daños a la capa de ozono lo cual es un efecto negativo para nuestro medio ambiente. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los efectos que ocasionan las voladuras se evidencia que un 54% manifiestan que si aún tiene efectos negativos para la capa de ozona y un 46% considera que ya no hay efectos negativos, pero se puede evidenciar que existe un efecto dañino muy significativo que se debe buscar reducir.

¿Cuán frecuente, la empresa minera ha realizado charlas informativas para dar a conocer sus funciones y prioridades?

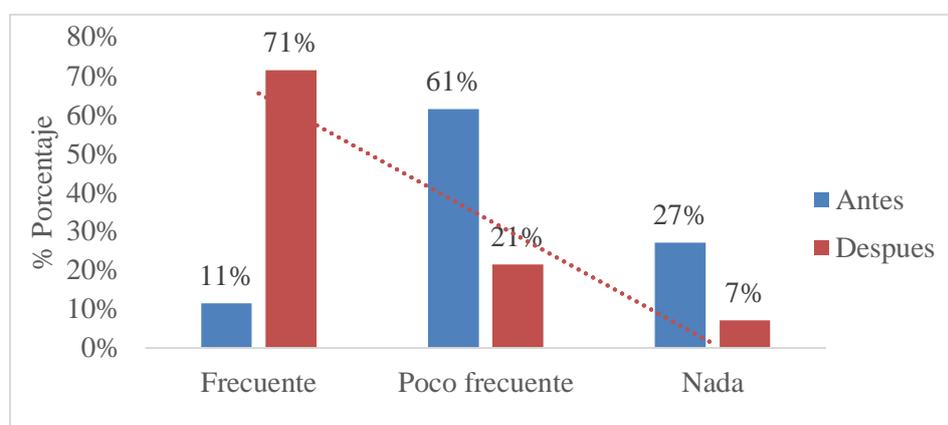
**Tabla 37**

Cuán frecuente, la empresa minera ha realizado charlas informativas para dar a conocer sus funciones y prioridades

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
Frecuente	8	11%	50	71%
Poco frecuente	43	61%	15	21%
Nada	19	27%	5	7%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 53**

*Cuán frecuente, la empresa minera ha realizado charlas informativas para dar a conocer sus funciones y prioridades*



**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 37 y figura 53 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, respecto a que, si la empresa minera ha realizado charlas informativas para dar a conocer sus funciones y prioridades en su mayoría con un 61% que representa a 43 personas manifiestan que la minería hace las charlas “Poco frecuente” lo cual significa que la relación con los pobladores no es muy cercana y que la población desconoce algunos aspectos. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los efectos que ocasionan las voladuras se evidencia que un 71% manifiestan que la minería es más “Frecuente” con sus charlas y con ello se evidencia que la población está más conforme.

En conclusión ¿Cuán satisfecho está usted con la minimización de los impactos que produce la voladura de rocas al entorno del tajo Raul Rojas?

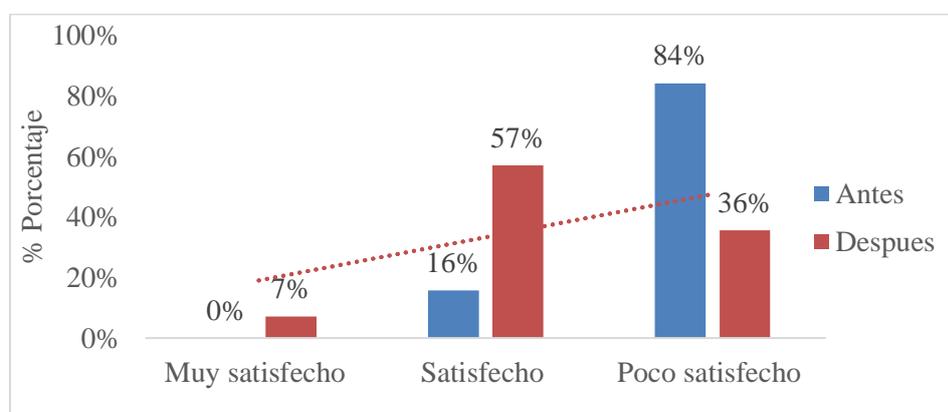
**Tabla 38**

Cuán satisfecho está usted con la minimización de los impactos que produce la voladura de rocas al entorno del tajo Raul Rojas

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
Muy satisfecho	0	0%	5	7%
Satisfecho	11	16%	40	57%
Poco satisfecho	59	84%	25	36%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 54**

*Cuán satisfecho está usted con la minimización de los impactos que produce la voladura de rocas al entorno del tajo Raul Rojas*



**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 38 y figura 54 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, respecto a la satisfacción con la minimización de los impactos que produce la voladura de rocas al entorno del tajo Raul Rojas en su mayoría con un 84% que representa a 59 personas manifiestan que se encuentran “Poco satisfechos” con las prácticas que hacen para reducir los efectos de las voladuras. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los efectos que ocasionan las voladuras se evidencia que un 57% manifiestan estar “Satisfecho” con lo que se realiza para minimizar los impacto con lo que se deduce que la población está más satisfecha desde que se aplicó el proyecto.

¿Cómo califica la intervención del estado en el control de los impactos ambientales generados por la minería?

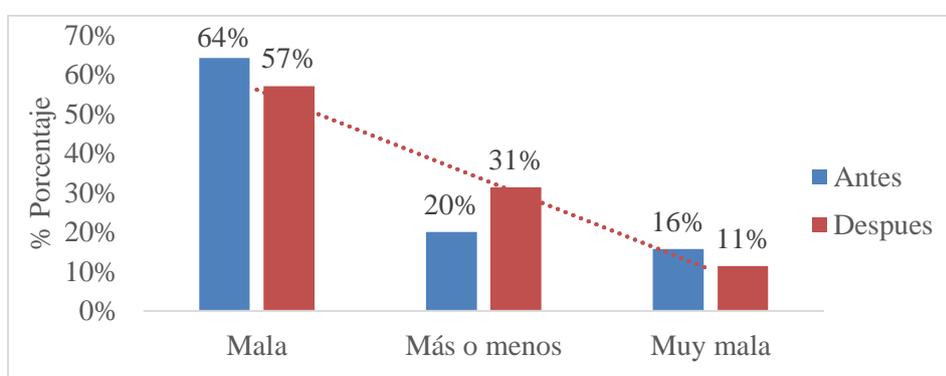
**Tabla 39**

Como califica la intervención del estado en el control de los impactos ambientales generados por la minería

Nominal	Antes		Después	
	Fi	%	Fi	%
Buena	45	64%	40	57%
Más o menos	14	20%	22	31%
Muy mala	11	16%	8	11%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>

**Figura 55**

Como califica la intervención del estado en el control de los impactos ambientales generados por la minería



**Interpretación:**

Como se observa en la tabla 39 y figura 55 que del 100% de la población encuestada antes de la aplicación del proyecto, respecto a cómo califican la intervención del estado en el control de los impactos ambientales generados por la minería en su mayoría con un 64% que representa a 45 personas manifiestan que es “Mala” ¿con lo cual se evidencia una clara disconformidad con el trabajo que hace el Estado. En una segunda encuesta realizada posterior a la aplicación de la minimización de los efectos que ocasionan las voladuras se evidencia que un 57% manifiestan que es “Mala” y un 31% que “Más o menos” con ello se evidencia que en un pequeño porcentaje la población considera que hubo mejores controles en el impacto pero que el Estado debe seguir interviniendo para un mejor control.

