

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“IMPLEMENTACIÓN DEL DIAGRAMA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA
MEJORAR EL AVANCE LINEAL DEL BY PASS 1450 DE LA MINA SOTRAMI S.A.”**

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

**PRESENTADO POR
Bach. Samuel Klinton Cabrera Pozo**

**ASESOR:
MSc. Ing. Kelvis Berrocal Argumedo**

AYACUCHO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

Quiero honrar a mi madre Filomena Pozo
por su ejemplo de superación a mi padre Máximo
Cabrera, hermanos, quienes impulsaron mi
formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Al MSc. Ing. Kelvis Berrocal Argumedo,
por su vocación de servicio y su invalorable tiempo
prestada, en la asesoría de la presente tesis. A las
autoridades y docentes de la Universidad Nacional
de San Cristóbal de Huamanga por contribuir en mi
formación profesional.

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo diseñar un nuevo diagrama de perforación y voladura para mejorar el avance lineal del By Pass 1450 de la Empresa Minera SOTRAMI S.A. Se siguió una metodología aplicada, descriptiva-explicativa y cuasi experimental, utilizando una muestra no probabilística de las labores horizontales del By Pass 1450. Los resultados mostraron una reducción significativa en el número de taladros perforados y cargados, lo que refleja una mejora considerable en la eficiencia operativa y la utilización de recursos. Sin embargo, en los meses de setiembre y octubre, el avance lineal del By Pass 1450 fue inferior al esperado, indicando que el diseño anterior no era óptimo para alcanzar los objetivos de producción. Con el nuevo diagrama de malla de perforación, el avance lineal aumentó significativamente en los meses de noviembre y diciembre. Además, se observó una reducción en los costos programados mensuales con el nuevo diseño, lo que sugiere una mejora en la eficiencia y gestión de recursos. A pesar de este menor costo, se logró cumplir con el programa mensual de avance, indicando una posible reducción en los costos operativos no planificados asociados con el incumplimiento de los programas de producción. En conclusión, el nuevo diagrama de perforación ha demostrado ser efectivo para mejorar la eficiencia operativa y la gestión de recursos en las operaciones mineras de SOTRAMI S.A.

Palabras clave: Perforación, Voladura, Eficiencia operativa, Diseño de malla, Avance lineal.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO.....	III
RESUMEN.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
LISTA DE TABLAS	XV
LISTA DE FIGURAS	XVII
INTRODUCCIÓN	1
1. CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problema específico.	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Justificación	4
1.4.1. Justificación teórica.....	4
1.4.2. Justificación práctica	5
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes.....	6
2.1.1. Antecedentes internacionales	6

2.1.2.	Antecedentes nacionales	8
2.2.	Ubicación y acceso	10
2.3.	Geología regional	11
2.4.	Geología estructural.....	14
2.5.	Geología local.....	14
2.6.	Geología económica	15
2.7.	Perforación y voladura.....	15
2.8.	Diseño de malla de perforación en minería subterránea.....	16
2.9.	Principio de perforación	17
2.10.	Tipos de perforación	17
2.10.1.	Sistema de perforación por percusión	17
2.10.2.	Sistema de perforación a rotación	18
2.11.	Errores y defectos en la perforación	19
2.12.	Condiciones de la perforación	21
2.13.	Método postulado Roger Holmberg	22
2.13.1.	Determinar el área de la labor	22
2.13.2.	Determinar el perímetro de la labor	23
2.13.3.	Determinar el número de taladros perforados	23
2.13.4.	Cálculo del diámetro equivalente.....	24
2.13.5.	Determinar profundidad del taladro respecto al diámetro equivalente	25

2.13.6.	Determinar profundidad real alcanzado	25
2.13.7.	Calculo de error o desviación de perforación.....	25
2.14.	Cálculos para el diseño de arranque de cuatro secciones	26
2.14.1.	Cálculo de burden práctico.....	27
2.14.2.	Cálculo de distancia para determinar taladros de arranque.....	28
2.14.3.	Determinar la abertura del arranque.....	29
2.14.4.	Cálculo de consumo específico de explosivo.....	29
2.14.5.	Cálculo de factor de roca sueco.....	30
2.14.6.	Cálculo de factor de roca para predecir el grado de fragmentación.....	30
2.14.7.	Cálculo de los factores complementarios índice de volabilidad de Lilly.....	30
2.14.8.	Cálculo de factor de energía.....	30
2.14.9.	Determinar la densidad de carga en el arranque.....	30
2.14.10.	Cálculo de la longitud de taco	31
2.14.11.	Cálculo de longitud de carga en el arranque	31
2.14.12.	Cálculo de número de cartuchos por taladro en el arranque	31
2.14.13.	Cálculo de masa explosiva utilizado en el arranque	32
2.14.14.	Cálculo de la predicción de fragmentación	32
2.15.	Cálculos para el primer cuadrante	32
2.15.1.	Cálculo de burden máximo en el primer cuadrante.....	32
2.15.2.	Cálculo de burden práctico en el primer cuadrante.....	33

2.15.3.	Cálculo de longitud desde la abertura de arranque hacia la esquina del primer cuadrante.....	33
2.16.	Cálculos para el segundo cuadrante.....	35
2.16.1.	Cálculo de burden máximo en el segundo cuadrante	35
2.16.2.	Cálculo de burden práctico del segundo cuadrante.....	36
2.16.3.	Determinamos la distancia del centro hacia el segundo cuadrante	36
2.16.4.	Cálculo de ancho de abertura del segundo cuadrante	36
2.16.5.	Cálculo de densidad de carga del segundo cuadrante	36
2.16.6.	Cálculo de número de cartuchos en el segundo cuadrante.....	37
2.17.	Cálculos para el tercer cuadrante.....	37
2.17.1.	Cálculo de burden máximo en el tercer cuadrante	37
2.17.2.	Cálculo de burden práctico del segundo cuadrante.....	38
2.17.3.	Determinar la distancia del centro hacia el tercer cuadrante.....	38
2.17.4.	Determinar la abertura del tercer cuadrante	38
2.17.5.	Cálculo de densidad de carga del tercer cuadrante	38
2.17.6.	Cálculo de numero de cartuchos en el tercer cuadrante	39
2.17.7.	Determinar la cantidad de masa explosiva en el tercer cuadrante.....	39
2.17.8.	Comprobación si se requiere diseñar más cuadrantes.....	39
2.18.	Determinar ayudas de hastiales	40
2.18.1.	Determinar el burden máximo de ayuda de hastiales.....	41

2.18.2.	Determinar el burden práctico en función de sección de la labor	41
2.18.3.	Determinar la cantidad de taladros para ayuda de hastiales	42
2.18.4.	Determinar el espaciamiento en la ayuda de hastiales	42
2.18.5.	Determinar la abertura de ayuda de hastiales	42
2.18.6.	Cálculo de numero de cartuchos de explosivo por taladro de ayuda de hastiales	42
2.19.	Cálculos de taladros en ayuda de corona	43
2.19.1.	Determinar el burden máximo de ayuda de corona	43
2.19.2.	Determinar el burden práctico de ayuda de corona	43
2.19.3.	Determinar la longitud del segmento de ayuda de corona	44
2.19.4.	Determinar el espaciamiento en ayuda de corona	44
2.19.5.	Determinar el número de taladros para ayuda de corona	44
2.19.6.	Determinar la abertura de ayuda de corona	44
2.19.7.	Determinar la cantidad de cartuchos de explosivo en ayuda de corona	44
2.20.	Cálculos para taladros ayuda de arrastre	45
2.20.1.	Determinar el burden máximo en ayuda de arrastre	45
2.20.2.	Determinar el burden práctico en ayuda de arrastre	45
2.20.3.	Determinar la longitud del segmento para ayuda de arrastre	46
2.20.4.	Determinar el espaciamiento de ayuda de arrastre	46
2.20.5.	Determinar la cantidad de taladros para ayuda de arrastre	46

2.20.6.	Determinar la abertura de ayuda de arrastre.....	46
2.20.7.	Determinar la cantidad de cartuchos en la ayuda de arrastre	46
2.21.	Cálculos para taladros de hastiales	47
2.21.1.	Determinar el burden máximo en los hastiales	47
2.21.2.	Determinar el burden práctico en los hastiales.....	47
2.21.3.	Cálculo de la altura disponible para los taladros de hastiales	47
2.21.4.	Determinar el espaciamiento de los hastiales.....	47
2.21.5.	Determinar la cantidad de taladros para los hastiales	48
2.21.6.	Determinar la abertura de hastiales	48
2.21.7.	Cálculo de número de cartuchos de explosivo por taladro en los hastiales .	48
2.22.	Cálculos para taladros de corona	48
2.22.1.	Determinar el espaciamiento en la corona	48
2.22.2.	Determinar el burden máximo en la corona	49
2.22.3.	Determinar el burden práctico en la corona	49
2.22.4.	Determinar el número de taladros en la corona.....	49
2.22.5.	Determinar el espaciamiento en la corona	49
2.22.6.	Determinar la abertura de la corona	50
2.22.7.	Determinar la cantidad de cartuchos de explosivo en la corona	50
2.23.	Cálculos para taladros de arrastre	50
2.23.1.	Determinar el burden máximo en el arrastre.....	50

2.23.2.	Determinar el burden práctico en el arrastre	51
2.23.3.	Determinar la cantidad de taladros en el arrastre	51
2.23.4.	Determinar el espaciamiento de taladros centrales de arrastre	51
2.23.5.	Determinar el espaciamiento de taladros en las esquinas de arrastre.....	52
2.23.6.	Determinar la abertura del arrastre	52
2.23.7.	Determinar la cantidad de cartuchos de explosivo en el arrastre	52
3.	CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	53
3.1.	Marco Metodológico	53
3.1.1.	Tipo de investigación	53
3.1.2.	Nivel de investigación.....	53
3.1.3.	Diseño de estudio	53
3.2.	Hipótesis	53
3.2.1.	Hipótesis general	53
3.2.2.	Hipótesis específicas	54
3.3.	Variables e indicadores	54
3.3.1.	Variable independiente	54
3.3.2.	Variable dependiente	54
3.3.3.	Instrumentos	55
3.3.4.	Técnicas.....	55
3.4.	Población	55

3.5.	Muestra	56
3.6.	Análisis y procesamiento de datos.....	56
3.7.	Desarrollo de la tesis.....	56
3.7.1.	Parámetros del diagrama de perforación.....	56
3.8.	Cálculos y elaboración del diagrama de perforación y voladura.....	57
3.9.	Cálculos para el diseño de arranque	59
3.10.	Cálculos para el primer cuadrante	61
3.11.	Cálculos para el segundo cuadrante.....	62
3.12.	Cálculos para el tercer cuadrante	64
3.13.	Cálculos para el cuarto cuadrante	65
3.14.	Cálculos para taladros ayuda de hastiales.....	66
3.15.	Cálculos para taladros en ayuda de corona.....	67
3.16.	Cálculos para taladros ayuda de arrastre	69
3.17.	Cálculos para taladros de hastiales	70
3.18.	Cálculos para taladros de corona	71
3.19.	Cálculos para taladros de arrastre	72
4.	CAPITULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	74
4.1.	Diagrama de perforación y voladura	74
4.1.1.	Resumen de los cálculos del diagrama de perforación del By Pass 1450....	74
4.2.	Diagrama de perforación anterior del By Pass 1450	76

4.3.	Comparación del diagrama de perforación del By Pass 1450 anterior y ejecutado.....	78
4.4.	Comparación de mejora de avance lineal del By Pass 1450 anterior y ejecutado	79
4.5.	Distribución de carga explosiva en el By Pass 1450 anterior y ejecutado	80
4.5.1.	Distribución de carga explosiva en el By Pass 1450 anterior	80
4.5.2.	Distribución anterior de detonadores no eléctricos en el By Pass 1450.....	81
4.5.3.	Indicadores de avance en el By Pass 1450 con la carga explosiva anterior.	82
4.5.4.	Distribución de carga explosiva en el By Pass 1450 ejecutado	82
4.5.5.	Distribución de detonadores no eléctricos ejecutado en el By Pass 1450....	83
4.5.6.	Indicadores de avance en el By Pass 1450 con la carga explosiva ejecutado..	84
4.6.	Resumen y comparación de indicadores del By Pass 1450 anterior y ejecutado	84
4.7.	Comparación de factor de carga del By Pass 1450 anterior y ejecutado.....	85
4.8.	Comparación de avance del By Pass 1450 con la distribución de carga explosiva anterior y ejecutado.....	86
4.9.	Análisis de sobre rotura en el By Pass 1450 antes y después de la implementación de la malla de perforación	87
4.10.	Análisis mensual de sobre rotura en el By Pass 1450	90
4.11.	Estructura de costos unitarios del By Pass 1450 anterior y ejecutado.....	91

4.11.1.	Estructura de costos unitarios del By Pass 1450 anterior	91
4.11.2.	Estructura de costos unitarios del By Pass 1450 ejecutado.....	93
4.12.	Análisis de costos del diagrama de perforación anterior y ejecutado del By Pass 1450 programado por mes de avance	94
4.12.1.	Análisis de reducción de costos de malla de perforación del By Pass 1450 por mes programado de avance	96
4.13.	Reducción de costos comparativos del By Pass 1450 por mes programado de avance	97
4.14.	Comprobación de la hipótesis.....	98
4.15.	Discusión de resultados	102
CONCLUSIONES		105
RECOMENDACIONES		107
BIBLIOGRAFÍA		109
ANEXO.....		112

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Constantes y valores de fijación</i>	40
Tabla 2 <i>Constantes y valores de fijación</i>	41
Tabla 3 <i>Parámetros del diagrama de p y v del By Pass 1450</i>	57
Tabla 4 <i>Resumen de cálculos del diagrama de perforación del By Pass 1450</i>	75
Tabla 5 <i>Total de taladros perforados y cargados del By Pass 1450</i>	75
Tabla 6 <i>Resumen de cálculos del diagrama de perforación anterior</i>	77
Tabla 7 <i>Total de taladros perforados y cargados del By Pass 1450</i>	77
Tabla 8 <i>Resumen de distribución de carga explosiva anterior en el By Pass 1450</i>	80
Tabla 9 <i>Distribución anterior de faneles en el By Pass 1450.....</i>	81
Tabla 10 <i>Indicador de avance con la distribución de carga anterior en el By Pass 1450.....</i>	82
Tabla 11 <i>Resumen de distribución de carga explosiva en el By Pass 1450 ejecutado.....</i>	82
Tabla 12 <i>Distribución de faneles en el By Pass 1450 ejecutado</i>	83
Tabla 13 <i>Indicadores de avance en el By Pass 1450 con la distribución de carga explosiva ejecutado</i>	84
Tabla 14 <i>Comparación de indicadores del By Pass 1450</i>	84
Tabla 15 <i>Comparación de factor de carga anterior y ejecutado.....</i>	85
Tabla 16 <i>Datos de sobre rotura den By Pass 1450.....</i>	88
Tabla 17 <i>Estructura de costos unitarios anterior</i>	91
Tabla 18 <i>Estructura de costos unitarios propuesto</i>	93
Tabla 19 <i>Costo de malla de perforación del By Pass 1450 anterior</i>	95
Tabla 20 <i>Costo de malla de perforación del By Pass 1450 anterior</i>	95
Tabla 21 <i>Costo de malla de perforación de By Pass 1450 ejecutado</i>	95