## 5.2.2 Estadística inferencial

### 5.2.2.1 Prueba de normalidad

Hi: Los datos analizados no siguen una Distribución Normal

Ho: Los datos analizados siguen una Distribución Normal

**Nota:**

Si  $p > 0.05$  Aceptamos la Hipótesis Nula

Si  $p < 0.05$  Rechazamos la Hipótesis Nula de manera Significativa

KOLMOGOROV – SMIRNOV	SHAPIRO – WILKS
Para muestra grandes ( $n \geq 30$ )	Cuando la muestra es pequeña ( $n < 30$ )

**Tabla 40**

*Pruebas de normalidad*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre prueba	.278	70	.111	.791	70	.033
Pos prueba	.256	70	.185	.786	70	.029

#### Interpretación

En la Tabla 40 se evidencia las pruebas paramétricas de Kolmogorov-Smirnova y Shapiro-Wilk, debido a que la muestra está conformada por 70 unidades muestrales se opta por la prueba de Kolmogorov-Smirnova donde se evidencia una significancia mayor a 0.05 para ambas variables, concluyéndose que los datos tienen un comportamiento paramétrico. Por lo cual se usará la prueba de T de Student para hacer un análisis de diferencia de medias.

### 5.2.2.2 Prueba de la hipótesis general

HiG: La Minimización de los impactos ambientales es significativo producido por la voladura de rocas al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

HoG: La Minimización de los impactos ambientales no es significativo producido por la voladura de rocas al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

### *Prueba de T de Student*

**Tabla 41**

*Medias de la preprueba y posprueba*

Pruebas		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Pretest	2,1329	70	,16570	,01980
	Postest	1,9014	70	,19523	,02333
Correlaciones de muestras emparejadas					
			N	Correlación	Sig.
Par 1	Pretest y Postest		70	,850	,000

**Tabla 42**

*Diferencias de medias entre Pretest y Postest del nivel de satisfacción con la prueba de T de Student*

Pretest y Postest	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Pretest - Postest	,23143	,10292	,01230	,20689	,25597	18,814	69	,000

**Interpretación:** En la Tabla 41 y 42 se evidencia que el valor de significancia entre el Pre y Pos test del nivel de satisfacción en cuanto a la minimización de los impactos ambiental por la aplicación de las técnicas de control del uso del Anfo es menor que 0.05 ( $p < 0.05$ ) (margen de error permitido), por ello se determina que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las variables, por tal, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: “La Minimización de los impactos ambientales es significativo producido por la voladura de rocas al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco”. Es decir, las personas afectadas indican que las técnicas de control aplicadas en el uso de Anfo es bastante efectivo ya que logró minimizar los impactos ambientales que son un riesgo para la integridad física de los pobladores, resultado de ello se evidencia la satisfacción de forma significativa.

### 5.2.2.3 Prueba de la hipótesis específica 1

Hi<sub>1</sub>: Las técnicas de la voladura de rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Proyección de rocas o flyrock” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

Ho<sub>1</sub>: Las técnicas de la voladura de rocas minimizan de forma no significativa el impacto ambiental “Proyección de rocas o flyrock” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

#### *Prueba de T de Student*

**Tabla 43**

*Medias de la preprueba y posprueba*

Pruebas		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Pretest proyección de rocas	1,6143	70	,36999	,04422
	Postest Proyección de rocas	1,3914	70	,37329	,04462

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Pretest proyección de rocas	70	,964	,000
	Postest Proyección de rocas			

**Tabla 44**

*Diferencias de medias entre Pretest y Postest de la proyección de rocas con la prueba de T de Student*

Pretest y Postest	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Pretest Proyección de rocas - Postest Proyección de rocas	,22286	,09952	,01190	,19913	,24659	18,735	69	,000

**Interpretación:** En la Tabla 43 y 44 se evidencia que el valor de significancia entre el Pre y Pos test del nivel de satisfacción en cuanto a la minimización del impacto ambiental “Proyección de rocas o flyrock” por la aplicación de las técnicas de control del uso del Anfo es menor que 0.05 ( $p < 0.05$ ) (margen de error permitido), por ello se determina que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las pruebas, por tal, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: “Las técnicas de la voladura de Rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Proyección de rocas o flyrock” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco”. Es decir, las personas afectadas indican que las técnicas de control aplicadas en el uso de Anfo para la mitigación del impacto ambiental es bastante efectivo ya que genero un bienestar en los pobladores y minimizar un riesgo para el medio ambiental y la salud ocupacional de los residentes.

#### 5.2.2.4 Prueba de la hipótesis específica 2

Hi<sub>2</sub>: Las técnicas de la voladura de Rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Vibraciones” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

Ho<sub>2</sub>: Las técnicas de la voladura de Rocas minimizan de forma no significativa el impacto ambiental “Vibraciones” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

### *Prueba de T de Student*

**Tabla 45**

*Medias de la preprueba y posprueba*

	Pruebas	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Pretest las vibraciones	1,7957	70	,26618	,03181
	Postest las Vibraciones	1,5600	70	,28407	,03395

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Pretest las Vibraciones & Postest las Vibraciones	70	,935	,000

**Tabla 46**

*Diferencias de medias entre Pretest y Postest de las vibraciones con la prueba de T de Student*

Pretest y Postest	Diferencias emparejadas						t	g l	Sig. (bilateral)
	Medi a	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Pretest las Vibraciones - Postest las Vibraciones	,23571	,10077	,01204	,21169	,25974	1,69	69	,000	

**Interpretación:** En la Tabla 45 y 46 se evidencia que el valor de significancia entre el Pre y Pos test del nivel de satisfacción en cuanto a la minimización del impacto ambiental “Vibraciones” por la aplicación de las técnicas de control del uso del Anfo es menor que 0.05 ( $p < 0.05$ ) (margen de error permitido), por ello se determina que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las pruebas, por tal, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: “Las técnicas de la voladura de Rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Vibraciones” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco”. Es decir, las personas afectadas indican que las técnicas de control aplicadas en el uso de Anfo para la mitigación del impacto ambiental es bastante efectivo ya que generó un bienestar en los pobladores y minimizar un riesgo para el medio ambiental y la salud ocupacional de los residentes.

### 5.2.2.5 Prueba de la hipótesis específica 3

Hi<sub>3</sub>: Las técnicas de la voladura de Rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Ruidos” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

Ho<sub>3</sub>: Las técnicas de la voladura de Rocas minimizan de forma no significativa el impacto ambiental “Ruidos” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

### *Prueba de T de Student*

**Tabla 47**

*Medias de la preprueba y posprueba de ruidos*

Pruebas		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Pretest Ruidos	2,4514	70	,40851	,04883
	Postest Ruidos	2,2071	70	,43815	,05237

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Pretest Ruidos & Postest Ruidos	70	,967	,000

**Tabla 48**

*Diferencias de medias entre Pretest y Postest de los ruidos con la prueba de T de Student*

Pretest y Postest	Diferencias emparejadas					t	g l	Sig. (bilateral)
	Mediana	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Pretest Ruidos - Postest Ruidos	,24429	,11246	,01344	,21747	,27110	18,173	69	,000

**Interpretación:** En la Tabla 47 y 48 se evidencia que el valor de significancia entre el Pre y Pos test del nivel de satisfacción en cuanto a la minimización del impacto ambiental “Ruidos” por la aplicación de las técnicas de control del uso del Anfo es menor que 0.05 ( $p < 0.05$ ) (margen de error permitido), por ello se determina que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las pruebas, por tal, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: “Las técnicas de la voladura de Rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Ruidos” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.”. Es decir, las personas afectadas indican que las técnicas de control aplicadas en el uso de Anfo para la mitigación del impacto ambiental es bastante efectivo ya que generó un bienestar en los pobladores y minimizar un riesgo para el medio ambiental y la salud ocupacional de los residentes.

### 5.2.2.6 Prueba de la hipótesis específica 4

Hi<sub>4</sub>: Las técnicas de la voladura de rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Polvos y Gases” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

Ho<sub>4</sub>: Las técnicas de la voladura de rocas minimizan de forma no significativa el impacto ambiental “Polvos y Gases” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.