Tabla 22 <i>Costo de malla de perforación del By Pass 1450 ejecutado</i>	95
Tabla 23 <i>Reducción de costos bimestral del By Pass 1450</i>	97
Tabla 24 <i>Resultado de la prueba de Shapiro-Wilks para determinar el tipo de distribución que presentan las variables de estudio</i>	98
Tabla 25 <i>Estadísticos descriptivos de las mejoras el avance lineal del By Pass 1450 a través de la implementación del diagrama de perforación y voladura.....</i>	99
Tabla 26 <i>Prueba de Kruskal Wallis de la variable Carga explosiva.....</i>	99
Tabla 27 <i>Prueba de Kruskal Wallis de la variable Sobre rotura</i>	100
Tabla 28 <i>Prueba de Kruskal Wallis de la variable Costos</i>	101
Tabla 29 <i>Prueba de Kruskal Wallis de la variable Avance lineal</i>	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	<i>Plano de ubicación Mina SOTRAMI S.A.</i>	11
Figura 2	<i>Plano geológico regional Mina SOTRAMI S.A.</i>	12
Figura 3	<i>Columna estratigráfico</i>	13
Figura 4	<i>Plano geológico local Mina SOTRMAMI S.A.</i>	15
Figura 5	<i>Hueco de alivio de pequeño diámetro</i>	19
Figura 6	<i>Desvío de taladros perforados</i>	19
Figura 7	<i>Espaciamiento irregular de taladros perforados</i>	20
Figura 8	<i>Irregular longitud de taladro</i>	20
Figura 9	<i>Intersección de taladros</i>	21
Figura 10	<i>Excesiva densidad de carga</i>	21
Figura 11	<i>Distancia entre taladros (Dt)</i>	24
Figura 12	<i>Coeficiente de roca (C)</i>	24
Figura 13	<i>Diseño de taladros de arranque de cuatro secciones</i>	26
Figura 14	<i>Espaciamiento de taladros cargados hacia los taladros de alivio</i>	27
Figura 15	<i>Determinar burden práctico</i>	28
Figura 16	<i>Distancia para el cálculo de taladros de arranque</i>	29
Figura 17	<i>Ancho de abertura del primer cuadrante</i>	34
Figura 18	<i>Diagrama de perforación del By Pass 1450 ($61 < RMR < 80$)</i>	76
Figura 19	<i>Diagrama de perforación del By Pass 1450 anterior ($61 < RMR < 80$)</i>	78
Figura 20	<i>Indicador de malla de perforación del By Pass 1450 anterior y ejecutado</i>	79
Figura 21	<i>Indicador de mejora de avance lineal del By Pass 1450</i>	80

Figura 22 <i>Comparación de indicadores de carga explosiva en el By Pass 1450 anterior y ejecutado</i>	85
Figura 23 <i>Comparación de factor de carga en el By Pass 1450</i>	86
Figura 24 <i>Comparación de avance por disparo en el By Pass 1450.....</i>	87
Figura 25 <i>Indicador mensual de sobre rotura del By Pass 1450</i>	90
Figura 26 <i>Promedio mensual de sobre rotura del By Pass 1450</i>	91
Figura 27 <i>Índice de reducción de costos bimestral del By Pass 1450.....</i>	96
Figura 28 <i>Reducción de costos comparativos del By Pass 1450.....</i>	97
Figura 29 <i>Matriz de consistencia.....</i>	112
Figura 30 <i>Plano de ejecución del By Pass 1450.....</i>	113
Figura 31 <i>Avance del By Pass 1450 E</i>	114
Figura 32 <i>Avance del By Pass 1450 W</i>	115
Figura 33 <i>Recomendación geomecánica</i>	116
Figura 34 <i>Distribución de carga explosiva en el By Pass 1450</i>	117
Figura 35 <i>Voladura en el By Pass 1450</i>	117

INTRODUCCIÓN

La industria minera enfrenta constantemente el desafío de mejorar la eficiencia operativa y maximizar la producción, mientras se garantiza la seguridad y la optimización de recursos. En este contexto, la implementación de un nuevo diagrama de perforación eficaz juega un papel crucial en el avance lineal de los proyectos mineros. El presente estudio se centra en la aplicación de un nuevo diagrama de perforación y voladura para mejorar específicamente el avance lineal del By Pass 1450 de la Mina SOTRAMI S.A. Esta investigación busca abordar la necesidad de optimizar los procesos de perforación y voladura en un entorno minero específico, con el objetivo de alcanzar mayores niveles de eficiencia operativa y productividad. Para lograr este propósito, se empleará una metodología aplicada y un diseño experimental, respaldados por un enfoque descriptivo-exploratorio. La implementación exitosa de este nuevo diagrama de perforación y voladura no solo mejorará el avance lineal del proyecto, sino que también podría tener un impacto significativo en la rentabilidad y competitividad de la Mina SOTRAMI S.A. Además, se espera que los resultados obtenidos sirvan como referencia para otras empresas mineras que enfrentan desafíos similares en la optimización de sus procesos de perforación y voladura. En resumen, este estudio busca contribuir al avance y la mejora continua de las prácticas mineras mediante la implementación efectiva de un diagrama de perforación y voladura en un entorno específico de la industria.

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.Planteamiento del problema

El diseño de la malla de perforación es considerado como un factor predisponente para obtener fragmentos de la roca de forma adecuada, además presenta factores intervinientes como la cantidad de carga de explosivos, tipo de corte y la calidad de la roca, de tal manera que el nuevo diagrama de malla que se utiliza cambia de acuerdo al tipo de terreno en el que se va ejecutar, siendo así una máxima eficiencia.

Cabe resaltar que, en los proyectos mineros a nivel internacional y nacional, un inadecuado diseño de malla de perforación y voladura genera a un mal cálculo de precios unitarios, produciendo pérdidas económicas para las empresas.

De tal forma que las unidades mineras en el Perú presentan este problema de un incorrecto diseño de malla por ende no logran una adecuada optimización en los procesos de perforación y voladura, como es en el caso de la mina SOTRAMI S.A, que se ejecuta labores de preparación,

desarrollo e infraestructura en los diferentes niveles, siendo estos contempladas en el planeamiento mensual para el correcto cumplimiento. No obstante, el dilema es el incumplimiento del programa mensual, debido a los incidentes de voladuras deficientes, como frentes soplados, tiros cortados y arranque anillados. Conllevando pérdidas económicas y generando retrasos en las operaciones unitarias, por este fundamento se formula elaborar un diagrama de perforación para optimizar el avance en la labor horizontal de la Mina SOTRAMI S.A, con el fin de lograr buenos resultados en los proyectos de avance lineal.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el diagrama de perforación y voladura para mejorar el avance lineal del By Pass 1450 de la Mina SOTRAMI S.A.?

1.2.2. Problema específico.

- ¿En qué medida la distribución de la carga explosiva mejora el avance lineal del By Pass 1450 de la Mina SOTRAMI S.A.?
- ¿En qué medida la implementación de un nuevo diagrama de perforación y voladura atenúa la sobre rotura del By Pass 1450 de la Mina SOTRAMI S.A.?
- ¿En qué medida la implementación de un nuevo diagrama de perforación y voladura reduce los costos operativos del By Pass 1450 de la Mina SOTRAMI S.A.?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Diseñar el nuevo diagrama de perforación y voladura para mejorar el avance lineal del By Pass 1450 de la Mina SOTRAMI S.A

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Determinar la distribución de la carga de explosivo mejora el avance lineal del By Pass 1450 de la Mina SOTRAMI S.A.
- Implementar un nuevo diagrama de perforación y voladura para atenuar la sobre rotura del By Pass 1450 de la Mina SOTRAMI S.A
- Diseñar un nuevo diagrama de perforación y voladura para reducir los costos operativos del By Pass 1450 de la Mina SOTRAMI S.A.

1.4. Justificación

1.4.1. *Justificación teórica*

Actualmente las empresas mineras tienen la obligación de realizar diagramas de perforación para obtener trabajos eficientes y de calidad en cuanto a la voladura de rocas para asegurar en cumplimiento del programa mensual de avances. Esta elaboración del diagrama va permitir determinar la cantidad exacta de taladros que se tiene que perforar y la distribución correcta, la cantidad total de carga de explosivos, la energía necesaria para fracturar un determinado volumen de material y está en función del tipo de roca. Así como lo evidencia estudios previos que fueron realizados en las diferentes empresas mineras en cuanto a las operaciones unitarias.

Por ende, se justifica plenamente su elaboración y ejecución del diagrama de perforación y los logros obtenidos servirán como fuente bibliográfica y generalización de nuevos diagramas de perforación en las diferentes labores de desarrollo de la mina.

1.4.2. Justificación práctica

Actualmente la mina SOTRAMI S.A. viene presentando problemas en el cumplimiento programado de avance en las labores horizontales, debido a que estos retrasos son por las deficiencias en las voladuras, así mismo por el tiempo en desate de rocas y sostenimiento. Ante esta necesidad es de interés de la empresa mejorar la voladura en sus labores horizontales a través de nuevos diagramas de perforación y una adecuada distribución de carga explosiva por taladro.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Music (2007) realizó un estudio en la Mina Reservas Norte de División El Teniente de Codelco Chile con el fin de evaluar la eficiencia general y los estándares actuales de las voladuras en desarrollo horizontal y el nivel de producción. Se utilizaron dos metodologías para esta evaluación: el análisis del registro de vibraciones producto de las tronaduras, para cuantificar su comportamiento a través del macizo rocoso y su efecto sobre el contorno; y la implementación del disparo en sí. Como resultado, se logró reducir la cantidad del número de taladros perforados por disparo al 10%, una disminución de la sobreexcavación del 24% al 6%, conllevando a una menor exposición al riesgo de caída y desprendimiento de rocas, así como una reducción en los tiempos de trabajo y los costos directos de perforación y tronadura.

Sánchez (2012) llevó a cabo una investigación en la mina Bethzabeth en Ecuador, titulada "Optimización en los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa en la mina Bethzabeth", con el objetivo de mejorar estos procesos. Se analizaron los sondeos de exploración, ensayos de resistencia a la compresión y peso específico, y se calculó la cantidad de sustancia explosiva. Se concluyó que las características físicas y mecánicas del macizo rocoso son cruciales para realizar un diagrama de malla de perforación, y que al reducir la cantidad del número de taladros se logró disminuir el tiempo en las operaciones del ciclo de minado y optimizar los procesos.

Uyaguari (2018) desarrolló un estudio en el Proyecto Minero El Inca en Ecuador, con el objetivo de diseñar mallas de perforación y voladura utilizando un coeficiente de consumo específico para sustancia explosiva basado en clasificaciones geomecánicas. Se empleó una metodología geomecánica consecutiva, utilizando el método RMR 89 para clasificar geomecánicamente el macizo rocoso, y el índice de resistencia geológica GSI para calcular parámetros geomecánicos. Se utilizó el modelo geomecánico de Ashby y el modelo de Langerfors para obtener una constante "c" de la roca. Esto permitió obtener el consumo específico de explosivo y trabajar con un modelo para obtener una constante "c" de la roca, lo que es indispensable en los cálculos.

Mejía (2019) llevó a cabo un estudio en la Sociedad Minera Oro Sol Uno en Ecuador con el objetivo de optimizar el sistema de perforación y voladura subterránea. Se realizó un levantamiento de información de campo y se analizaron las características del macizo rocoso utilizando el método de Langerfors y

Kihlstrom. Esto resultó en un mayor volumen de arranque, un consumo específico y un avance del túnel mejorados. Como conclusión, el proceso investigativo y de campo determinó resultados favorables, lo que llevó a la empresa minera a adoptar este diseño.

2.1.2. *Antecedentes nacionales*

Choque (2017) llevó a cabo un estudio en CIA Minera ARES S.A.C. con el objetivo de reducir las incidencias de voladuras deficientes y evitar tiempos muertos en el ciclo de minado. Se utilizó una metodología descriptiva, aplicando un enfoque causa y efecto, donde la causa fue el diseño de la malla de perforación y el cálculo del tipo de carga explosiva para la voladura, y el efecto fueron los resultados posteriores a la voladura. Se emplearon instrumentos como formato de avance por guardia, reporte diario de operación por guardia, libretas de apuntes, informe diario de trabajos realizados y formato de avances por guardia. “Como resultado, se logró reducir las incidencias de voladuras deficientes de un promedio de 61 reportes/mes a 4 reportes/mes en promedio, y se mejoró la eficiencia de voladura en cuanto a avances lineales de 2.33 m/disparo a 2.97 m/disparo en promedio, con una longitud de perforación de 3.20 metros”.

Romaní (2018) realizó un estudio en la Mina Andaychagua con el objetivo de determinar cómo influye el diseño de las mallas de perforación y voladura para optimizar los avances y la sobre rotura en el Nv. 1225. Se utilizó el método científico y la investigación fue de tipo descriptivo. La población consistió en las labores del Nv. 1225 y la muestra en el Bp. 1225E y el ACC 261. Como resultado de los disparos de prueba, se logra obtener un avance lineal promedio de 3.02 m por

disparo, con una longitud del taladro del 95% de 3.20 m. En cuanto a la sobre rotura de los frentes disparados, se obtuvo un promedio de 4.86%.

Huacho (2018) llevó a cabo un estudio en la Compañía Minera Casapalca S.A para determinar cómo influye el diseño de las mallas de perforación y voladura en los avances en el Nv. 12 de la Veta Oroya. La investigación se realizó mediante el método científico, con un enfoque descriptivo simple. La población fue las labores del Nv. 12 de la Veta Oroya y la muestra la Galería 980W y el XC 826E del nivel 12. Después de la voladura, se obtuvieron resultados positivos, con un avance del 96.81% (2.13) en la Galería 960W y del 97.72% (2.15) en el XC 896E, en comparación con un avance anterior de menos del 88%.

Alvarado (2019) llevó a cabo una investigación en la zona Chino II de la Compañía Minera Caraveli SAC 2015 con el objetivo de determinar el diseño y secuencia de perforación y voladura en los frentes de avance mediante el desarrollo de modelos matemáticos para optimizar el proceso operativo de perforación y voladura. La investigación fue de tipo aplicativo y descriptiva, utilizando un diseño descriptivo simple. La muestra consistió en 4 mallas de perforación y voladura, y se utilizaron técnicas como observación libre y herramientas como cámara digital, formulario, cronómetro, computadora, fichas y planos topográficos. Como resultado, se logró reducir los costos unitarios y mejorar el avance a 3.70 m, en comparación con el avance anterior de 3.20 m.

Sahuinco (2019) realizó una investigación en la Compañía Minera Yanaquihua S.A.C. con el propósito de determinar el diagrama de perforación y la cantidad de carga explosiva adecuada para la reducción de los costos unitarios en la

realización de las labores de desarrollo. El estudio realizado es de tipo aplicativo, de causa y efecto, utilizando un enfoque cuantitativo. La población fue la mina Yanaquihua y la muestra la veta Mirian. Como resultado del proyecto, se logró incrementar el rendimiento en el avance lineal por disparo y la reducción de los costos unitarios.

2.2. Ubicación y acceso

La mina SOTRAMI S.A. está ubicado en el centro poblado de Santa Filomena, Distrito de Sancos, provincia de Lucanas y departamento de Ayacucho a una altitud de 2400 m.s.n.m.

Para acceder a la mina SOTRAMI S.A. partiendo desde la ciudad de Lima por vía terrestre es un total de 9 horas donde las vías de accesos que forman parte de la ruta es Lima – Ica - Yauca con un total de 680 km, Yauca – Jaqui - Laytaruma 37 km y de Laytaruma al Centro Poblado de Santa Filomena tiene un total de 13 km.

Figura 3*Columna estratigráfico*

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
C E N O Z O I C O	CUATERNARIO	Reciente	Depositos eólicos	
			Depositos aluviales	
			DISCORDANCIA	
		Pleistoceno	Depositos piroclásticos recientes	
			DISCORDANCIA	
			Morrenas y flutoglaciares	
			DISCORDANCIA	
			Flujos de barro	
			DISCORDANCIA	
			Grupo Barroso	
M E S O Z O I C O	TERCIARIO	Superior	Volcánico Barroso	
			Volcánico Chila	
			DISCORDANCIA	
			Conglomerado Aluvial Pleistoceno	
		Medio	DISCORD. EROSIONAL	
			Volcánico Sencca	
			DISCORD. EROSIONAL	
		Inferior	Fm. Mito	
			DISCORDANCIA	
			Grupo Tacaza	
	CRETACEO	Superior	DISCORDANCIA	
			Fm. Solito	
		Inferior	DISCORDANCIA	
			Fm. Huanc	
			DISCORD. ANGULAR	
			Fm. Chicane	
			Fm. Arcuquina	
	JURASICO	Superior	Fm. Muro	
			Grupo	
			M. Hualhuani	
		Inferior	M. Gramadal	
			M. Labra	
			M. Cachios	
			M. Puente	
P R E C Á M B R I C O		Medio	DISCORD. EROSIONAL	
		Inferior	Fm. Secesari	
			Volcánico Chocolate	
			DISCORD. ANGULAR	
			Complejo Basal de la Costa	

Fuente: Tesis Calderón (2018)

2.4. Geología estructural

Las estructuras de la región están relacionadas principalmente con los movimientos tectónicos del ciclo andino y las principales zonas estructurales se han diferenciado según la magnitud y el estilo de deformación que han sufrido las rocas debido a su distinta naturaleza y a la variada intensidad de los esfuerzos que han actuado, generando pliegues, fallas y diaclasas.

La mina SOTRAMI S.A. pertenece a una zona de fallamiento en bloques que son la falla Gliden al éste y la falla Santa Rita de alcance regional al oeste generando un bloque; lo cual entre estas fallas se encuentran ubicadas las vetas que pertenecen a la mina SOTRAMI S.A. donde las vetas se evidencian en las estructuras que están muy definidas y que sus afloramientos forman una longitud considerable llegando a manifestarse hasta en tramos de 1.50 km.

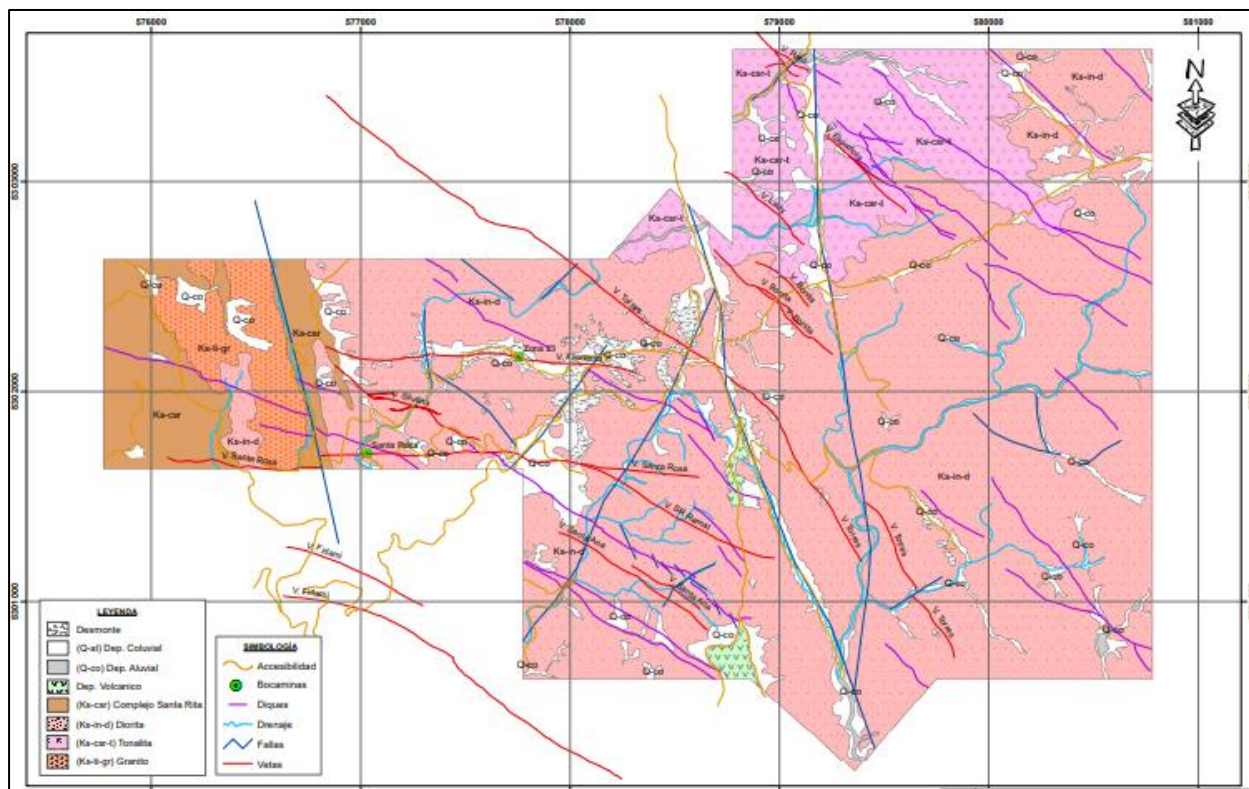
2.5. Geología local

La Mina SOTRAMI S.A. forma parte de una zona de subducción el cual presenta eventos geológicos y estructurales el cual causan las fallas, debilitación y fracturas de la masa rocosa que están conformadas por granodiorita, diorita y tonalita, los cuales generan espacios y zonas débiles que fueron aprovechados por el fluido hidrotermal. La Mina SOTRMAI S.A está constituida fundamentalmente por vetas de gran longitud y profundidad, de baja potencia los cuales han sido fracturadas, rellenas con sulfuros en su parte profunda y en la parte superficial con cuarzo y oro.

Desde la superficie hasta los 500 m de profundidad se evidencia la zona de óxidos con una composición de las vetas de cuarzo con limonita, hematitas y trazas de malaquita. Sin embargo, de los 500 m a más de profundidad se puede apreciar la zona de sulfuros tales conformados por pirita, calcopirita, el cual se puede evidenciar también la presencia de oro diseminado en toda esta estructura.

Figura 4

Plano geológico local Mina SOTRMAMI S.A.



Fuente: Tesis Machuca (2022)

2.6. Geología económica

La Mina SOTRAMI S.A. forma parte del cinturón de oro de Nazca- Ocoña, conformado por los minerales de oro, plata y cobre de tipo mesothermal con una baja sulfuración con alteración sericitica, que cortan las rocas volcánicas, sedimentarias y el batolito. El cual la mena principal es la piritita fina y cuarzo donde a una profundidad mayores a 50 m se inicia la zona de sulfuros con presencia irregular de oro.

2.7. Perforación y voladura

La técnica de perforación y voladura se emplea en la extracción de roca en terrenos sólidos donde los métodos mecánicos no son económicamente viables. En

esencia, este enfoque se puede utilizar en diversos ámbitos, ya sea en la minería o en la construcción civil, siempre que se requiera movimiento de tierras. Consiste en realizar perforaciones en la roca y luego cargar explosivos en ellas, los cuales al detonar generan la energía necesaria para fragmentar la masa rocosa. Este método se compone de dos aspectos principales: la tecnología utilizada para perforar y la tecnología aplicada en el diseño y ejecución de las detonaciones (Bernaola et al., 2013).

2.8.Diseño de malla de perforación en minería subterránea

El diseño de la disposición de los taladros de perforación implica generar un conjunto ordenado de perforaciones en un frente, que deben ser configuradas con una geometría específica. El propósito de elaborar un diagrama de perforación es múltiple:

- Reducir los costos asociados con la perforación.
- Alcanzar una voladura eficiente en la labor de perforación.
- Mantener una sección transversal uniforme en la labor.
- Establecer un patrón de detonación en los taladros.
- “La configuración de la malla de perforación implica la distribución adecuada de los taladros en una voladura, teniendo en cuenta principalmente la relación entre el burden y el espaciamiento, lo cual está directamente relacionado con la profundidad de cada taladro. En las operaciones de voladura subterránea, se enfrentan desafíos diferentes a las operaciones de minería superficial, ya que no cuentan con una cara adicional de alivio. En este contexto, solo se dispone de una cara en la que se puede perforar y se debe crear alivio perpendicular a esa cara utilizando los primeros taladros

que detonan. Si el alivio adecuado no se logra al detonar los primeros taladros, el resto de la voladura puede generar una fragmentación insuficiente y resultar en soplos indeseados”. (EXSA, 2019)

2.9.Principio de perforación

“Se basa en principios mecánicos de percusión y rotación, cuyos efectos de golpe y fricción producen el astillamiento y trituración de la roca en un área equivalente al diámetro de la broca y hasta una profundidad dada por la longitud del barreno utilizado. La eficiencia en perforación consiste en lograr la máxima penetración al menor costo” (EXSA,2019)

2.10. Tipos de perforación

2.10.1. Sistema de perforación por percusión

“Son todas aquellas formas de perforación en las que la fragmentación de la roca se produce básicamente por impacto de un útil de filo más o menos aguzado sobre la misma, los métodos que se utilizan actualmente son rotopercusivos”

2.10.1.1. Perforación neumática

En el caso de la perforación neumática, el fluido de accionamiento es típicamente aire comprimido a una presión específica, generalmente entre 7 y 25 bar (Bernaola et al., 2013).

Se presentan dos alternativas:

La percusión puede ocurrir fuera del taladro, y luego transmitirse a la broca a través de la sarta de varillaje, utilizando un martillo en la cabeza (Bernaola et al., 2013).

El martillo puede colocarse en el fondo del taladro, golpeando directamente el pistón sobre la broca, lo que se conoce como martillo de fondo (Bernaola et al., 2013).

2.10.1.2. Perforadoras con martillo en cabeza

Estas perforadoras están diseñadas con un martillo que opera con aire a una presión máxima de 7 a 8 bar. Para garantizar una energía de impacto adecuada, el área de trabajo del pistón debe ser considerablemente amplia, ya que la energía de impacto se determina por la multiplicación de tres factores: la presión efectiva, el área y la carrera del pistón. El martillo en la cabeza de la perforadora también incluye un mecanismo de rotación, que puede ser independiente o estar vinculado a la percusión, dependiendo de los tamaños y diseños específicos (Bernaola et al., 2013).

2.10.1.3. Perforadoras con martillo en fondo

Estas perforadoras se caracterizan por tener el mecanismo de percusión o martillo ubicado dentro del taladro, a diferencia de los martillos en la cabeza. En este tipo de perforadoras, el mecanismo de percusión es el único elemento incorporado en el interior del taladro. Los elementos que proporcionan la rotación y el empuje son completamente independientes y se encuentran en la superficie (Bernaola et al., 2013).

2.10.2. Sistema de perforación a rotación

Las formas de perforación que se basan principalmente en la compresión, el corte o una combinación de ambos para la fragmentación de la roca, se conocen como perforación rotativa. En este tipo de perforación, se aplican dos acciones

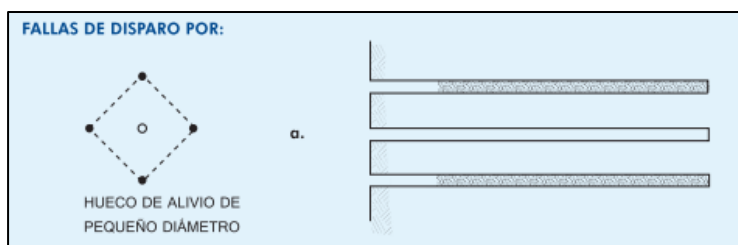
fundamentales: un empuje sobre el útil de perforación que excede la resistencia a la compresión de la roca y un par de giro que provoca su corte por cizalladura. Estas dos acciones básicas definen la esencia de la perforación rotativa (Bernaola et al., 2013).

2.11. Errores y defectos en la perforación

En arranques: “Insuficiente diámetro o número de taladros”.

Figura 5

Hueco de alivio de pequeño diámetro

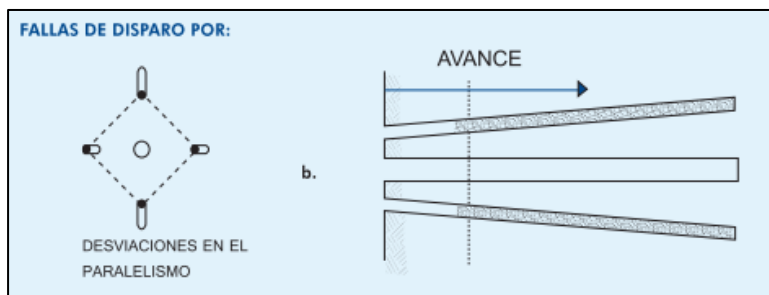


. Fuente: Manual Práctico de Voladura EXSA (2019).

Desviaciones en el paralelismo: “En este caso el burden no se mantiene uniforme, resulta mayor al fondo lo que afecta al fracturamiento y avance”.

Figura 6

Desvío de taladros perforados

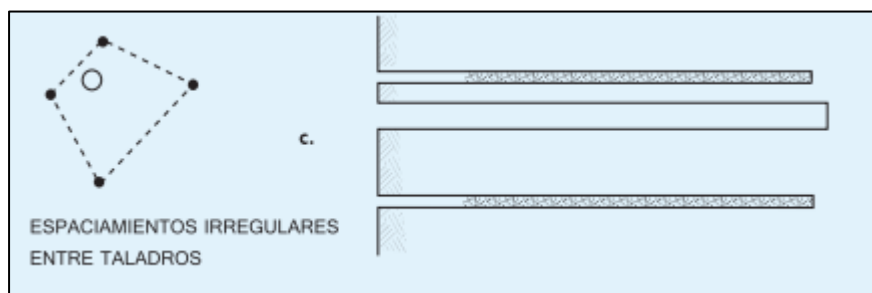


Fuente: Manual Práctico de Voladura EXSA (2019).

Espaciamientos irregulares entre taladros: “propician fragmentación gruesa o soplo del explosivo, pero es solucionable con un adecuado orden de salida de los taladros”.

Figura 7

Espaciamiento irregular de taladros perforados

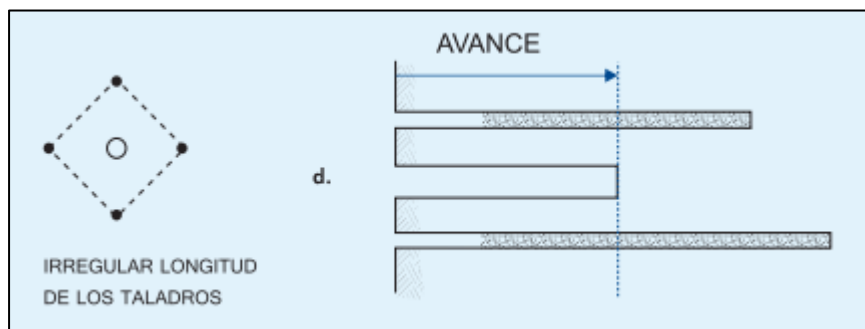


Fuente: Manual Práctico de Voladura EXSA (2019).

La irregular longitud de taladro: “Influye en el avance (especialmente si el de alivio es muy corto) y también determina una nueva cara muy irregular”.