#### *Prueba de T de Student*

**Tabla 49**

*Medias de la preprueba y posprueba de los polvos y gases*

	Pruebas	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Pretest Contaminación con Polvos y Gases	1,5686	70	,25738	,03076
	Postest Contaminación con Polvos y Gases	1,3300	70	,26284	,03142

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Pretest contaminación con Polvos y Gases & Postest Contaminación con Polvos y Gases	70	,907	,000

**Tabla 50**

*Diferencias de medias entre Pretest y Postest de los polvos y gases con la prueba de T de Student*

Pretest y Postest	Diferencias emparejadas						t	g l	Sig. (bilateral)
	Med ia	Desviac ión estándar	Medi a de error están dar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferi or	Superi or				
Pretest Contamina ción con polvos y Gases - Postest	,238 57	,11202	,0133 9	,2118 6	,2652 8	17,8 18	6 9	,000	
Contamina ción con Polvos y Gases									

**Interpretación:** En la Tabla 49 y 50 se evidencia que el valor de significancia entre el Pre y Pos test del nivel de satisfacción en cuanto a la minimización del impacto ambiental “Polvos y Gases” por la aplicación de las técnicas de control del uso del Anfo es menor que 0.05 ( $p < 0.05$ ) (margen de error permitido), por ello se determina que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las pruebas, por tal, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: “Las técnicas de la voladura de Rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Polvos y Gases” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco”. Es decir, las personas afectadas indican que las técnicas de control aplicadas en el uso de Anfo para la mitigación del impacto ambiental es bastante efectivo ya que generó un bienestar en los pobladores y minimizar un riesgo para el medio ambiental y la salud ocupacional de los residentes.

### 5.3 Discusión de resultados

Los hallazgos del estudio indican que el valor de significancia entre el Pre y Posttest del nivel de satisfacción en cuanto a la minimización de los impactos ambiental por la aplicación de las técnicas de control del uso del Anfo es menor que 0.05 ( $p < 0.05$ ), debido a ello se evidencia la existencia de una diferencia estadísticamente significativa entre las variables, por ello se rechaza la hipótesis nula y se acepta la planteada: “La Minimización de los impactos ambientales es significativo producto por la voladura de rocas al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco”. De acuerdo con Gallardo, et al., (2011) existen diversos grados de incidencia de impactos ambientales, los cuales se pueden categorizar en impactos: negativos fuertes, negativos débiles y positivos medios, estos impactos son manifestados de forma intensa y abarca todo el medio natural y social. Nuestros hallazgos han permitido determinar que las personas afectadas indican que las técnicas de control aplicadas en el uso de Anfo es bastante efectivo ya que logro minimizar los impactos ambientales que son un riesgo para la integridad física de los pobladores, resultado de ello se evidencia la satisfacción de forma significativa.

La voladura es una de las maneras fundamentales para que se extraigan minerales en las operaciones de minería a cielo abierto. Su propósito es la fragmentación de la roca y para esto se requiere de una gran cantidad de explosivos que liberan energía durante la explosión, en donde, sólo el 20-30% es utilizada para la ruptura y el desplazamiento de las rocas, mientras que el resto de esta energía es desperdicia en forma de efectos secundarios ambientales (Ghasemi et al., 2011). Carhuallanqui (2019) señala en sus hallazgos que la incidencia de la capacitación, supervisión y control en perforación y voladura, representan un aspecto importante porque permiten disminuir voladuras secundarias y la cantidad de explosivo que se utiliza por cada frente a disparar, aumenta el avance y disminuye la sobre rotura. Nuestros resultados permiten evidenciar que las técnicas de la voladura de Rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Proyección de rocas o flyrock” al entorno del Tajo Raul Rojas; por tanto, las técnicas de control aplicadas en el uso de Anfo para la mitigación del impacto ambiental es bastante efectivo ya que

generó un bienestar en los pobladores y minimizan un riesgo para el medio ambiental y la salud ocupacional de los residentes.

En concordancia con los planteamientos de nuestro estudio, el Ministerio de Energía y Minas del Perú (1995) manifiesta que las buenas operaciones de perforación y voladura en la actividad minera es el resultado del arte y cierto sentido común, así como la ciencia. Es por ello que todo programa que tenga éxito cuando se haga la perforación y voladura tiene que implementarse de acuerdo a las condiciones geológicas, de aplicación, ambientales y de seguridad presentes. Es importante que cada operación que realizan las mineras lo hagan teniendo en consideración las prácticas operativas seguras, que minimicen los impactos ambientales nocivos, que garantice un buen ambiente laboral y que los trabajadores se sientan protegidos.

#### **5.4 Aporte científico de la investigación**

Los hallazgos de este estudio son un aporte importante, debido a que permitió que se minimicen los impactos ambientales producto por la voladura de rocas al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco. La estrategia ambiental en nuestro país exige que cada empresa contabilice los gastos que derivan de la eliminación o disminución de derivados del impacto ambiental que producen, y restablecer o evitando dañar el medio ambiente para heredar a las futuras generaciones una naturaleza apta para que puedan vivir bien.

Esta investigación permitió ahondar en una realidad que forma parte de la vida global de nuestro país, ya que se debe tener en consideración que la actividad minera no solo genera un impacto ambiental en la naturaleza, además genera un impacto socioeconómico, lo que significa que se alteren los estilos de vida y la economía de la región en la que se establece, para algunos puede ser favorables, pero para otros no lo es.

Se requiere que se evalúen los problemas ambientales que derivan de las acciones de la actividad minera, así como de otras actividades económicas que se encuentran en el área de explotación y su zona de influencia, principalmente en las áreas donde los impactos ambientales actuales.

De igual manera, los hallazgos servirán como un antecedente científico, los cuales pueden emplearse para otro estudio, que, desarrollados en un nivel tecnológico, puedan brindar nuevos procedimientos para el manejo de las variables que estuvieron en estudio, el investigador podrá usar este antecedente como una base y puede abordar más en el estudio de cada variable para complementar más la información existente.

## CONCLUSIONES

Se minimizó los impactos ambientales producido por la voladura de rocas gracias a las técnicas y procedimientos aplicados al momento del uso del Anfo, su uso adecuado contribuye en el control de la proyección de rocas, vibraciones y emisión de humos y gases lo cual generaba una perturbación en la población aledaña. Según la percepción de la población respecto a la satisfacción de los controles de mitigación determinaron que el más del 50% tiene un bienestar, es decir la mejora es bastante significativa.

Se determinó que la técnica del uso material chancado en el tapado de taladros ayuda a que se controle la proyección y eyección de rocas, reducir la sobrepresión de aire y retener la energía para mejorar la fragmentación. Por otro lado, según la estadística inferencial se determinó que la minimización del impacto a la generado un bienestar de forma significativa luego de la aplicación de la técnica mencionada; más del 70% indica que no hubo casos de accidentes, daños a la salud, como también indicaron que la minería tiene controlado impacto.

Se determinó que la técnica de la modelización de los registros de vibraciones permite controlar los niveles de vibración. Por otro lado, según la estadística inferencial se determinó que la minimización del impacto a la generado un bienestar de forma significativa luego de la aplicación de la técnica mencionada; más del 50% indica que no hubo agravamientos en los daños en su vivienda en lo que respecta grietas localizadas, ligeras que eran las más concurrentes.

En lo que respecta al impacto del ruido se determinó que la sobre presión de aire no es fácil determinar el nivel sonoro que genera la voladura, ello se debe a que la energía del sonido depende de las condiciones geológicas, del sitio específico de la voladura, también de la dirección del viento. Se describió las pruebas de control y se determinó que la sobrepresión del aire se cuenta dentro de los parámetros establecidos por la norma internacional y cual ratifica la eficiencia de dichos índices en la minimización de los efectos ambientales. Dichos resultados se ven reafirmados por la población quienes aducen que luego de la aplicación de las técnicas y procedimientos

en la operación de voladura de rocas más del 30% no ha tenido perturbación en la concentración en trabajo, un 44% indica que no ha tenido efectos en su salud como es el caso de problemas de sueño, cardiovasculares, estrés, que son los más frecuentes daños.