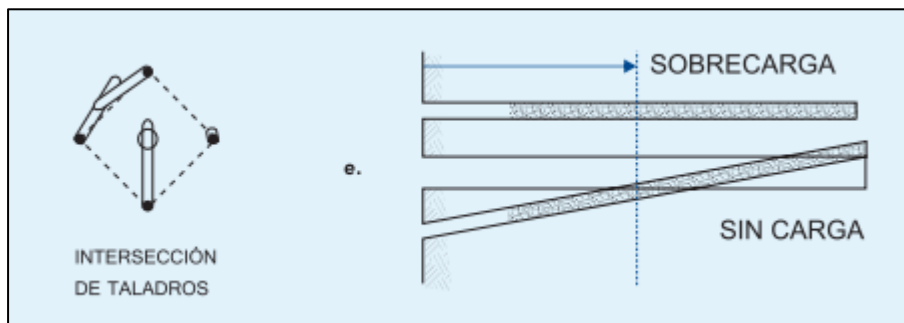
Figura 8

Irregular longitud de taladro



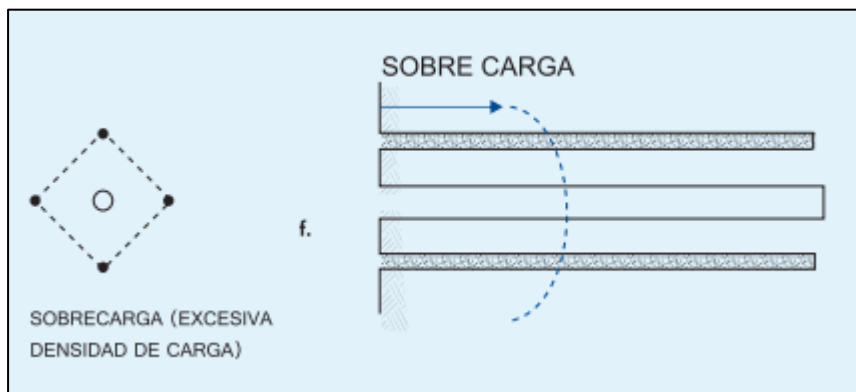
Manual Práctico de Voladura EXSA (2019).

Intersección de taladros: “Afecta a la distribución de la carga explosiva en el cuerpo de la roca a romper”.

Figura 9*Intersección de taladros*

Fuente: Manual Práctico de Voladura EXSA (2019).

Sobrecarga: “Mayor número de taladros que los necesarios o diámetros muy grandes”.

Figura 10*Excesiva densidad de carga*

Fuente: Manual Práctico de Voladura EXSA (2019).

2.12. Condiciones de la perforación

Para asegurar una voladura efectiva, la perforación es tan crucial como la elección de la carga explosiva, por tal razón este proceso debe llevarse a cabo con atención y criterio adecuados. Desafortunadamente, la supervisión del área de perforación no realiza el seguimiento de manera adecuada en las diferentes minas, lo que puede resultar deficiencias en la calidad del trabajo que se realiza, como taladros desviados, taladros espaciados o

taladros de longitud irregular. Estas deficiencias pueden ocasionar pérdidas de eficiencia al momento de utilizar la energía de explosivo presente.

Generalmente, la calidad de perforación de los taladros se determina por cuatro condiciones: diámetro del taladro, longitud del taladro, rectitud y estabilidad al momento de la perforación. El diámetro depende del uso previsto del taladro, siendo usualmente más adecuado y económico utilizar taladros de menor diámetro siempre que sea factible. La longitud del taladro influye en la capacidad selección de los equipos de perforación y, generalmente, en el progreso de la voladura. Es crucial que los taladros tengan la mayor rectitud y alineación posibles para garantizar una distribución adecuada del explosivo. El paralelismo entre los taladros al momento de la perforación es crucial para asegurar una interacción óptima de la carga explosiva y asegurar toda la voladura.

La estabilidad de los taladros perforados se debe mantener mientras estén abiertos y listos para su utilización. En rocas malas y muy malas los taladros perforados tienden a obstruirse, es por ello importante revestirlos internamente con tubos especiales para poder realizar otros taladros adyacentes a los ya obstruidos (EXSA, 2019).

2.13. Método postulado Roger Holmberg

2.13.1. Determinar el área de la labor

Para elaborar el diagrama de perforación en primer lugar se debe determinar la sección y el área del túnel que servirá para determinar los distintos cálculos de la malla de perforación. La ecuación se plantea debido que la forma de la excavación es de tipo baúl y contempla el radio en los flancos del túnel.

$$\text{Área } (S) = \left(\frac{\pi * r^2}{2} \right) + \left(r * (A - (2 * r)) \right) + (A * (H - r))$$

Donde:

S : Área de la sección del túnel

A : Ancho del túnel

H : Alto del túnel

r : Radio del arco de la bóveda

π : Valor constante

2.13.2. Determinar el perímetro de la labor

Para determinar los cálculos del perímetro se debe tener en cuenta el tipo de diseño de las excavaciones de las labores.

$$\text{Perímetro } (P) = (\pi * r) + 2(H - r) + 2(A - r)$$

Donde:

P : Perímetro de la labor

A : Ancho de la labor

H : Alto de la labor

r : Radio del arco de la bóveda de la labor

π : Valor constante

2.13.3. Determinar el número de taladros perforados

Para determinar la cantidad de taladros a perforar se debe tener en cuenta la calidad de roca, diámetro de las brocas, el confinamiento y la fragmentación que se anhela lograr.

Figura 11*Distancia entre taladros (Dt)*

Dureza de roca	Distancia entre taladros (m)
Tenaz	0.50 a 0.55
Intermedia	0.60 a 0.65
Friable	0.70 a 0.75

Nota. Fuente: Manual Práctico de Voladura EXSA (2019).

Figura 12*Coefficiente de roca (C)*

Dureza de roca	Coefficiente de roca (m)
Tenaz	2.00
Intermedia	1.50
Friable	1.00

Nota. Fuente: Manual Práctico de Voladura EXSA (2019).

Por tanto, para determinar la cantidad de taladros perforados es:

$$N^{\circ} \text{ taladros} = \left(\frac{P}{Dt} \right) + (C * S)$$

N°: Cantidad de taladros

P: Perímetro de la labor

Dt: Espaciamiento entre taladros

C: Coeficiente de roca

S: Área del túnel

2.13.4. Cálculo del diámetro equivalente

“El diámetro equivalente se genera al fusionar todos los taladros de alivio y se considera como si fuera un solo taladro de alivio”.

$$\emptyset_2 = \emptyset_1 * \sqrt{N}$$

$\emptyset_{eq}$: Diámetro equivalente

$\emptyset_1$: Diámetro de taladros de alivio

N: Cantidad de taladros de alivio

2.13.5. Determinar profundidad del taladro respecto al diámetro equivalente

$$L_e = 0.15 + 34.1\emptyset_2 - 39.4\emptyset_2^2$$

Donde:

L_e : Profundidad del taladro

$\emptyset_2$: Diámetro equivalente

2.13.6. Determinar profundidad real alcanzado

Según Roger Holmberg la eficiencia de perforación será aceptable a un 95%.

$$L = 0.95 * H_{long \text{ efect de barra}}$$

Donde:

L : Longitud o avance real alcanzado

H : Longitud efectiva de taladro

2.13.7. Calculo de error o desviación de perforación

Mientras menor sea la desviación de taladros mayor será la eficiencia de voladura y viceversa.

$$\psi = \alpha * L + e$$

Ψ : Error de perforación

L: Profundidad del taladro

α : Desviación angular

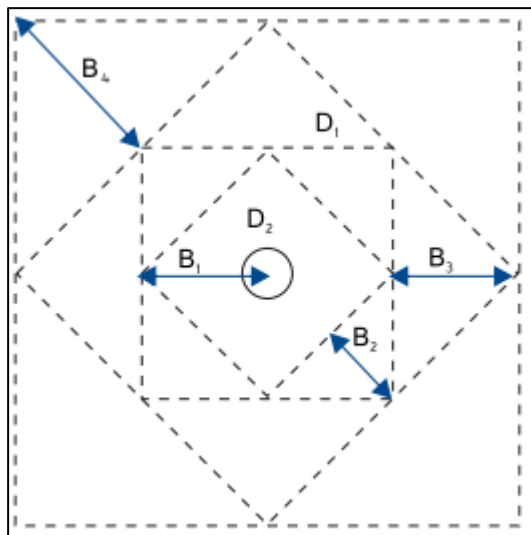
e: Error de emboquille

2.14. Cálculos para el diseño de arranque de cuatro secciones

López (2001), “esquema geométrico general de un arranque de cuatro secciones con taladros en paralelos”.

Figura 13

Diseño de taladros de arranque de cuatro secciones



Nota. Fuente: Manual Práctico de Voladura EXSA (2019).

López (2001), para obtener una fragmentación y voladura eficiente de la roca la distancia entre el taladro central de expansión y los taladros de la primera sección, no debe exceder de 1.7 del diámetro equivalente ($\varnothing_2$).

Cuando la desviación angular de perforación esta entre 0.5% y 1% la distancia entre las perforaciones centrales de alivio o diámetro equivalente ($\varnothing_2$) y los tiros de la primera sección, está dada por:

$$Be\ max = 1.5 * \varnothing_2$$

Si la desviación angular de perforación es mayor o igual al 1%, la distancia entre las perforaciones centrales de alivio o el diámetro equivalente ($\varnothing_2$) y las perforaciones de la primera sección está dado por:

$$Be_{max} = 1.7 * \varnothing_2$$

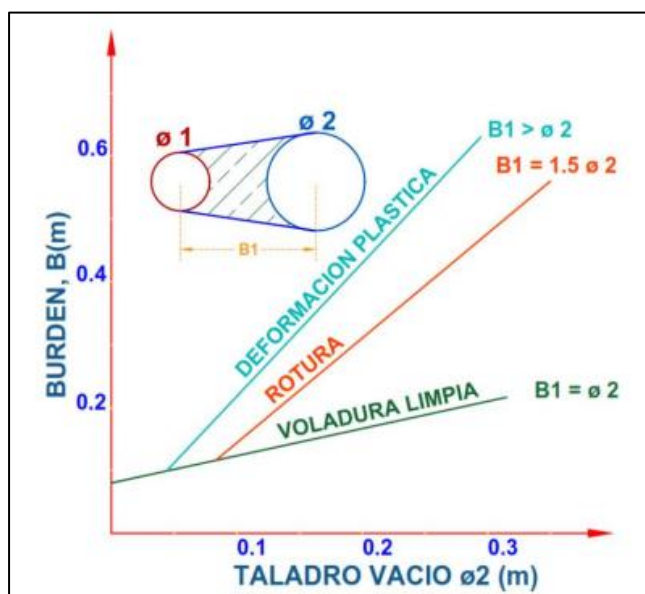
Donde:

Be : Burden equivalente

$\varnothing_2$: Diámetro equivalente

Figura 14

Espaciamiento de taladros cargados hacia los taladros de alivio



Fuente: Evaluación de la metodología Roger Holmberg para el diseño de túneles mineros (Araya, 2018).

2.14.1. Cálculo de burden práctico

$$B_p = (B_{e_{max}} - \psi)$$

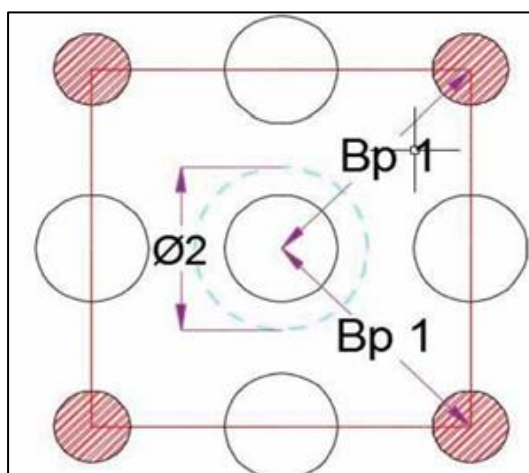
B_p : Burden práctico

Be_{max} : Burden equivalente máximo

ψ : Error de perforación

Figura 15

Determinar burden práctico



Nota. La figura muestra la distancia para el determinar el burden práctico.

2.14.2. Cálculo de distancia para determinar taladros de arranque

$$X_a = X_b = B_{p1}$$

X_a : Distancia medido desde el centro de diámetro equivalente

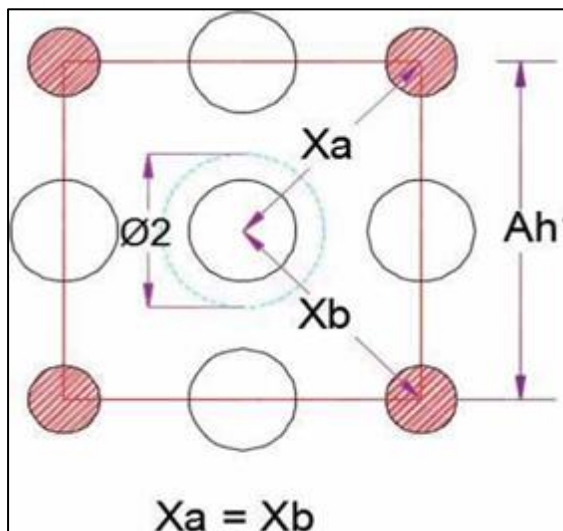
X_b : Distancia medido desde el centro de diámetro equivalente

$\varnothing_2$: Diámetro equivalente

B_p : Burden práctico

Figura 16

Distancia para el cálculo de taladros de arranque



Nota. La figura muestra la distancia para determinar el ancho de abertura del arranque.

2.14.3. Determinar la abertura del arranque

$$A_{h0} = \phi_p + \phi_1 + (2 * B_p)$$

A_{h0} : Ancho de abertura de arranque

ϕ_p : Diámetro de taladro de producción

ϕ_a : Diámetro de taladro de alivio

2.14.4. Cálculo de consumo específico de explosivo

Formula modificada de Ashby:

$$CE = \frac{0.56 * \rho_r * TAN\left(\frac{GSI + 15}{2}\right)}{\sqrt[3]{\frac{115 - RQD}{3.3}}}$$

C. E. : Consumo específico de explosivos

ρ_r : Densidad de roca

GSI : Según tablas SOTRAMI S.A.

RQD : Según tablas SOTRAMI S.A.

2.14.5. Cálculo de factor de roca sueco

$$C = 0.8784 * C.E. + 0.052$$

C : Factor de roca sueco

C. E. : Consumo específico de explosivos en el arranque

2.14.6. Cálculo de factor de roca para predecir el grado de fragmentación

$$A_{F\text{ roca}} = 96.667 * (C.E.)^3 - 138.5 * (C.E.)^2 + 75.883 * (C.E.) - 4.41$$

$A_{F\text{ roca}}$: Factor de roca

C. E. : Consumo específico de explosivos

2.14.7. Cálculo de los factores complementarios índice de volabilidad de Lilly

$$B.I. = \frac{C.E.}{0.004}$$

B.I. : Índice de volabilidad

C. E. : Consumo específico de explosivos

0.004 : Constante

2.14.8. Cálculo de factor de energía

$$F.E = 30 * C.E.$$

F. E. : Factor de energía

C. E. : Consumo específico de explosivos

2.14.9. Determinar la densidad de carga en el arranque

Choque (2017) La densidad de carga es la medida de llenado de un determinado taladro. Se define como densidad de carguío igual a 1 cuando se realiza un llenado perfecto sin dejar espacio

vacío en los taladros y cuando un taladro es llenado con explosivo al Y% de todo el espacio se considera una densidad de carguío de 0.92.

$$q_0 = 55 * \phi_0 * \left(\frac{B_e}{\phi_2}\right)^{1.5} * \left(B_e - \frac{\phi_2}{2}\right) * \left(\frac{C}{0.4}\right) * \frac{1}{RWS_{ANFO}}$$

q_0 : Densidad de carga inicial(arranque)

ϕ_1 : Diámetro de taladro de producción

ϕ_2 : Diámetro equivalente

B_e : Burden equivalente

C : Constante de roca Suecia

PRP : Potencia relativa en peso del explosivo utilizado

2.14.10. Cálculo de la longitud de taco

$$L_{taco} = 10 * \phi_p$$

ϕ_p : Diámetro de taladro de producción

L_{Taco} : Longitud de material inerte

2.14.11. Cálculo de longitud de carga en el arranque

$$L_c = L - L_{taco}$$

L_c : Longitud de carga

L : Longitud total del taladro

L_{taco} : Longitud de taco

2.14.12. Cálculo de número de cartuchos por taladro en el arranque

$$N^\circ = \frac{L - (0.5 * B_e)}{L_{cartucho}}$$

N° : Cantidad de cartuchos por taladro

L_{carga} : Longitud cargada con explosivos

L_{cartucho} : Longitud de cartucho

2.14.13. Cálculo de masa explosiva utilizado en el arranque

$$Q_e = q_0 * L_{\text{cartucho}} * N^\circ$$

Q_e : Masa de explosivo por taladro.

L_{cartucho} : Longitud de cartucho.

q_0 : Densidad de carga inicial en arranque.

$N^\circ_{\text{cartuchos}}$: Cantidad de cartuchos por taladro

2.14.14. Cálculo de la predicción de fragmentación

“El método Kuz Ram indica el grado de fragmentación de la roca después de la voladura es decir predice el diámetro de los fragmentos para prevenir problemas de banqueo al momento de ser extraídos de las tolvas que tienen una parrilla con una abertura de 20 x 20 centímetros”.

$$X = A_{F_{\text{roc}}} * (CE)^{\frac{4}{5}} * (Q_e)^{\frac{1}{6}} * \left(\frac{115}{RWS_{\text{ANFO}}}\right)^{\frac{19}{30}}$$

X : Tamaño medio de los fragmentos

$A_{\text{Fac. roc}}$: Factor de roca

Q_e : Masa de explosivo por taladro

RWS_{Anfo} : PRP del explosivo

$K = C. E.$: Factor triturante

2.15. Cálculos para el primer cuadrante

2.15.1. Cálculo de burden máximo en el primer cuadrante

Para determinar las demás secciones se debe tener en cuenta que ya existe una abertura de ancho ($A_h 0$)

$$B_{max\ 1} = 0.088 * \sqrt{\frac{A_{h0} * q_0 * RWS_{ANFO}}{\phi_p * C}}$$

$B_{max\ 1}$: Burden máximo en el primer cuadrante

A_{h0} : Ancho de abertura en el arranque

q_0 : Densidad de carga explosiva en el arranque

RWS_{ANFO} : PRP del explosivo a emplear con respecto al ANFO

ϕ_0 : Diámetro del taladro de producción

C : Constante de roca Suecia

2.15.2. Cálculo de burden práctico en el primer cuadrante

$$B_{p1} = (B_{max\ 1} - \varphi) - 0.1$$

$B_{p\ 1}$: Burden práctico en el primer cuadrante

$B_{max\ 1}$: Burden máximo en el primer cuadrante

Ψ : Error de perforación

0.1 : Factor de adecuación a nuestro diseño

2.15.3. Cálculo de longitud desde la abertura de arranque hacia la esquina del primer cuadrante

$$X_c = X_d = \text{sen } 45^\circ \left(\frac{\phi_e}{2} + B_p \right) + B_{p1}$$

$X_c = X_d$: Longitud de abertura de arranque hacia la esquina del primer cuadrante

$A_h(0)$: Longitud de abertura del arranque

$B_{p\ 1}$: Burden práctico del primer cuadrante

B_p : Burden práctico

ϕ_2 : Diámetro equivalente

Cálculo de ancho de abertura en el primer cuadrante

$$A_{h1} = \sqrt{X_c^2 + X_d^2}$$

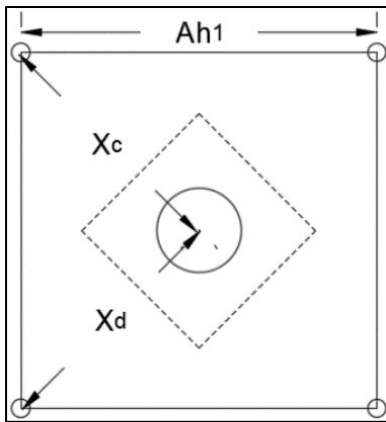
A_{h1} : Ancho de abertura de primer cuadrante

X_c : Longitud del centro hacia la esquina del primer cuadrante

X_d : Longitud del centro hacia la esquina del primer cuadrante

Figura 17

Ancho de abertura del primer cuadrante



Nota. La figura muestra la distancia y abertura del primer cuadrante.

Cálculo de densidad de carga en el primer cuadrante

$$q_1 = \frac{32.3 * \phi_p * C * B_{max1}}{RWS_{ANFO} * \text{sen}(\text{arctang}((\frac{A_{h1}}{2 * B_{max1}})^{1.5}))}$$

Q_1 : Densidad de carga lineal

ϕ_0 : Diámetro del taladro de producción

$B_{max.}$: Burden máximo en el primer cuadrante

C : Factor de roca sueco

RWS_{ANFO} : PRP del explosivo a emplear con respecto al ANFO

A_{h0} : Ancho de abertura en el arranque

Cálculo de numero de cartuchos en el primer cuadrante

$$N^{\circ} = \frac{L - (0.5 * B_{max1})}{L_{cartucho}}$$

L: longitud total

B_{max1} : Burden máximo en el primer cuadrante

L_{cart} : longitud de cartucho de explosivo

Calculo de masa explosiva utilizado en el primer cuadrante

$$Q_{e1} = q_1 * L_{carga}$$

Q_{e1} : Masa de explosivo utilizado por taladro

q_1 : Densidad de carga lineal en el primer cuadrante.

L_{Carga} : Longitud que está ocupado por el explosivo

2.16. Cálculos para el segundo cuadrante

2.16.1. Cálculo de burden máximo en el segundo cuadrante

Para el cálculo de las demás secciones se debe considerar, que ya existe una abertura de ancho

(A_{h1})

$$B_{max2} = 0.088 * \sqrt{\frac{A_{h1} * q_0 * RWS_{ANFO}}{\phi_p * C}}$$

B_{max2} : Burden máximo en el primer cuadrante

A_{h1} : Ancho de abertura en el arranque

q_0 : Densidad de carga explosiva en el arranque

RWS_{ANFO} : PRP del explosivo a emplear con respecto al ANFO

ϕ_p : Diámetro del taladro de producción

C : Constante de roca Suecia

2.16.2. Cálculo de burden práctico del segundo cuadrante

$$B_{p2} = (B_{max\ 2} - \varphi) - 0.1$$

$B_{p\ 2}$: Burden práctico en el primer cuadrante

$B_{max\ 2}$: Burden máximo en el primer cuadrante

Ψ : Error de perforación

2.16.3. Determinamos la distancia del centro hacia el segundo cuadrante

$$X_e = X_f = \frac{A_{h1}}{2} + B_{p2}$$

$X_e = X_f$: Distancia del centro hacia la esquina del segundo cuadrante

$A_{h\ 1}$: Longitud de abertura del primer arranque

$B_{p\ 2}$: Burden práctico del segundo cuadrante

2.16.4. Cálculo de ancho de abertura del segundo cuadrante

$$A_{h\ 2} = \sqrt{X_e^2 + X_f^2}$$

Donde:

$A_{h\ 2}$: Ancho de abertura de primer cuadrante

X_e : Longitud del centro hacia la esquina del segundo cuadrante

X_f : Longitud del centro hacia la esquina del segundo cuadrante

2.16.5. Cálculo de densidad de carga del segundo cuadrante

$$q_2 = \frac{32.3 * \phi_p * C * B_{max\ 2}}{RWS_{ANFO} * \text{sen}(\arctang((\frac{A_{h1}}{2 * B_{max\ 2}})^{1.5}))}$$

Q_2 : Densidad de carga lineal

$\emptyset_0$: Diámetro del taladro de producción

$B_{\max 2}$: Burden máximo en el segundo cuadrante

C : Factor de roca Suecia

RWS_{ANFO} : PRP del explosivo a emplear con respecto al ANFO

A_{h1} : Ancho de abertura en el arranque

2.16.6. Cálculo de número de cartuchos en el segundo cuadrante

$$N^{\circ} = \frac{L - (0.5 * B_{\max 2})}{L_{\text{cartucho}}}$$

L : longitud total

$B_{\max 2}$: Burden máximo en el primer cuadrante

L_{cart} : longitud de cartucho de explosivo

Determinar la cantidad de masa explosiva en el segundo cuadrante

$$Q_{e2} = q_2 * L_{\text{carga}}$$

Q_{e2} : Masa de explosivo utilizado por taladro

Q_2 : Densidad de carga lineal en el segundo cuadrante

L_{carga} : Longitud que está ocupado por el explosivo

2.17. Cálculos para el tercer cuadrante

2.17.1. Cálculo de burden máximo en el tercer cuadrante

Para el cálculo de las demás secciones se debe considerar, que ya existe una abertura de ancho

(A_{h2})

$$B_{\max 3} = 0.088 * \sqrt{\frac{A_{h2} * q_0 * RWS_{ANFO}}{\emptyset_p * C}}$$

$B_{\max 3}$: Burden máximo en el primer cuadrante

A_{h2} : Ancho de abertura en el arranque

q_0 : Densidad de carga explosiva en el arranque

RWS_{ANFO} : PRP del explosivo a emplear con respecto al ANFO

ϕ_p : Diámetro del taladro de producción

C : Constante de roca Suecia

2.17.2. Cálculo de burden práctico del segundo cuadrante

$$B_{p3} = (B_{max\ 3} - \varphi)$$

B_{p3} : Burden práctico en el primer cuadrante

$B_{max\ 3}$: Burden máximo en el primer cuadrante

Ψ : Error de perforación

2.17.3. Determinar la distancia del centro hacia el tercer cuadrante

$$X_g = X_h = \frac{A_{h2}}{2} + B_{p3}$$

$X_g = X_h$: Distancia del centro hacia la esquina del tercer cuadrante

A_{h1} : Ancho de abertura del segundo cuadrante

B_{p2} : Burden práctico del tercer cuadrante

2.17.4. Determinar la abertura del tercer cuadrante

$$A_{h3} = \sqrt{X_g^2 + X_h^2}$$

A_{h3} : Ancho de abertura del tercer cuadrante

X_g : Longitud del centro hacia la esquina del tercer cuadrante

X_h : Longitud del centro hacia la esquina del tercer cuadrante

2.17.5. Cálculo de densidad de carga del tercer cuadrante

$$q_3 = \frac{32.3 * \phi_p * C * B_{max\ 3}}{RWS_{ANFO} * \text{sen}(\text{arctang}((\frac{A_{h2}}{2 * B_{max\ 3}})^{1.5}))}$$

Q_3 : Densidad de carga lineal

$\emptyset_p$: Diámetro del taladro de producción

$B_{\max 3}$: Burden máximo en el tercer cuadrante

C : Factor de roca Suecia

RWS_{ANFO} : PRP del explosivo a emplear con respecto al ANFO

A_{h2} : Ancho de abertura en el segundo cuadrante

2.17.6. Cálculo de numero de cartuchos en el tercer cuadrante

$$N^{\circ} = \frac{L - (0.5 * B_{\max 3})}{L_{\text{cartucho}}}$$

L: longitud total

$B_{\max 3}$: Burden máximo en el primer cuadrante

L_{cart} : longitud de cartucho de explosivo

2.17.7. Determinar la cantidad de masa explosiva en el tercer cuadrante

$$Q_{e3} = q_3 * L_{\text{carga}}$$

Q_{e3} : Masa de explosivo utilizado por taladro

Q_3 : Densidad de carga lineal en el segundo cuadrante

L_{carga} : Longitud que está ocupado por el explosivo

2.17.8. Comprobación si se requiere diseñar más cuadrantes

$$A_{h3} \leq \sqrt{L}$$

A_{h3} : Ancho de abertura en el tercer cuadrante

L : Longitud del taladro o profundidad

El ancho de abertura del último cuadrante debe ser menor a la raíz cuadrada de la longitud real de avance. Si el resultado es lo contrario entonces no requiere determinar mas cuadrantes.

2.18. Determinar ayudas de hastiales

Para determinar el tajeo horizontal y vertical se debe de realizar un reajuste del factor de roca.

Calculamos el burden máximo y con el resultado se determina el rango para realizar el reajuste de factor de roca (C).

$$B \leq 0.6 * L$$

$$C' = (C + 0.05), \text{ para cuando } B_{\text{ultimo cuadrante}} > 1.4 \text{ m}$$

$$C' = (C + 0.07/B), \text{ para cuando } B_{\text{ultimo cuadrante}} < 1.4 \text{ m}$$

B: burden máximo

L: longitud del taladro

C. factor de roca

Para determinar los taladros de tajeo se debe de tener en cuenta que ya existe una abertura que se ha generado desde el arranque hasta el último cuadrante. Para realizar los cálculos y llegar al diagrama real de perforación se debe de tener en cuenta los siguientes parámetros.

Tabla 1

Constantes y valores de fijación

Dirección de salida de los taladros	factores de fijación	Relación (S/B)
Hacia arriba y horizontal	1.45	1.25
hacia abajo	1.2	1.25

Fuente: Datos tomados de Manual de Tronadura ENAEX S.A

Tabla 2*Constantes y valores de fijación*

Dirección de salida de los taladros	Relación (S/B)
Para taladros de corona	0.8
para taladros de piso	1

Nota. Datos tomados de Postulado de Roger Holmberg

2.18.1. Determinar el burden máximo de ayuda de hastiales

$$B_{max\ ay\ hast} = 0.90 * \sqrt{\frac{q_0 * RWS_{ANFO}}{C * f * S/B}}$$

B_{Max Ay. Hast} : Burden máximo para ayuda de hastiales

q₀ : Densidad de carga inicial

RWS_{ANFO} : PRP del explosivo empleado

f : Factor de fijación

S/B: Relación espaciamiento y burden

C' : Factor de roca corregido.