Se determinó que la técnica de uso de las emulsiones gasificadas contribuye a que se eliminen los gases nitrosos; sin embargo, se necesita más control en la fabricación que un explosivo a granel convencional, y los que lo manipulen deben recibir capacitación. Por otro lado, la encuesta de satisfacción luego de la aplicación de los controles determinó que un 64% aduce que los polvos no deterioran su salud, el 86% considera que no es causa de convulsiones, comas y muerte. El 53% considera que los gases CO<sub>2</sub>, CO y NOX provenientes del tajo deterioran más su salud.

Asimismo, un 46% de la población manifiesta que los gases controlados por las técnicas no deterioran la capa de ozono. Todos los impactos se ven controlados ya que la minera ha tomado conciencia de sus funciones y ha hecho extensivo a la población para que ellos tomen en cuenta la responsabilidad que tiene sobre la población afectada. De ello, más del 60% se siente satisfecho por las medidas que está adoptando la minería. Gracias a estas acciones correctivas asumidas por la minería, la población considera que el estado está siendo responsable en su intervención.

## SUGERENCIAS

Que se realicen un mapeo geológico, geotécnico detalladamente, también que se determinen las propiedades de cada una de las litologías en mina, para contribuir a una mejor caracterización para la voladura.

Seguir empleando las emulsiones gasificadas en zonas donde se tengan elevadas emisiones de gases nitrosos.

Que se realicen pruebas de onda elemental en todos los dominios litológicos de la mina, para establecer el límite de tiempos entre filas y taladros en función de la vibración, y con ello determinar cuál es la cantidad máxima de taladros a detonar por proyecto.

Que se actualice constantemente a los colaboradores sobre las pautas uniformes, en concordancia con la realidad minera de nuestro país, que pueden emplearse en la realización de operaciones de perforación y voladuras ambientalmente seguras en minas de tajo.

Velar por la salud y la seguridad de los trabajadores que laboran en actividades realizadas en la minería.

Brindar protección a la población que está expuesta a los daños que produce la minería para reducir los efectos negativos que estos podrían tener.

## REFERENCIAS

- Alfaro, R. (2016). *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*. Pasco: [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].
- Bifani, P. Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Madrid, IEPALA, 1999.
- Blas, J. A. (2000). Curso de tecnología de explosivos.
- Cameron McKenzie, P. (2008). Rango de Flyrock & Predicción del Tamaño de los fragmentos.
- Carhuallanqui Ponce, O. (2019). *Incidencia de la capacitación, supervisión y control en perforación y voladura en los trabajadores - contrata JRC – Unidad Minera el Brocal - Colquijirca – Pasco*. Cerro de Pasco: [Tesis de pregrado, Universidad Continental].
- Centro Tecnológico de Voladura EXSA S.A, (2009). Manual Práctico de Voladura, International Journals of Rock Mechanics & Mining Sciences.
- Chiappetta, R. F. (2015). New Innovate Blasting Technoques to improve fragmentation, final highwalls and plant throughput. Pennsylvania USA: Blasting Analysis International, Inc.
- CONAM, Informe nacional sobre el estado del medio ambiente. Lima, 2000 Centro de Investigación para el Medio Ambiente (CIPMA) <http://www.portalambiental.org.pe/enlaces-intro.shtml?x=3317>
- De La Quintana, Alberto Benavides (Presidente de la CIA minera Buena Ventura), Semanario Informativo Minería y Petróleo – 11/04/2004.
- Enaex. (2010). Manual de Tronadura.
- Floyd, J. L. (1998). Técnicas de voladura eficientes en operaciones superficiales. Blast Dynamics.
- Gallardo, D.; Cabrera, I.; Bruguera, N.; Madrazo, F.; Milián, E.; Pérez, R.G. y Martínez, A.B. (2011). Impactos ambientales provocados por la actividad minera en Santa Lucía, Pinar del Río. En IV Congreso Cubano de Minería. La Habana. ISBN: 978-959-71117- 30-8

- Gerente general de MPC COPPER, Ing. CHARLES PREBLE Semanario de minas y Petróleo 03/08/2006.
- Ghasemi, E. Sari, M. Ataei, M. (2012). Development of an empirical model for predicting the effects of controllable blasting parameters on flyrock distance in surface mines. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. Turkey.
- Glosario Técnico Minero, (2003). Ministerio de Minas y Energía. Bogotá D.C., Republica de Colombia.
- Dr. AGREDA manual de operación y voladora - UNI 05/12/2004.
- Hernandez Sampieri, R. (2006). *Metodología De La Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodologia de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Informe dirección de regional de minería zonal Pasco -20/09/2005.
- Informe interno de la CIA minera Volcán UE. Paragsha – Pasco 20/02/2006.
- Ing. JHON BROADLEY manual de MC – CUNE PIT Cerro de Pasco 1958.
- Ing. D. POVIS P. manual interno de voladura de rocas la CIA minera Volcán S.A.A. del 1998.
- Juana Kuramoto Boletín Informativo de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, 15/2/2003 / [8017].
- Konya, C. (1983). Diseños de voladura.
- López Jimeno C., L. J. (2003). *Manual de Perforación y Voladura en Rocas*. Madrid: Instituto Geologico y Minero de España IGME.
- Marin, J. A. (2015). *Caracterización de la onda aérea generada por la detonación de explosivos al aire libre*. España: Universidad de Oviedo.
- McKenzie, C. (1987). *Blasting Manual*.
- Mendoza Muñoz, N. (2014). *Optimización de la voladura controlada aplicando un modelo matemático en la unidad minera Paraíso-Ecuador*. Huancayo: [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
- Ministerio de Energía y Minas del Perú (1995). *Guía ambiental para la perforación y voladuras en operaciones mineras*. Dirección General de asuntos ambientales.

Lima. En:  
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/perforacion.pdf>

- Orlandi, C. P. (2007). Humos Rojos en Voladura a Cielo Abierto: Causas y Prevención. Jornadas de tronaduras ASIEX, 1-2.
- Pampacata, L. (2015). *Análisis de vibraciones inducidos por la voladura de rocas en cantera Atocongo en zonas cercanas a poblaciones*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería .
- Paz Artica, R. (2018). *Optimización de perforación y voladura en la veta María Rosa de la empresa minera Volcán unidad Chungar Pasco*. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Puente, A. (2014). *Control de daños inducidos por la voladura de rocas*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Richard A. Dick, L. R. (1983). *Explosives and Blasting Procedures Manual*. Bureau of Mines.
- Robert Moran Calidad de Aguas/ Hidrogeología/ Geoquímica remoran@aol.com  
<http://www.concytec.gob.pe/resumen/primarias1-1-1-3-2.html>
- Rodriguez Robles, R. (2015). *Perforación y voladura de rocas en la compañía minera los Chunchos SAC*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Romero, R. (2015). Voladura de rocas. Obtenido de  
<http://royer92voladura.blogspot.com/>
- Scherpenisse, B. R. (1997). Diseño y Evaluación de Voladuras. ASP Blastronics SA.
- Siskind D.E., V. S. (1980). Structure Response and Damage Produced by Airblast From Surface Mining. Bureau of Mines.
- U. Langefors, B. (1963). Técnicas Modernas de voladura de rocas.
- Vilela Sangay, W. (2015). *Análisis de factibilidad para el uso de anfo pesado a base de emulsión gasificable en minera Yanacocha*. Lima: PUCP.