2.18.2. Determinar el burden práctico en función de sección de la labor

$$B_{p\ ay\ hast} = \frac{A_{tunnel} - A_{h3}}{4}$$

B_{P. ay.hast} : Burden para taladros de ayuda de hastiales

A_{Túnel} : Ancho de la labor

A_{h 3°} : Ancho de abertura del tercer cuadrante

2.18.3. Determinar la cantidad de taladros para ayuda de hastiales

$$N^{\circ}_{tal\ ay\ hast} = \left(\frac{A_{tunnel} - A_{h3}}{\frac{S}{B}} \right) + 2$$

$N^{\circ}_{Tal.\ ay.hast.}$: Número de taladros para ayuda de hastiales

$A_{Túnel.}$: Ancho del túnel

$A_{h\ 3.}$: Ancho de abertura del tercer cuadrante

S/B : Relación espaciamiento y burden para tajeo en horizontal

2.18.4. Determinar el espaciamiento en la ayuda de hastiales

$$S_{ay\ hast} = \frac{A_{h3}}{N^{\circ}_{tal\ ay\ hast} - 2}$$

$S_{ay\ hast}$: Espaciamiento de taladros de ayuda de hastiales

$A_{h\ 3}$: Ancho de abertura 3° cuadrante

$N^{\circ}_{tal\ ay\ hast}$: Número de taladros de ayuda de hastiales

2.18.5. Determinar la abertura de ayuda de hastiales

$$A_{h\ ay\ hast} = A_{h3} + (2B_{p\ ay\ hast} * S_{h\ ay\ hast})$$

$A_{h\ ay.hast.}$: Ancho de abertura de ayuda de hastiales

$A_{h\ 3}$: Ancho de abertura tercer cuadrante

$B_{práct\ ay\ hast}$: Burden práctico de ayuda de hastiales

$S_{ay\ hast}$: Espaciamiento de taladros de ayuda de hastiales

2.18.6. Cálculo de numero de cartuchos de explosivo por taladro de ayuda de hastiales

$$N^{\circ} = \frac{L - (0.5 * B_{max\ ay\ hast})}{L_{cartucho}}$$

N° : Número de cartuchos por taladro

L : longitud o profundidad del taladro

$B_{\text{max ay hast}}$: Burden máximo en ayuda de hastial

L_{cart} : longitud de cartucho

2.19. Cálculos de taladros en ayuda de corona

Para realizar los cálculos en primer lugar se tendrá que definir las áreas de tajeo hacia abajo donde va depender del ancho de abertura y altura disponible del ultimo cuadrante.

$$H_{\text{Disp Tj}(\downarrow)} = 0.64 * (H_{\text{tunel}} - A_{h \text{ ultimo cuadrante}})$$

$H_{\text{Disp.tj}(\downarrow)}$: Altura disponible para tajeo hacia abajo

$H_{\text{alto del túnel}}$: Altura del túnel

$A_{h \text{ último cuad.}}$: Ancho de abertura último cuadrante

2.19.1. Determinar el burden máximo de ayuda de corona

$$B_{\text{max ay cor}} = 0.90 * \sqrt{\frac{q_0 * RWS_{\text{ANFO}}}{C' * f * S/B}}$$

$B_{\text{max ay. corona}}$: Burden máximo para ayuda de corona

q_0 : Densidad de carga inicial

RWS_{ANFO} : PRP del explosivo empleado

f : Factor de fijación para tajeo hacia abajo

S/B : Relación espaciamiento y burden para tajeo hacia abajo

C' : Factor de roca corregido

2.19.2. Determinar el burden práctico de ayuda de corona

$$B_{p \text{ ay corona}} = 0.51 * H_{\text{Disp tj}(\downarrow)}$$

$B_{\text{Práct. ay. corona}}$: Burden práctico para taladros de ayuda de corona

$H_{\text{Disp.tj}(\downarrow)}$: Altura disponible para tajeo hacia abajo

2.19.3. Determinar la longitud del segmento de ayuda de corona

$$L_{segm\ ay\ corona} = 0.653 * A_{Tunel}$$

$L_{Seg. ay. corona}$: Longitud del segmento para taladros de ayuda de corona

$A_{Túnel}$: Ancho de la labor

2.19.4. Determinar el espaciamiento en ayuda de corona

$$S_{ay\ corona} = 0.333 * L_{Segm\ ay\ corona}$$

$S_{Ay.corona}$: Espaciamiento de taladros de ayuda de corona

$L_{Segm. ay. corona}$: Longitud del segmento de ayuda de corona

2.19.5. Determinar el número de taladros para ayuda de corona

$$N_{tal\ ay\ corona} = \left(\frac{L_{Segm\ ay\ corona}}{\frac{S}{B}} \right) + 2$$

$N^{\circ}_{Tal. ay. corona}$: Número de taladros para ayuda corona

$L_{Segm. ay.corona}$: Longitud del segmento ayuda de corona

S/B : Relación espaciamiento y burden para tajeo hacia abajo

2.19.6. Determinar la abertura de ayuda de corona

$$A_{h\ Ay.\ corona} = L_{Segm\ ay\ corona}$$

$A_{h\ ay. corona}$: Ancho de abertura de ayuda de corona

$L_{segm. ay.corona}$: Longitud del segmento ayuda de corona

2.19.7. Determinar la cantidad de cartuchos de explosivo en ayuda de corona

$$N^{\circ} = \frac{L - (0.5 * B_{max\ ay\ cor})}{L_{cartucho}}$$

N° : Número de cartuchos por taladro

L : longitud del taladro

$B_{\text{max ay cor}}$: Burden máximo en ayuda de corona

L_{cart} : longitud de cartucho

2.20. Cálculos para taladros ayuda de arrastre

Para realizar los cálculos en primer lugar se definirá área de tajeo hacia arriba el cual dependerá del ancho de abertura y la altura disponible después de la voladura del ultimo.

$$H_{\text{Disp Tj } (\downarrow)} = 0.36 * (H_{\text{tunel}} - A_{\text{h ultimo cuadrante}})$$

$H_{\text{Disp.tj } (\uparrow)}$: Altura disponible para tajeo hacia arriba

$H_{\text{túnel.}}$: Altura del túnel

$A_{\text{h Abertura último cuad.}}$: Ancho de abertura último cuadrante

2.20.1. Determinar el burden máximo en ayuda de arrastre

$$B_{\text{max ay arr}} = 0.90 * \sqrt{\frac{q_0 * RWS_{\text{ANFO}}}{C' * f * S/B}}$$

$B_{\text{max ay. arrast.}}$: Burden máximo para ayuda de arrastre

q_0 : Densidad de carga inicial

RWS_{ANFO} : PRP del explosivo empleado

f : Factor de fijación para tajeo hacia arriba

S/B : Relación espaciamiento y burden para tajeo hacia arriba

C' : Factor de roca corregido

2.20.2. Determinar el burden práctico en ayuda de arrastre

$$B_{\text{p ay arr}} = \frac{H_{\text{Disp tj } (\uparrow)}}{2}$$

$B_{\text{Práct. ay. arrastre}}$: Burden práctico para taladros de ayuda de arrastre

$H_{\text{Disp.tj. } (\uparrow)}$: Altura disponible para tajeo hacia arriba

2.20.3. Determinar la longitud del segmento para ayuda de arrastre

$$L_{segm\ ay\ arrastre} = 0.72 * A_{Tunel}$$

$L_{Seg.\ ay.\ arrastre}$: Longitud del segmento para taladros de ayuda de corona

A_{Tunel} : Ancho del túnel

2.20.4. Determinar el espaciamiento de ayuda de arrastre

$$S_{ay\ arr} = 0.333 * L_{Segm\ ay\ arr}$$

$S_{Ay.\ arrastre}$: Espaciamiento de taladros de ayuda de arrastre

$L_{Segm.\ ay.\ arrastre.}$: Longitud del segmento de ayuda de arrastre

2.20.5. Determinar la cantidad de taladros para ayuda de arrastre

$$N^{\circ}_{tal\ ay\ arr} = \left(\frac{L_{seg\ ay\ arr}}{\frac{S}{B}} \right) + 2$$

$N^{\circ}_{Tal.\ ay.\ ar.}$: Número de taladros para ayuda de arrastre

$L_{Seg.\ ay.\ ar}$: Longitud del segmento ayuda de arrastre

S/B : Relación espaciamiento y burden para tajeo hacia arriba

2.20.6. Determinar la abertura de ayuda de arrastre

$$A_{h\ Ay\ arr} = L_{Segm\ ay\ arr}$$

$A_{h\ ay\ ar}$: ancho de abertura de ayuda de arrastre

$L_{seg\ ay\ ar}$: longitud del segmento ayuda de arrastre

2.20.7. Determinar la cantidad de cartuchos en la ayuda de arrastre

$$N^{\circ} = \frac{L - (0.5 * B_{max\ ay\ arr})}{L_{cartucho}}$$

N° : Número de cartuchos por taladro

L : longitud o profundidad del taladro

$B_{\max \text{ ay ar}}$: Burden máximo en ayuda de arrastre

L_{cart} : longitud de cartucho

2.21. Cálculos para taladros de hastiales

2.21.1. Determinar el burden máximo en los hastiales

$$B_{\text{Max hast}} = 0.90 * \sqrt{\frac{q_0 * RWS_{\text{ANFO}}}{C * f * S/B}}$$

$B_{\max \text{ hast.}}$: Burden máximo para ayuda de arrastre

q_0 : Densidad de carga inicial

RWS_{ANFO} : PRP del explosivo empleado

f : Factor de fijación para tajeo horizontal

S/B : Relación espaciamiento y burden para tajeo horizontal

C' : Factor de roca corregido

2.21.2. Determinar el burden práctico en los hastiales

$$B_{p \text{ hastial}} = \frac{0.275 * A_{\text{tunel}}}{2}$$

$B_{p \text{ hastial}}$: Burden práctico para taladros de hastiales

A_{tunel} : Ancho de la labor

2.21.3. Cálculo de la altura disponible para los taladros de hastiales

$$H_{\text{Disp hastial}} = H_{\text{tunel}} - r$$

$H_{\text{Disp hast}}$: Altura disponible para taladros de hastiales

$H_{\text{Túnel}}$: Altura del túnel

r : Radio del baúl del túnel

2.21.4. Determinar el espaciamiento de los hastiales

$$S_{\text{Tal hast}} = 0.3345 * H_{\text{Dis tal hast}}$$

$S_{\text{Tal. hast.}}$: Espaciamiento de taladros de hastiales

$H_{\text{Disp. tal. hast.}}$: Altura disponible para taladros. de hastiales

2.21.5. Determinar la cantidad de taladros para los hastiales

$$N^{\circ}_{\text{tal hast}} = \left(\frac{H_{\text{Disp hast}}}{\frac{S}{B}} \right) + 2$$

$N^{\circ}_{\text{Tal. hast.}}$: Número de taladros para los hastiales

$H_{\text{Disp. hast.}}$: Altura disponible en los hastiales

S/B: Relación espaciamiento y burden para tajeo horizontal

2.21.6. Determinar la abertura de hastiales

$$A_{h \text{ hastiales}} = H_{\text{disp hastiales}}$$

$A_{h \text{ Hastiales.}}$: Ancho de abertura de taladros de hastiales

$H_{\text{Disp. hast.}}$: Altura disponible en los hastiales

2.21.7. Cálculo de número de cartuchos de explosivo por taladro en los hastiales

$$N^{\circ} = \frac{L - (0.5 * B_{\text{max hast}})}{L_{\text{cartucho}}}$$

N° : Número de cartuchos por taladro

L: longitud o profundidad del taladro

$B_{\text{max hast}}$: Burden máximo en ayuda de arrastre

L_{cart} : longitud de cartucho

2.22. Cálculos para taladros de corona

2.22.1. Determinar el espaciamiento en la corona

$$S_{\text{corona}} = K * \phi_p$$

$S_{\text{Corona.}}$: Espaciamiento de los taladros en la corona

K : Constante que toma valores entre 15 y 16

$\emptyset_0$: Diámetro del taladro de producción

2.22.2. Determinar el burden máximo en la corona

$$B_{\max \text{ corona}} = \frac{S}{0.80}$$

$B_{\max \text{ corona}}$: burden máximo en la corona

S: espaciamiento de los taladros en la corona

2.22.3. Determinar el burden práctico en la corona

$$B_{\text{pract corona}} = B_{\max \text{ corona}} - L * \text{sen } \gamma - \varphi$$

$B_{\text{Práct. corona}}$: Burden práctico para taladro de corona

L : Profundidad o longitud del taladro

γ : Angulo de los taladros de contorno

Ψ : Error de perforación

2.22.4. Determinar el número de taladros en la corona

$$N^{\circ}_{\text{tal corona}} = \left(\frac{A_{\text{Túnel}}}{B_{\max \text{ corona}} * \frac{S}{B}} \right) + 2$$

$N^{\circ}_{\text{Tal. corona}}$: Número de taladros para los hastiales

$A_{\text{Túnel}}$: Ancho del túnel

$B_{\max \text{ corona}}$: Burden máximo de la corona

S/B: Relación espaciamiento y burden para los contornos

2.22.5. Determinar el espaciamiento en la corona

$$S_{\text{Tal corona}} = \frac{A_{\text{Túnel}} + 2 * L * \text{sen}(\gamma)}{N^{\circ}_{\text{tal corona}} - 1}$$

$S_{\text{tal corona}}$: Espaciamiento de taladros en la corona

A_{tunel} : Ancho del túnel

L : Longitud o profundidad del taladro

$N_{tal\ corona}$: Número de taladros en la corona

2.22.6. Determinar la abertura de la corona

$$A_{h\ corona} = A_{tunel}$$

$A_{h\ corona}$: Ancho de abertura de corona

A_{Tunel} : Ancho del túnel

2.22.7. Determinar la cantidad de cartuchos de explosivo en la corona

$$N^{\circ} = \frac{L - (0.5 * B_{max\ corona})}{L_{cartucho}}$$

N° : Número de cartuchos por taladro

L : longitud o profundidad del taladro

$B_{max\ corona}$: Burden máximo de corona

L_{cart} : longitud de cartucho

2.23. Cálculos para taladros de arrastre

2.23.1. Determinar el burden máximo en el arrastre

$$B_{Max\ Arrastre} = 0.90 * \sqrt{\frac{q_0 * RWS_{ANFO}}{C' * f * S/B}}$$

$B_{Max\ arrastre}$: Burden máximo para taladros de arrastre

q_0 : Densidad de carga inicial

RWS_{ANFO} : PRP del explosivo empleado

f : Factor de fijación para taladros de arrastre

S/B : Relación espaciamiento y burden para taladros de arrastre

C' : Factor de roca corregido

2.23.2. Determinar el burden práctico en el arrastre

$$B_{p\text{ arrastre}} = B_{\max\text{ arrastre}} - L * \text{sen } \gamma - \varphi$$

$B_{\text{Práct. arrastre}}$: Burden práctico para taladros de arrastre

$B_{\text{Max. arrast.}}$: Burden máximo en taladros de arrastre

L : Profundidad del taladro o avance

γ : Angulo de los taladros de contorno

Ψ : Error de perforación

2.23.3. Determinar la cantidad de taladros en el arrastre

$$N^{\circ}_{\text{tal arrastre}} = \left(\frac{A_{\text{tunel}} + 2L * \text{sen}(\gamma)}{B_{\max\text{ arrastre}} * \frac{S}{B}} \right) + 2$$

$N^{\circ}_{\text{Tal. Arrastre}}$: Número de taladros de arrastre

$A_{\text{Túnel}}$: Ancho del túnel

L : Profundidad del taladro

γ : Angulo de los taladros del contorno

$B_{\text{Max. arrastre}}$: Burden máximo en taladros de arrastre

S/B : Relación espaciamento y burden para tajeo horizontal

2.23.4. Determinar el espaciamento de taladros centrales de arrastre

$$S_{\text{tal arrastre}} = \left(\frac{A_{\text{tunel}} + 2L * \text{sen}(\gamma)}{N_{\text{Tal arrastre}} - 1} \right)$$

$S_{\text{Tal. Arrastre}}$: Espaciamento de taladros de arrastre

$A_{\text{Túnel}}$: Ancho de la labor

L : Profundidad del taladro

γ : Angulo de los taladros de contorno

N° Tal. Arrastre : Número de taladros de arrastre

2.23.5. Determinar el espaciamiento de taladros en las esquinas de arrastre

$$S_{tal\ arrast\ esquinas} = 0.97 - (A_{Tunel} * \text{sen}(\gamma))$$

$S_{Tal. Arrastre esquinas}$: Espaciamiento de taladros de arrastre en las esquinas

$A_{Túnel}$: Ancho del túnel

γ : Angulo de los taladros de contorno

2.23.6. Determinar la abertura del arrastre

$$A_{h\ arrastre} = A_{tunel}$$

$A_{h\ arrastre}$: Ancho de abertura de Tal. de arrastre

$A_{Túnel}$: Ancho del túnel

2.23.7. Determinar la cantidad de cartuchos de explosivo en el arrastre

$$N^{\circ} = \frac{L - (0.5 * B_{max\ arrastre})}{L_{cartucho}}$$

N° : Número de cartuchos por taladro

L : longitud o profundidad del taladro

$B_{max\ arrast}$: Burden máximo de arrastre

L_{cart} : longitud de cartucho

CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.Marco Metodológico

3.1.1. Tipo de investigación

Aplicado.

3.1.2. Nivel de investigación

Descriptivo - Explicativo.

3.1.3. Diseño de estudio

Cuasi experimental.

3.2.Hipótesis

3.2.1. Hipótesis general

El nuevo diseño del diagrama de perforación y voladura mejora el avance lineal del By Pass 1450 de la Mina SOTRAMI S.A

3.2.2. Hipótesis específicas

- La distribución de la carga de explosivo mejora el avance lineal del By Pass 1450 de la Mina SOTRAMI S.A
- El nuevo diagrama de perforación y voladura atenúa la sobre rotura del By Pass 1450 de la Mina SOTRAMI S.A.
- El nuevo diagrama de perforación y voladura permitirá reducir los costos operativos del By Pass1450 de la Mina SOTRAMI S.A.

3.3. Variables e indicadores

3.3.1. Variable independiente

Diagrama de perforación y voladura.

3.3.1.1. Indicadores:

Tipo de roca

Burden y Espaciamiento (Malla de perforación).

Diámetro de cada Taladro (producción y rimador)

Tipo de explosivo.

Distribución de carga.

Secuencia y retardos de Salida de disparo.

Clasificación del macizo rocoso (característica).

Cantidad de carga explosiva (kg/tal).

Número de taladros (unid.).

3.3.2. Variable dependiente

Avance lineal

3.3.2.1. Indicadores:

Costo/Beneficio de perforación

Factor de carga.

Factor de energía

Avances (m/disp.)

Performance de tiempo de desate (min).

Tipo de operaciones (activo).

3.3.3. Instrumentos

Diseño de diagrama mediante Roger Holmberg

Formato de reporte diario de operaciones.

Formato de reporte diario de explosivo por frente.

Formato de reporte diario de sobre excavación.

Formato de recomendación geomecánica.

3.3.4. Técnicas

Búsqueda de información

Observación directa

Método estadístico

3.4. Población

López (2004) el universo o la población en la investigación es el conjunto de personas u objetos de los que se desea estudiar. Ventura (2017) menciona que la población representa la realidad del estudio y que posee características. Por ende, la población está constituida por las labores de avance de la Mina SOTRAMI S.A.

3.5.Muestra

López (2004) La muestra es el subconjunto o parte representativa de la población.

Por lo tanto, la muestra es no probabilística y está constituida por las labores horizontal By Pass 1450 de la Mina SOTRAMI S.A.

3.6.Análisis y procesamiento de datos

Los datos adquiridos durante la ejecución del estudio se vaciarán en una hoja de Microsoft Excel 2021 por consiguiente se analizará para evitar sesgos durante el estudio de acuerdo al perfil de la Mina SOTRAMI S.A. a fin de centrar los criterios de evaluación; de este modo se utilizó el análisis estadístico de medidas de tendencia central para medir el avance lineal en metros, cantidad total de taladros perforados, cantidad de carga explosiva y labores con voladuras deficientes. Además, para aceptar o rechazar la hipótesis se utilizará la estadística inferencial, previo a la prueba de normalidad de los datos obtenidos. Posteriormente se utilizará la hoja de trabajo de Microsoft Word 2019 para la presentación de los resultados mediante tablas, imágenes, gráficos estadísticos para luego ser interpretado y discutido de acuerdo a los resultados obtenidos comparando con otros estudios, finalmente se redactará las conclusiones y recomendaciones.

3.7.Desarrollo de la tesis

3.7.1. Parámetros del diagrama de perforación

Actualmente en la Mina SOTRAMI S.A. se viene realizando pruebas geomecánicas en las diferentes labores de trabajo para determinar la calidad de roca y el tipo de sostenimiento que se debe de colocar en cada labor. Asimismo, se identifica y se describe la medida del macizo rocoso de tipo II influye para determinar un diagrama de perforación en el By Pass 1450 con una

sección de 2.4 m. x 2.4 m. En la tabla N° 3 se tiene los parámetros para determinar el diseño de malla de perforación y voladura que brinda el área de geomecánica.

Tabla 3

Parámetros del diagrama de p y v del By Pass 1450

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DEL DIAGRAMA DE P Y V		
GSI	67	
RQD	70	
RMR	65	
Densidad de la roca	2.7	T/m3
potencia relativa en peso		
RWS ANFO	1.13	Kg/m3
EMULNOR 5000 1 1/2*12in	1.13	Kg/m3
Peso del cartucho	0.176	Kg/cart.
Longitud de cartucho	0.3048	m
Ancho	2.4	m
Altura	2.4	m
Radio	1.2	m
Taladro de alivio	45	mm
Número de taladros de alivio	5	unid.
Longitud del barreno	6	ft
Desviación angular	0.01	m/m
Error de emboquille	0.02	m/m
Taladro de producción	38	mm

3.8.Cálculos y elaboración del diagrama de perforación y voladura

Determinar el área de By Pass 1450

$$\text{Área (S)} = \left(\frac{\pi * r^2}{2} \right) + \left(r * (A - (2 * r)) \right) + (A * (H - r))$$

$$\text{Área (s)} = 5.14 \text{ m}^2$$

Donde:

$$A = 2.40 \text{ m}$$

$$H = 2.40 \text{ m}$$

$$r = 1.20 \text{ m}$$

$$\pi = 3.1416 \text{ rad.}$$

Determinar el perímetro del By Pass 1450

$$\text{Perímetro } (P) = (\pi * r) + 2(H - r) + 2(A - r)$$

$$\text{Perímetro } (P) = 8.57 \text{ m}$$

Donde:

$$A = 2.40 \text{ m}$$

$$H = 2.40 \text{ m}$$

$$r = 1.20 \text{ m}$$

$$\pi = 3.1416 \text{ rad.}$$

Determinar el diámetro equivalente de los taladros de alivio

$$\phi_2 = \phi_1 * \sqrt{N}$$

$$\phi_{eq} = 0.090 \text{ m}$$

Donde:

$$\phi_1 = 0.045 \text{ m}$$

$$N = 4 \text{ Unidades}$$

Determinar la profundidad del taladro según el diámetro equivalente

$$L_e = 0,15 + 34,1.\phi_{eq} - 39,4.\phi_{eq}^2$$

$$L_e = 2.90 \text{ m}$$

Determinar la profundidad de avance por disparo

$$L = 0.95 * H_{long \text{ efect de barra}}$$

$$L = 1.739 \text{ m}$$

Calculamos error de perforación

$$\psi = \alpha * L + e$$

$$\Psi = 0.037$$

3.9.Cálculos para el diseño de arranque

Determinar el burden equivalente

$$B_{e\ max} = 1.5 * \phi_2$$

Determinar el burden práctico

$$B_p = (B_{e\ max} - \psi - 0.04)$$

$$B_p = 0.063\ m$$

Determinar la distancia de Xa y Xb.

$$X_a = \frac{\phi_2}{2} + B_{practico}$$

$$X_a = X_b + B_{p\ 1}$$

$$X_a = X_b = 0.108\ m$$

Determinar la abertura de arranque

$$A_{h\ 0} = \phi_p + \phi_0 + (2 * B_p)$$

$$A_{h\ 0} = 0.209\ m$$

Donde:

ϕ_0 : Taladro de alivio

ϕ_p : Taladro de producción

Determinar el consumo específico de explosivos

$$CE = \frac{0.56 * \rho r * TAN(\frac{GSI + 15}{2})}{\sqrt[3]{\frac{115 - RQD}{3.3}}}$$

$$C.E = 0.43 \text{ kg/m}^3$$

Determinar la constante de roca

$$C = 0.8784 * C.E. + 0.052$$

$$C = 0.430 \text{ kg/m}^3$$

Determinar el factor de roca para predecir la fragmentación de la roca

$$A_{Froca} = 96.667 * (C.E)^3 - 138.5 * (C.E)^2 + 75.883 * (C.E) - 4.41$$

Determinar el factor de índice de volabilidad de Lilly

$$B.I. = \frac{C.E.}{0.004}$$

$$B.I. = 107.50$$

Determinar el factor de energía

$$FE = 30 * C.E.$$

$$F.E. = 12.90 \text{ MJ/Tn}$$

Determinar la densidad de carga en el arranque

$$q_0 = 55 * \phi_0 * \left(\frac{B_e}{\phi_2}\right)^{1.5} * \left(B_e - \frac{\phi_2}{2}\right) * \left(\frac{C}{0.4}\right) * \frac{1}{RWS_{ANFO}}$$

$$q_0 = 0.460 \text{ kg/m}$$

Determinar la longitud de taco

$$L_{taco} = 10 * \phi_p$$

$$L_{taco} = 0.38 \text{ m}$$

Determinar la longitud de carga en el arranque

$$L_c = L - L_{taco}$$

$$L_c = 1.34 \text{ m}$$

Determinar la cantidad de cartuchos en el arranque

$$N^{\circ} = \frac{L - (0.5 * B_e)}{L_{cartucho}}$$

$$N^{\circ} = 4.16 = 4$$

Determinar la cantidad de masa explosiva utilizado en el arranque

$$Q_e = q_0 * L_{cartucho} * N^{\circ}$$

$$Q_e = 0.56 \text{ kg/taladro}$$

Determinar la predicción de fragmentación

$$X = A_{FROC} * (CE)^{\frac{4}{5}} * (Q_e)^{\frac{1}{6}} * \left(\frac{115}{RWS_{ANFO}}\right)^{\frac{19}{30}}$$

$$X = 10.09 * (0.407)^{\frac{4}{5}} * (3.62)^{\frac{1}{6}} * \left(\frac{115}{113}\right)^{\frac{19}{30}}$$

$$X = 4.81 \text{ cm}$$

El resultado indica que el material roto por la voladura del arranque la fragmentación será en promedio $X = 4.81 \text{ cm}$ de diámetro.

3.10. Cálculos para el primer cuadrante**Determinar el burden máximo en el primer cuadrante**

$$B_{max 1} = 0.088 * \sqrt{\frac{A_{h0} * q_0 * RWS_{ANFO}}{\phi_p * C}}$$

$$B_{max 1} = 0.23 \text{ m}$$

Determinar el burden práctico en el primer cuadrante

$$B_{p1} = (B_{max 1} - \phi) - 0.1$$

$$B_{p1} = 0.09 \text{ m}$$

Determinar la longitud de X c y X d

$$X_c = X_d = \text{sen } 45^\circ \left(\frac{\phi_e}{2} + B_p \right) + B_{p1}$$

$$X_c = X_d = 0.16 \text{ m}$$

Determinar la abertura del primer cuadrante

$$A_{h1} = \sqrt{X_c^2 + X_d^2}$$

$$A_{h1} = 0.235 \text{ m}$$

Determinar la densidad de carga en el primer cuadrante

$$q_1 = \frac{32.3 * \phi_p * C * B_{max1}}{RWS_{ANFO} * \text{sen}(\arctang((\frac{A_{h1}}{2 * B_{max1}}))^{1.5})}$$

$$q_2 = 0.379 \text{ kg/m}$$

Determinar la cantidad de cartuchos en el primer cuadrante

$$N^\circ = \frac{L - (0.5 * B_{max1})}{L_{cartucho}}$$

$$N^\circ = 4.02 = 4 \text{ cartuchos/taladro}$$

Determinar la cantidad de masa explosiva en el primer cuadrante

$$Q_{e2} = q_2 * L_{carga}$$

$$Q_{e2} = 0.507 \text{ kg/tal}$$

Comprobación si requiere más cuadrantes

$$A_{h1} \leq \sqrt{L}$$

$$0.235 \leq 1.318$$

3.11. Cálculos para el segundo cuadrante

Determinar el burden máximo en el segundo cuadrante

$$B_{max\ 2} = 0.088 * \sqrt{\frac{A_{h1} * q_0 * RWS_{ANFO}}{\phi_p * C}}$$

$$B_{max\ 2} = 0.241\text{ m}$$

Determinar el burden práctico en el segundo cuadrante

$$B_{p2} = (B_{max\ 2} - \phi) - 0.1$$

$$B_{p\ 2} = 0.163\text{ m}$$

Determinar la distancia de Xc y Xd

$$X_e = X_f = \frac{A_{h1}}{2} + B_{p2}$$

$$X_c = X_d = 0.281\text{ m}$$

Determinar la abertura en el segundo cuadrante

$$A_{h\ 2} = \sqrt{X_e^2 + X_f^2}$$

$$A_{h\ 2} = 0.397\text{ m}$$

Determinar la densidad de carga en el segundo cuadrante

$$q_2 = \frac{32.3 * \phi_p * C * B_{max\ 2}}{RWS_{ANFO} * \text{sen}(\text{arctang}((\frac{A_{h1}}{2 * B_{max\ 2}})^{1.5}))}$$

$$q_2 = 0.373\text{ kg/m}$$

Determinar la cantidad de cartuchos en el segundo cuadrante

$$N^\circ = \frac{L - (0.5 * B_{max\ 2})}{L_{cartucho}}$$

$$N^\circ = 4\text{ cartuchos/taladro}$$

Determinar la cantidad de masa explosiva en el segundo cuadrante

$$Q_{e2} = q_2 * L_{carga}$$

$$Q_{e2} = 0.499 \text{ kg/tal}$$

Comprobación si requiere más cuadrantes

$$A_{h2} \leq \sqrt{L}$$

$$0.397 \leq 1.318$$

3.12. Cálculos para el tercer cuadrante

Determinar el burden máximo en el tercer cuadrante

$$B_{max3} = 0.088 * \sqrt{\frac{A_{h2} * q_0 * RWS_{ANFO}}{\phi_p * C}}$$

$$B_{max3} = 0.31 \text{ m}$$

Determinar el burden práctico en el tercer cuadrante

$$B_{p3} = (B_{max3} - \phi)$$

$$B_{p3} = 0.248 \text{ m}$$

Determinar la distancia de X g y X h

$$X_g = X_h = \frac{A_{h2}}{2} + B_{p3}$$

$$X_g = X_h = 0.447 \text{ m}$$

Determinar la abertura en el tercer cuadrante

$$A_{h3} = \sqrt{X_g^2 + X_h^2}$$

$$A_{h3} = 0.631 \text{ m}$$

Determinar la densidad de carga en el tercer cuadrante

$$q_3 = \frac{32.3 * \phi_p * C * B_{max3}}{RWS_{ANFO} * \text{sen}(\text{arctang}((\frac{A_{h2}}{2 * B_{max3}})^{1.5}))}$$