**ANEXOS**

## ANEXO 01

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO:** MINIMIZAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR LA VOLADURA DE ROCAS AL ENTORNO DEL TAJO RAUL ROJAS - EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C. - PASCO

<b>FROMULACION DEL PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES / DIMENSIONES</b>	<b>METODOL OGÍA</b>	<b>POBLACION Y MUESTRA</b>
<b>GENERAL</b>	<b>GENERAL</b>	<b>GENERAL</b>	<b>INDEPENDIEN TE</b>		
¿En qué medida se minimiza los impactos ambientales producido por la voladura de rocas al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco?	Minimizar los impactos ambientales producido por la voladura de rocas al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.	La Minimización de los impactos ambientales es significativo producido por la voladura de rocas al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.	La Voladura de Roca <b>Dimensiones</b>  Técnicas de operación del explosivo	<b>ENFOQUE:</b> Cuantitativo.  <b>NIVEL:</b> Descriptivo, Explicativo	<b>POBLACIÓN:</b>  Población 1: viene hacer todas las operaciones de voladura de Rocas con el Anfo. Población 2: los pobladores del Distritos de Chaupimarca, Yanacancha y otros lugares afectados por lo impactos ambientales, que habitan cerca del tajo Raúl Rojas de la Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco
<b>ESPECIFICOS</b>	<b>ESPECIFICOS</b>	<b>ESPECIFICOS</b>	<b>DEPENDIENTE</b>	<b>TIPO:</b> Aplicado  <b>DISEÑO DE INVESTIGACION:</b> Pre experimental	
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿En qué medida las técnicas de la voladura de rocas minimizan el impacto ambiental “Proyección de rocas o flyrock” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco?</li> <li>¿En qué medida las técnicas de la voladura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar las técnicas de la voladura de rocas para minimizar el impacto ambiental “Proyección de rocas o flyrock” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.</li> <li>Determinar las técnicas de la voladura de</li> </ul>	Las técnicas de la voladura de Rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Proyección de rocas o flyrock” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.	Minimización de Impacto Ambiental  <b>Dimensiones</b> Proyección de rocas o flyrock Vibraciones Ruidos Polvos y Gases		

<p>de rocas minimizan el impacto ambiental “Vibraciones” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿En qué medida las técnicas de la voladura de rocas minimizan el impacto ambiental “Ruidos” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco?</li> <li>• ¿En qué medida las técnicas de la voladura de rocas minimizan el impacto ambiental “Polvos y Gases” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco?</li> </ul>	<p>rocas para minimizar el impacto ambiental “Vibraciones” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar las técnicas de la voladura de rocas para minimizar el impacto ambiental “Ruidos” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.</li> <li>• Determinar las técnicas de la voladura de rocas para minimizar el impacto ambiental “Polvos y Gases” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.</li> </ul>	<p>Las técnicas de la voladura de Rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Vibraciones” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.</p> <p>Las técnicas de la voladura de Rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Ruidos” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.</p> <p>Las técnicas de la voladura de Rocas minimizan de forma significativa el impacto ambiental “Polvos y Gases” al entorno del Tajo Raul Rojas – Empresa Administradora Cerro S.A.C – Pasco.</p>			<p><b>MUESTRA:</b>  Muestra 1: Tres operaciones de voladura de Rocas con el uso del Anfo, muestra no probabilística, seleccionado por conveniencia.  Muestra 2: 70 pobladores de las zonas afectados, muestra no probabilística, seleccionado por conveniencia, es decir por la disponibilidad en la provisión de información. .</p>
--	--	--	--	--	--

**ANEXO 02**  
**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

ID: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

**TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:** “MINIMIZAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES PRODUCIDO POR LA VOLADURA DE ROCAS AL ENTORNO DEL TAJO RAUL ROJAS – EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C – PASCO”

INVESTIGADOR: JUAN MEZA BLANCO

**Consentimiento / Participación voluntaria**

Acepto participar en este estudio:

He leído la información proporcionada, o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar dudas sobre ello y se me ha respondido satisfactoriamente. Consiento voluntariamente participar en este estudio y entiendo que tengo el derecho de no participar si no lo deseo, sin que me afecte de ninguna manera.

Firma del participante, con lo cual asiente a formar parte en la investigación

\_\_\_\_\_  
Nombres y apellidos

Huella digital si el caso lo amerita: \_\_\_\_\_

Firma del investigador responsable:

\_\_\_\_\_

## ANEXOS 03

## CUESTIONARIO

## PARA CONOCER LOS EFECTOS FÍSICOS EN LOS POBLADORES

## LA PROYECCION DE ROCAS

1. ¿Se han dado casos de accidentes graves producido por las proyecciones de rocas a causa de las voladuras?

- SÍ
- NO

2. ¿Producto de las proyecciones de rocas se han dado accidentes y efectos nocivos para su salud y ha afectado sus bienes materiales?

- SÍ
- NO

3. ¿Considera que la minería tiene controlado la ejecución de las voladuras de rocas que realiza?

- SÍ
- NO

## LAS VIBRACIONES

4. ¿Cuándo hay voladura, ocasiona daños en su vivienda?

- SÍ
- NO

5. ¿Qué tipo de daño ocasiona?

- Sin daño
- Grietas menores localizadas
- Grietas ligeras en toda la estructura
- Grietas severas y desprendimientos localizados

- Colapso

6. ¿A causa de los daños ocasionados Ud. ha tenido que modificar el tipo de material de su vivienda?

- SÍ
- NO

7. ¿La empresa minera les ha brindado algún apoyo al enterarse de los daños ocasionados en sus viviendas?

- SÍ
- NO

## RUIDOS.

8. ¿Cuándo hay voladura, ocasiona perturbación en la concentración del trabajo, estudio o de la actividad que realice?

- SÍ
- NO

9. En general ¿cómo calificaría hoy su estado de salud?

- Muy buena
- Buena
- Más o menos
- Mala
- Muy mala

10. ¿Cuál de estos efectos, cree usted que le afecta más?

- Auditivos
- Perturbación del sueño

- Cardiovasculares
- Estrés
- Interferencia con la comunicación oral
- Rendimiento académico/laboral

**11. ¿La empresa minera informa sobre los horarios de voladura?**

- SÍ
- NO

### **CONTAMINACIÓN CON POLVOS Y GASES**

**12. ¿Considera que el polvo y la formación de gases producto de las voladuras deteriora más su salud?**

- SÍ
- NO

**13. ¿Considera que las dificultades respiratorias, colapso, convulsiones, coma y la muerte son ocasionados por el polvo y los gases proveniente del tajo?**

- SÍ
- NO

**14. ¿Considera que la empresa se preocupa por brindarles equipos de protección ante el polvo y los gases que se emiten producto de las voladuras que se realizan?**

- SÍ
- NO

**15. ¿Cuán frecuente, la empresa minera ha realizado charlas informativas para dar a conocer sus funciones y prioridades?**

- Muy frecuente ( )
- Frecuente ( )
- Poco frecuente ( )
- Nada ( )

**16. En conclusión ¿Cuán satisfecho está usted con la minimización de los impactos que produce la voladura de rocas al entorno del tajo Raul Rojas?**

- Muy satisfecho ( )
- Satisfecho ( )
- Poco satisfecho ( )

**17. ¿Como califica la intervención del estado en el control de los impactos ambientales generados por la minería?**

- Muy buena
- Buena
- Más o menos
- Mala
- Muy mala

## ANEXO 04

## Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales – Etapa inicial

Factores Ambientales			Ca	Pro	Mg					Im.	Impacto Total	Subtotal	Total, por aspectos	Total
					E	I	De	Du	Rev.					
Físico	Suelo	Modificación del relieve	-1	0.6	1	2	1	1	1	5	-18	-18	-36.6	-78.35
	Aire	Nivel de ruidos y vibraciones	-1	0.9	2	2	2	1	0	8	-56	-56		
	Agua	Calidad del agua superficial	-1	0.9	2	2	2	1	1	5	-36	-36		
Biológico	Flora	Vegetación	-1	0.5	2	1	1	1	0	5	-12.5	-12.5	-13.75	
	Fauna	Alteración del Habilidad	-1	0.6	2	1	1	1	0	5	-15	-15		
Humanos	Cultura	Lugares arqueológicos	-1	0.4	2	1	0	2	1	5	-10	-10	-19	
	Estética	Paisajes	-1	0.8	2	2	1	2	0	5	-28	-28		
Socio	Social	Salud y seguridad	-1	0.9	2	2	2	1	1	5	-36	-31.5	-9	
		Conflictos sociales	-1	0.9	2	2	2	0	0	5	-27			
	Económico	Generación de empleo	1	0.9	1	1	2	1	0	5	31.5	22.5		

## ANEXO 05

## Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales – Etapa final (Posterior a la mitigación de los impactos productos por la voladura de rocas)

Factores Ambientales			Ca	Pro	Mg					Im.	Impacto Total	Subtotal	Total, por aspectos	Total
					E	I	De	Du	Rev.					
Físico	Suelo	Modificación del relieve	-1	0.4	1	2	1	1	1	6	-14.4	-14.4	-6.8	-28.05
	Aire	Nivel de ruidos y vibraciones	1	0.2	1	1	1	1	0	5	4	4		
	Agua	Calidad del agua superficial	-1	0.4	1	1	1	1	1	5	-10	-10		
Biológico	Flora	Vegetación	-1	0.5	2	1	1	1	0	5	-12.5	-12.5	-13.75	
	Fauna	Alteración del Habitad	-1	0.6	2	1	1	1	0	5	-15	-15		
Humanos	Cultura	Lugares arqueológicos	-1	0.4	2	1	0	1	1	5	-12	-12	-12	
	Estética	Paisajes	-1	0.4	2	1	1	2	0	5	-12	-12		
Socio	Social	Salud y seguridad	-1	0.6	1	1	1	1	1	5	-15	-13.5	4.5	
		Conflictos sociales	-1	0.6	1	1	2	0	0	5	-12			
	Económico	Generación de empleo	1	0.9	1	1	2	1	0	5	22.5	22.5		

## ANEXO 06

## Validación del instrumento por expertos

Nombre del experto: Dr. Jorge Jesus Aquino

Especialidad: Doctor en Gestión Pública

"Calificar con 1, 2, 3 ó 4 cada ítem respecto a los criterios de relevancia, coherencia, suficiencia y claridad"

ITEMS	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFUCIENCIA	CLARIDAD
1. ¿Se han dado casos de accidentes graves producido por las proyecciones de rocas a causa de las voladuras?	4	4	4	4
2. ¿Producto de las proyecciones de rocas se han dado accidentes y efectos nocivos para su salud y ha afectado sus bienes materiales?	4	4	4	4
3. ¿Considera que la minería tiene controlado la ejecución de las voladuras de rocas que realiza?	4	4	4	4
4. ¿Cuándo hay voladura, ocasiona daños en su vivienda?	4	4	4	4
5. ¿Qué tipo de daño ocasiona?	4	4	4	4
6. ¿A causa de los daños ocasionados Ud. ha tenido que modificar el tipo de material de su vivienda?	4	4	4	4
7. ¿La empresa minera les ha brindado algún apoyo al enterarse de los daños ocasionados en sus viviendas?	4	4	4	4
8. ¿Cuándo hay voladura, ocasiona perturbación en la concentración del trabajo, estudio o de la actividad que realice?	4	4	4	4
9. En general ¿cómo calificaría hoy su estado de salud?	4	4	4	4
10. ¿Cuál de estos efectos, cree usted que le afecta más?	4	4	4	4
11. ¿La empresa minera informa sobre los horarios de voladura?	4	4	4	4
12. ¿Considera que el polvo y la formación de gases producto de las voladuras deteriora más su salud?	4	4	4	4
13. ¿Considera que las dificultades respiratorias, colapso, convulsiones, coma y la muerte son ocasionados por el polvo y los gases proveniente del tajo?	4	4	4	4
14. ¿Considera que la empresa se preocupa por brindarles equipos de protección ante el polvo y los gases que se emiten producto de las voladuras que se realizan?	4	4	4	4
15. ¿Cuán frecuente, la empresa minera ha realizado charlas informativas para dar a conocer sus funciones y prioridades?	4	4	4	4
16. En conclusión ¿Cuán satisfecho está usted con la minimización de los impactos que produce la voladura de rocas al entorno del tajo Raúl Rojas?	4	4	4	4
17. ¿Como califica la intervención del estado en el control de los impactos ambientales generados por la minería?	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI ( ) NO (X) En caso de Sí, ¿Qué dimensión o ítem falta? \_\_\_\_\_

DECISIÓN DEL EXPERTO: El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ( )



Firma del experto

## Validación del instrumento por expertos

Nombre del experto: Dr. Picoy Gonzales, Juan Antonio

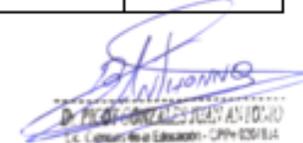
Especialidad: Doctor en Ciencias de la Educación

"Calificar con 1, 2, 3 ó 4 cada ítem respecto a los criterios de relevancia, coherencia, suficiencia y claridad"

ITEMS	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
1. ¿Se han dado casos de accidentes graves producido por las proyecciones de rocas a causa de las voladuras?	4	4	4	4
2. ¿Producto de las proyecciones de rocas se han dado accidentes y efectos nocivos para su salud y ha afectado sus bienes materiales?	4	4	4	4
3. ¿Considera que la minería tiene controlado la ejecución de las voladuras de rocas que realiza?	4	4	4	4
4. ¿Cuándo hay voladura, ocasiona daños en su vivienda?	4	4	4	4
5. ¿Qué tipo de daño ocasiona?	4	3	4	3
6. ¿A causa de los daños ocasionados Ud. ha tenido que modificar el tipo de material de su vivienda?	4	4	4	4
7. ¿La empresa minera les ha brindado algún apoyo al enterarse de los daños ocasionados en sus viviendas?	4	4	4	4
8. ¿Cuándo hay voladura, ocasiona perturbación en la concentración del trabajo, estudio o de la actividad que realice?	4	4	4	4
9. En general ¿cómo calificaría hoy su estado de salud?	4	4	4	4
10. ¿Cuál de estos efectos, cree usted que le afecta más?	4	4	4	4
11. ¿La empresa minera informa sobre los horarios de voladura?	4	4	4	4
12. ¿Considera que el polvo y la formación de gases producto de las voladuras deteriora más su salud?	4	4	4	4
13. ¿Considera que las dificultades respiratorias, colapso, convulsiones, coma y la muerte son ocasionados por el polvo y los gases proveniente del tajo?	4	4	4	4
14. ¿Considera que la empresa se preocupa por brindarles equipos de protección ante el polvo y los gases que se emiten producto de las voladuras que se realizan?	4	4	4	4
15. ¿Cuán frecuente, la empresa minera ha realizado charlas informativas para dar a conocer sus funciones y prioridades?	4	4	4	4
16. En conclusión ¿Cuán satisfecho está usted con la minimización de los impactos que produce la voladura de rocas al entorno del tajo Raúl Rojas?	4	4	4	4
17. ¿Como califica la intervención del estado en el control de los impactos ambientales generados por la minería?	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI ( ) NO (X) En caso de Sí, ¿Qué dimensión o ítem falta? \_\_\_\_\_

DECISIÓN DEL EXPERTO: El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ( )



D. PICÓY GONZÁLES JUAN ANTONIO  
 Lic. en Ciencias de la Educación - UPV-ESPELA  
 Colegio Profesional de Profesores  
 Firma del experto

## Validación del instrumento por expertos

Nombre del experto: Dr. Reiter Lozano Dávila

Especialidad: Doctor en administración

"Calificar con 1, 2, 3 ó 4 cada ítem respecto a los criterios de relevancia, coherencia, suficiencia y claridad"

ITEMS	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
1. ¿Se han dado casos de accidentes graves producido por las proyecciones de rocas a causa de las voladuras?	4	4	4	4
2. ¿Producto de las proyecciones de rocas se han dado accidentes y efectos nocivos para su salud y ha afectado sus bienes materiales?	4	4	4	4
3. ¿Considera que la minería tiene controlado la ejecución de las voladuras de rocas que realiza?	4	4	4	4
4. ¿Cuándo hay voladura, ocasiona daños en su vivienda?	4	4	4	4
5. ¿Qué tipo de daño ocasiona?	4	3	4	3
6. ¿A causa de los daños ocasionados Ud. ha tenido que modificar el tipo de material de su vivienda?	4	4	4	4
7. ¿La empresa minera les ha brindado algún apoyo al enterarse de los daños ocasionados en sus viviendas?	4	4	4	4
8. ¿Cuándo hay voladura, ocasiona perturbación en la concentración del trabajo, estudio o de la actividad que realice?	4	4	4	4
9. En general ¿cómo calificaría hoy su estado de salud?	4	4	4	4
10. ¿Cuál de estos efectos, cree usted que le afecta más?	4	4	4	4
11. ¿La empresa minera informa sobre los horarios de voladura?	4	4	4	4
12. ¿Considera que el polvo y la formación de gases producto de las voladuras deteriora más su salud?	4	4	4	4
13. ¿Considera que las dificultades respiratorias, colapso, convulsiones, coma y la muerte son ocasionados por el polvo y los gases proveniente del tajo?	4	4	4	4
14. ¿Considera que la empresa se preocupa por brindarles equipos de protección ante el polvo y los gases que se emiten producto de las voladuras que se realizan?	4	4	4	4
15. ¿Cuán frecuente, la empresa minera ha realizado charlas informativas para dar a conocer sus funciones y prioridades?	4	4	4	4
16. En conclusión ¿Cuán satisfecho está usted con la minimización de los impactos que produce la voladura de rocas al entorno del tajo Raúl Rojas?	4	4	4	4
17. ¿Como califica la intervención del estado en el control de los impactos ambientales generados por la minería?	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI ( ) NO (X) En caso de Sí, ¿Qué dimensión o ítem falta? \_\_\_\_\_

DECISIÓN DEL EXPERTO: El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ( )



Firma del experto

### Validación del instrumento por expertos

**Nombre del experto:** Dr. Juan García Céspedes

**Especialidad:** Doctor en Administración

"Calificar con 1, 2, 3 ó 4 cada ítem respecto a los criterios de relevancia, coherencia, suficiencia y claridad"

ITEMS	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
1. ¿Se han dado casos de accidentes graves producido por las proyecciones de rocas a causa de las voladuras?	4	4	4	4
2. ¿Producto de las proyecciones de rocas se han dado accidentes y efectos nocivos para su salud y ha afectado sus bienes materiales?	4	4	4	4
3. ¿Considera que la minería tiene controlado la ejecución de las voladuras de rocas que realiza?	4	4	4	4
4. ¿Cuándo hay voladura, ocasiona daños en su vivienda?	4	4	4	4
5. ¿Qué tipo de daño ocasiona?	4	3	3	3
6. ¿A causa de los daños ocasionados Ud. ha tenido que modificar el tipo de material de su vivienda?	4	4	4	4
7. ¿La empresa minera les ha brindado algún apoyo al enterarse de los daños ocasionados en sus viviendas?	4	4	4	4
8. ¿Cuándo hay voladura, ocasiona perturbación en la concentración del trabajo, estudio o de la actividad que realice?	4	4	4	4
9. En general ¿cómo calificaría hoy su estado de salud?	4	4	4	4
10. ¿Cuál de estos efectos, cree usted que le afecta más?	4	3	4	4
11. ¿La empresa minera informa sobre los horarios de voladura?	4	4	4	4
12. ¿Considera que el polvo y la formación de gases producto de las voladuras deteriora más su salud?	4	4	4	4
13. ¿Considera que las dificultades respiratorias, colapso, convulsiones, coma y la muerte son ocasionados por el polvo y los gases proveniente del tajo?	4	4	4	4
14. ¿Considera que la empresa se preocupa por brindarles equipos de protección ante el polvo y los gases que se emiten producto de las voladuras que se realizan?	4	4	4	4
15. ¿Cuán frecuente, la empresa minera ha realizado charlas informativas para dar a conocer sus funciones y prioridades?	4	4	4	4
16. En conclusión ¿Cuán satisfecho está usted con la minimización de los impactos que produce la voladura de rocas al entorno del tajo Raúl Rojas?	4	4	4	4
17. ¿Como califica la intervención del estado en el control de los impactos ambientales generados por la minería?	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI ( ) NO (X) En caso de Sí, ¿Qué dimensión o ítem falta? \_\_\_\_\_

**DECISIÓN DEL EXPERTO:** El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ( )

  
 Dr. Juan García Céspedes  
 CLAD-17267  
 Firma del experto

## Validación del instrumento por expertos

Nombre del experto: Dr. Rodolfo Valdivieso Echevarría

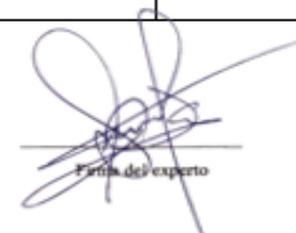
Especialidad: Doctor en Administración

"Calificar con 1, 2, 3 ó 4 cada ítem respecto a los criterios de relevancia, coherencia, suficiencia y claridad"

ITEMS	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
1. ¿Se han dado casos de accidentes graves producido por las proyecciones de rocas a causa de las voladuras?	4	4	4	4
2. ¿Producto de las proyecciones de rocas se han dado accidentes y efectos nocivos para su salud y ha afectado sus bienes materiales?	4	4	4	4
3. ¿Considera que la minería tiene controlado la ejecución de las voladuras de rocas que realiza?	4	4	4	4
4. ¿Cuándo hay voladura, ocasiona daños en su vivienda?	4	4	4	4
5. ¿Qué tipo de daño ocasiona?	4	4	4	4
6. ¿A causa de los daños ocasionados Ud. ha tenido que modificar el tipo de material de su vivienda?	4	4	4	4
7. ¿La empresa minera les ha brindado algún apoyo al enterarse de los daños ocasionados en sus viviendas?	4	4	4	4
8. ¿Cuándo hay voladura, ocasiona perturbación en la concentración del trabajo, estudio o de la actividad que realice?	4	4	4	4
9. En general ¿cómo calificaría hoy su estado de salud?	4	4	4	4
10. ¿Cuál de estos efectos, cree usted que le afecta más?	4	3	4	4
11. ¿La empresa minera informa sobre los horarios de voladura?	4	4	4	4
12. ¿Considera que el polvo y la formación de gases producto de las voladuras deteriora más su salud?	4	4	4	4
13. ¿Considera que las dificultades respiratorias, colapso, convulsiones, coma y la muerte son ocasionados por el polvo y los gases proveniente del tajo?	4	4	4	4
14. ¿Considera que la empresa se preocupa por brindarles equipos de protección ante el polvo y los gases que se emiten producto de las voladuras que se realizan?	4	4	4	4
15. ¿Cuán frecuente, la empresa minera ha realizado charlas informativas para dar a conocer sus funciones y prioridades?	4	4	4	4
16. En conclusión ¿Cuán satisfecho está usted con la minimización de los impactos que produce la voladura de rocas al entorno del tajo Raúl Rojas?	4	4	4	4
17. ¿Como califica la intervención del estado en el control de los impactos ambientales generados por la minería?	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI ( ) NO (X) En caso de Sí, ¿Qué dimensión o ítem falta? \_\_\_\_\_

DECISIÓN DEL EXPERTO: El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ( )



Firma del experto

## **NOTA BIOGRÁFICA**

Juan Meza Blanco, nació el 21 - Setiembre -1962 en el departamento de Pasco – Perú, identificado con DNI 19919552, con domicilio en el Campamento Residencia de Obreros – H - 100, departamento de Pasco, culminó sus estudios profesionales en el año 06/11/2002 en la Universidad “Daniel Alcides Carrión” en la especialidad de Ingeniería de Minas, trabajó ” con el cargo de Docente en la Universidad Nacional “Daniel Alcides Carrión.

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN**  
**LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N° 099-2019-SUNEDU/CD**



*Huánuco – Perú*

**ESCUELA DE POSGRADO**

Campus Universitario, Pabellón V "A" 2do. Piso – Cayhuayna  
 Teléfono 514760 - Pág. Web. [www.posgrado.unheval.edu.pe](http://www.posgrado.unheval.edu.pe)



**ACTA DE DEFENSA DE TESIS DE DOCTOR**

En la Plataforma Microsoft Teams de la Escuela de Posgrado; siendo las **19:30h**, del día **martes 03 DE MAYO DE 2022**; el aspirante al **Grado de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible**, **Don Juan MEZA BLANCO**, procedió al acto de Defensa de su Tesis titulado: **"MINIMIZAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR LA VOLADURA DE ROCAS AL ENTORNO DEL TAJO RAUL ROJAS – EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C. - PASCO"** ante los miembros del Jurado de Tesis señores:

Dr. Amancio Ricardo ROJAS COTRINA	Presidente
Dr. Pedro David CORDOVA TRUJILLO	Secretario
Dr. Fernando Jeremias GONZALES PARIONA	Vocal
Dr. Ruben Max ROJAS PORTAL	Vocal
Dr. Edwin Roger ESTEBAN RIVERA	Vocal

**Asesor de tesis:** Dr. Pio TRUJILLO ATAPOMA (Resolución N° 03251-2018-UNHEVAL/EPG-D)

Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público asistente.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación del aspirante a Doctor, teniendo presente los criterios siguientes:

- Presentación personal.
- Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y solución a un problema social y recomendaciones.
- Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente.
- Dicción y dominio de escenario.

Así mismo, el Jurado planteó a la tesis **las observaciones** siguientes:

.....  
 .....  
 .....

Obteniendo en consecuencia el Doctorando la Nota de Dieciséis (16 )  
 Equivalente a Bueno, por lo que se declara Aprobado  
 (Aprobado ó desaprobado)

Los miembros del Jurado firman la presente **ACTA** en señal de conformidad, en Huánuco, siendo las 19:30 horas del 03 de mayo de 2022.

.....  
**PRESIDENTE**  
 DNI N° 87025628

.....  
**SECRETARIO**  
 DNI N° 22464310

.....  
**VOCAL**  
 DNI N° 22491216

.....  
**VOCAL**  
 DNI N° 06511922

.....  
**VOCAL**  
 DNI N° 20719664

**Leyenda:**  
 19 a 20: Excelente  
 17 a 18: Muy Bueno  
 14 a 16: Bueno

(Resolución N° 01052-2022-UNHEVAL/EPG-D)



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN



ESCUELA DE POSGRADO

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

*El que suscribe:*

**Dr. Amancio Ricardo Rojas Cotrina**

### **HACE CONSTAR:**

Que, la tesis titulada: **“MINIMIZAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR LA VOLADURA DE ROCAS AL ENTORNO DEL TAJO RAUL ROJAS – EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C – PASCO”**, realizado por el Doctorando en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, **Juan MEZA BLANCO** cuenta con un **índice de similitud del 16%**, verificable en el Reporte de Originalidad del software **Turnitin**. Luego del análisis se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio; por lo expuesto, la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias, además de presentar un índice de similitud menor al 20% establecido en el Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Cayhuayna, 19 de abril de 2022.



**Dr. Amancio Ricardo Rojas Cotrina**  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POSGRADO**



## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

### 1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

<b>Pregrado</b>		<b>Segunda Especialidad</b>		<b>Posgrado:</b>	Maestría		Doctorado	X
-----------------	--	-----------------------------	--	------------------	----------	--	-----------	---

Pregrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

<b>Facultad</b>	
<b>Escuela Profesional</b>	
<b>Carrera Profesional</b>	
<b>Grado que otorga</b>	
<b>Título que otorga</b>	

Segunda especialidad (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

<b>Facultad</b>	
<b>Nombre del programa</b>	
<b>Título que Otorga</b>	

Posgrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

<b>Nombre del Programa de estudio</b>	DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
<b>Grado que otorga</b>	DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

### 2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

<b>Apellidos y Nombres:</b>	MEZA BLANCO JUAN							
<b>Tipo de Documento:</b>	DNI	X	Pasaporte		C.E.		<b>Nro. de Celular:</b>	944620911
<b>Nro. de Documento:</b>	19919552					<b>Correo Electrónico:</b>	jmbaminer@hotmail.com	

<b>Apellidos y Nombres:</b>								
<b>Tipo de Documento:</b>	DNI		Pasaporte		C.E.		<b>Nro. de Celular:</b>	
<b>Nro. de Documento:</b>						<b>Correo Electrónico:</b>		

<b>Apellidos y Nombres:</b>								
<b>Tipo de Documento:</b>	DNI		Pasaporte		C.E.		<b>Nro. de Celular:</b>	
<b>Nro. de Documento:</b>						<b>Correo Electrónico:</b>		

### 3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos** según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

<b>¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?:</b> (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	X	NO					
<b>Apellidos y Nombres:</b>	TRUJILLO ATAPOMA PIO			<b>ORCID ID:</b>	0000-0002- 4018 - 7661			
<b>Tipo de Documento:</b>	DNI	X	Pasaporte		C.E.		<b>Nro. de documento:</b>	22432324

### 4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los **Apellidos y Nombres** completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

<b>Presidente:</b>	ROJAS COTRINA AMANCIO RICARDO
<b>Secretario:</b>	CORDOVA TRUJILLO PEDRO DAVID
<b>Vocal:</b>	GONZALES PARIONA FERNANDO JEREMIAS
<b>Vocal:</b>	ROJAS PORTAL RUBEN MAX
<b>Vocal:</b>	ESTEBAN RIVERA EDWIN ROGER
<b>Accesitario</b>	



**5. Declaración Jurada:** (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
MINIMIZAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR LA VOLADURA DE ROCAS AL ENTORNO DEL TAJO RAUL ROJAS – EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C – PASCO.
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico o Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

**6. Datos del Documento Digital a Publicar:** (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)				2022		
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Tesis Formato Artículo	<input type="checkbox"/>	Tesis Formato Patente de Invención	<input type="checkbox"/>
	Trabajo de Investigación	<input type="checkbox"/>	Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/>	Tesis Formato Libro, revisado por Pares Externos	<input type="checkbox"/>
	Trabajo Académico	<input type="checkbox"/>	Otros (especifique modalidad)	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	TAJO	ABIERTO	VOLADURA DE ROCAS	MITIGACIÓN AMBIENTAL		
Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto		<input checked="" type="checkbox"/>	Condición Cerrada (*)	<input type="checkbox"/>	
	Con Periodo de Embargo (*)		<input type="checkbox"/>	Fecha de Fin de Embargo:		
¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):				SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
Información de la Agencia Patrocinadora:						

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.



### 7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma:			
Apellidos y Nombres:	MEZA BLANCO JUAN		Huella Digital
DNI:	19919552		
Firma:			
Apellidos y Nombres:			Huella Digital
DNI:			
Firma:			
Apellidos y Nombres:			Huella Digital
DNI:			
Fecha: 23/11/2022			

### Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibre**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.