$$q_3 = 0.354 \text{ kg/m}$$

Determinar la cantidad de cartuchos en el tercer cuadrante

$$N^\circ = \frac{L - (0.5 * B_{max\ 3})}{L_{cartucho}}$$

$$N^\circ = 3.878 \text{ cartuchos/taladro}$$

Determinar la cantidad de masa explosiva en el tercer cuadrante

$$Q_{e3} = q_3 * L_{carga}$$

$$Q_{e3} = 0.474 \text{ kg/tal}$$

Comprobación si requiere más cuadrantes

$$A_{h3} \leq \sqrt{L}$$

$$0.631 \leq 1.318$$

3.13. Cálculos para el cuarto cuadrante

Determinar el burden máximo en el cuarto cuadrante

$$B_{max\ 4} = 0.088 * \sqrt{\frac{A_{h3} * q_1 * RWS_{ANFO}}{\phi_p * C}}$$

$$B_{max\ 4} = 0.394 \text{ m}$$

Determinar el burden práctico en el cuarto cuadrante

$$B_{p4} = B_{max\ 4} - \varphi$$

$$B_{p4} = 0.357 \text{ m}$$

Determinar la distancia de Xi y Xj

$$X_i = X_j = \frac{A_{h3}}{2} + B_{p4}$$

$$X_i = X_j = 0.673$$

Determinar la abertura del cuarto cuadrante

$$A_{h4} = \sqrt{X_i^2 + X_j^2}$$

$$A_{h4} = 0.95$$

Determinar la densidad de carga en el cuarto cuadrante

$$q_4 = \frac{32.3 * \phi_p * C * B_{max4}}{RWS_{ANFO} * \text{sen}(\text{arctang}((\frac{A_{h3}}{2 * B_{max4}})^{1.5}))}$$

$$q_4 = 0.350 \text{ kg/m}$$

Determinar la cantidad de cartuchos en el cuarto cuadrante

$$N^\circ = \frac{L - (0.5 * B_{max4})}{L_{cartucho}}$$

$$N^\circ = 3.74 = 4 \text{ cartuchos/taladro}$$

Comprobación si requiere más cuadrantes

$$A_{h4} \leq \sqrt{L}$$

$$1.0 \leq 1.31$$

3.14. Cálculos para taladros ayuda de hastiales

Determinar el factor de roca corregido “C”

$$B \leq 0.6 * L$$

$$B \leq 1.0431$$

$$C' = (C + 0.05), \text{ para cuando } B_{ultimo \ cuadrante} > 1.4 \text{ m}$$

$$C' = (C + 0.07/B), \text{ para cuando } B_{ultimo \ cuadrante} < 1.4 \text{ m}$$

$$C' = 0.48 \text{ Kg/m}^3$$

Determinar el burden máximo de ayuda de hastiales

$$B_{max\ ay\ hast} = 0.90 * \sqrt{\frac{q_0 * RWS_{ANFO}}{C * f * S/B}}$$

$$B_{max\ ay\ hast} = 0.621\ m$$

Determinar el burden práctico en función a la sección de la labor

$$B_p\ ay\ hast = \frac{A_{tunel} - A_{h3}}{4}$$

$$B_p\ ay\ hast = 0.362\ m$$

Determinar la cantidad de taladros para ayuda de hastiales

$$N^{\circ}\ tal\ ay\ hast = \left(\frac{A_{tunel} - A_{h3}}{\frac{S}{B}} \right) + 2$$

$$N^{\circ}\ tal\ ay\ hast = 3.16 = 3\ taladros$$

Determinar el espaciamiento en ayuda de hastiales

$$S_{ay\ hast} = \frac{A_{h3}}{N^{\circ}\ tal\ ay\ hast - 2}$$

$$S_{ay\ hast} = 0.952\ m$$

Determinar la abertura de ayuda de hastiales

$$A_h\ ay\ hast = A_{h3} + (2B_p\ ay\ hast * S_{ay\ hast})$$

$$A_h\ ay\ hast = 1.64\ m$$

Determinar la cantidad de cartuchos en la ayuda de hastiales

$$N^{\circ} = \frac{L - (0.5 * B_{max\ ay\ hast})}{L_{cartucho}}$$

$$N^{\circ} = 4.69 = 5\ cartuchos/taladro$$

3.15. Cálculos para taladros en ayuda de corona

$$H_{Disp\ Tj\ (\downarrow)} = 0.64 * (H_{tunel} - A_{h\ ultimo\ cuadrante})$$

$$H_{Disp\ Tj\ (\downarrow)} = 0.93\ m$$

Donde:

$$A_{h\ ultimo\ cuadrante} = A_{h\ 4}$$

Determinar el burden máximo para ayuda de corona

$$B_{max\ ay\ corona} = 0.90 * \sqrt{\frac{q_0 * RWS_{ANFO}}{C * f * S/B}}$$

$$B_{max\ ay\ corona} = 0.68\ m$$

Determinar el burden práctico para ayuda de corona

$$B_{p\ ay\ corona} = 0.51 * H_{Disp\ tj\ (\downarrow)}$$

$$B_{p\ ay\ corona} = 0.47\ m$$

Determinar la distancia del segmento de ayuda de corona

$$L_{segm\ ay\ corona} = 0.653 * A_{Tunel}$$

$$L_{segm\ ay\ corona} = 1.57\ m$$

Determinar el espaciamiento para ayuda de corona

$$S_{ay\ corona} = 0.333 * L_{Segm\ ay\ corona}$$

$$S_{ay\ corona} = 0.52\ m$$

Determinar la cantidad de taladros para ayuda de corona

$$N_{tal\ ay\ corona} = \frac{L_{Segm\ ay\ corona}}{S/B}$$

$$N_{tal\ ay\ corona} = 3.245\ taladros$$

Determinar la abertura de ayuda de corona

$$A_{h\ Ay.\ corona} = L_{Segm\ ay\ corona}$$

$$A_{h\ Ay.\ corona} = 1.57\ m$$

Determinar la cantidad de cartuchos en la ayuda de corona

$$N^{\circ} = \frac{L - (0.5 * B_{max \text{ ay cor}})}{L_{cartucho}}$$

$$N^{\circ} = 4.463 \text{ cartuchos/taladro}$$

3.16. Cálculos para taladros ayuda de arrastre

$$H_{Disp Tj (\downarrow)} = 0.36 * (H_{tunel} - A_{h \text{ ultimo cuadrante}})$$

$$H_{Disp Tj (\downarrow)} = 0.64 \text{ m}$$

Determinar el burden máximo para ayuda de arrastre

$$B_{max \text{ ay arr}} = 0.90 * \sqrt{\frac{q_0 * RWS_{ANFO}}{C * f * S/B}}$$

$$B_{max \text{ ay arr}} = 0.62 \text{ m}$$

Determinar el burden práctico para ayuda de arrastre

$$B_{p \text{ ay arr}} = \frac{H_{Disp tj}}{2}$$

$$B_{p \text{ ay arr}} = 0.318$$

Determinar la longitud de segmento para ayuda de arrastre

$$L_{segm \text{ ay arrastre}} = 0.72 * A_{Tunel}$$

$$L_{segm \text{ ay arrastre}} = 1.72 \text{ m}$$

Determinar el espaciamiento para ayuda de arrastre

$$S_{ay \text{ arr}} = 0.333 * L_{segm \text{ ay arr}}$$

$$S_{ay \text{ arr}} = 0.576 \text{ m}$$

Determinar la cantidad de taladros para ayuda de arrastre

$$N^{\circ}_{tal \text{ ay arr}} = \left(\frac{L_{seg \text{ ay arr}}}{\frac{S}{B}} \right) + 2$$

$$N^{\circ}_{tal\ ay\ arr} = 3.38\ taladros$$

Determinar la abertura de ayuda de arrastre

$$A_{h\ Ay\ arr} = L_{Segm\ ay\ arr}$$

$$A_{h\ Ay\ arr} = 1.73\ m$$

Determinar la cantidad de cartuchos en la ayuda de arrastre

$$N^{\circ} = \frac{L - (0.5 * B_{max\ ay\ arr})}{L_{cartucho}}$$

$$N^{\circ} = 4.685\ cartuchos/taladro$$

3.17. Cálculos para taladros de hastiales

Determinar el burden máximo de hastiales

$$B_{Max\ hast} = 0.90 * \sqrt{\frac{q_0 * RWS_{ANFO}}{C * f * S/B}}$$

$$B_{Max\ hast} = 0.621\ m$$

Determinar el burden práctico de hastiales

$$B_{p\ hastial} = \frac{0.275 * A_{tunel}}{2}$$

$$B_{p\ hastial} = 0.331\ m$$

Determinar la altura disponible para la ubicación de taladros de hastiales

$$H_{Disp\ hatial} = H_{tunel} - r$$

$$H_{Disp\ hatial} = 1.2\ m$$

Determinar el espaciamiento de los hastiales

$$S_{Tal\ hast} = 0.3345 * H_{Dis\ tal\ hast}$$

$$S_{Tal\ hast} = 0.144\ m$$

Determinar la cantidad de taladros para los hastiales

$$N^{\circ}_{tal\ hast} = \left(\frac{H_{Disp\ hast}}{\frac{S}{B}} \right) + 2$$

$$N^{\circ}_{tal\ hast} = 2.96\ taladros$$

Determinar la abertura de los hastiales

$$A_{h\ hastiales} = H_{disp\ hastiales}$$

$$A_{h\ hastiales} = 1.2\ m$$

Determinar la cantidad de cartuchos de explosivo en los hastiales

$$N^{\circ} = \frac{L - (0.5 * B_{max\ hast})}{L_{cartucho}}$$

$$N^{\circ} = 4.685\ cartuchos/taladro$$

3.18. Cálculos para taladros de corona

Determinar el espaciamiento de la corona

$$S_{corona} = K * \phi_p$$

$$S_{corona} = 0.57\ m$$

Determinar el burden máximo de la corona

$$B_{max\ corona} = \frac{S}{0.80}$$

$$B_{max\ corona} = 0.713\ m$$

Determinar el burden práctico de la corona

$$B_{pract\ corona} = B_{max\ corona} - L * \sen \gamma - \varphi$$

$$B_{pract\ corona} = 0.61\ m$$

Determinar la cantidad de taladros para la corona

$$N^{\circ}_{tal\ corona} = \left(\frac{A_{tunel}}{B_{max\ corona} * \frac{S}{B}} \right) + 2$$

$$N^{\circ}_{tal\ corona} = 6.21\ taladros$$

Determinar el espaciamiento de la corona

$$S_{Tal\ corona} = \frac{A_{Tunel} + 2 * L * \text{sen}(\gamma)}{N^{\circ}_{tal\ corona} - 1}$$

$$S_{Tal\ corona} = 0.504\ m$$

Determinar la abertura de la corona

$$A_{h\ corona} = A_{tunel}$$

$$A_{h\ corona} = 2.4\ m$$

Determinar la cantidad de cartuchos de explosivo en la corona

$$N^{\circ} = \frac{L - (0.5 * B_{max\ corona})}{L_{cartucho}}$$

$$N^{\circ} = 4.534\ cartuchos/taladro$$

3.19. Cálculos para taladros de arrastre

Para realizar los cálculos de taladros de arrastre se debe de considerar los siguientes datos de factor de fijación y relación de burden y espaciamiento.

$$F = 1.45$$

$$B/S = 1$$

Determinar el burden máximo en el arrastre

$$B_{Max\ Arrastre} = 0.90 * \sqrt{\frac{q_0 * RWS_{ANFO}}{C * f * S/B}}$$

$$B_{Max\ Arrastre} = 0.78\ m$$

Determinar el burden práctico en el arrastre

$$B_p\ arrastre = B_{max\ arrastre} - L * \text{sen } \gamma - \varphi$$

$$B_p\ arrastre = 0.65\ m$$

Determinar la cantidad de taladros en arrastre

$$N^{\circ}_{tal\ arrastre} = \left(\frac{A_{tunel} + 2L * \text{sen}(\gamma)}{B_{\max\ arrastre} * \frac{S}{B}} \right) + 2$$

$$N^{\circ}_{tal\ arrastre} = 5.32\ taladros$$

Determinar el espaciamiento de arrastre (centrales)

$$S_{tal\ arrastre} = \left(\frac{A_{tunel} + 2L * \text{sen}(\gamma)}{N_{Tal\ arrastre} - 1} \right)$$

$$S_{tal\ arrastre} = 0.60\ m$$

Determinar el espaciamiento de arrastre (esquinas)

$$S_{tal\ arrast\ esquinas} = 0.97 - (A_{Tunel} * \text{sen}(\gamma))$$

$$S_{tal\ arrast\ esquinas} = 0.844\ m$$

Determinar la abertura de arrastre

$$A_{h\ arrastre} = A_{tunel}$$

$$A_{h\ arrastre} = 2.4\ m$$

Determinar la cantidad de cartuchos de explosivo en el arrastre

$$N^{\circ} = \frac{L - (0.5 * B_{\max\ arrastre})}{L_{cartucho}}$$

$$N^{\circ} = 4.43\ cartuchos/taladro$$

CAPITULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.Diagrama de perforación y voladura

Actualmente existen diversas teorías empíricas y modelos matemáticos para realizar un diagrama de perforación y voladura en minería subterránea y superficial, el uso del modelo matemático de Roger Holmberg incluye para los cálculos características geomecánicas de RMR, GSI, RQD, la resistencia a la compresión y tensión.

Los resultados son datos ejecutados en el By Pass 1450 de sección 2.40 m x 2.40 m de la Mina SOTRAMI S.A. utilizando el algoritmo de Roger Holmberg para calcular los parámetros del diagrama de perforación y comparar el avance lineal por disparo con el diagrama de perforación anterior y ejecutado.

4.1.1. Resumen de los cálculos del diagrama de perforación del By Pass 1450

En la tabla N° 4 y N° 5 se detalla los resultados logrados para el diseño del nuevo diagrama de perforación y voladura del By Pass 1450 de sección 2.4 m x 2.4 m con un total 49

taladros perforados donde; 44 taladros son cargados, 5 taladros de alivio y un taladro rimado, así mismo se detalla los respectivos medidas de burden y espaciamiento en los taladros de arranque, ayuda, hastiales, arrastres y coronas (Figura N°14). Este nuevo diagrama de perforación se implementa como estándar de trabajo para su ejecución del By Pass 1450.

Tabla 4

Resumen de cálculos del diagrama de perforación del By Pass 1450

	Distribución de taladros				Cartucho por taladro	
	Burden practic o	espaciamient o	N° de taladro s	N° cartuchos/t al	Emulnor 5000	Total
Alivio			5	0	0	
Arranque	0.06	0.21	4	5	20	20
1° Cuadrante	0.09	0.24	4	4	16	16
2° Cuadrante	0.16	0.40	4	4	16	16
3° Cuadrante	0.25	0.63	4	4	16	16
4° Cuadrante	0.36	0.95	4	4	16	16
Ayuda De Hastiales	0.36	0.95	4	4	16	16
Ayudas De Corona	0.47	0.52	2	4	8	8
Ayuda De Arrastre	0.32	0.58	4	4	16	16
Hastiales	0.33	0.40	4	4	16	16
Corona	0.61	0.50	5	4	20	20
Arrastre	0.65	0.60	5	4	20	20
Total de cartuchos por disparo					180	180
Total de explosivos por disparo (kg)					31.69	31.69

Tabla 5

Total de taladros perforados y cargados del By Pass 1450

Taladros Perforados	49
Taladros cargados	44
Taladros de alivio	5
Taladros rimados	1

perforación anterior con sus respectivas medidas de burden y espaciamiento desde los taladros de arranque hasta los taladros de arrastre y corona.

Tabla 6

Resumen de cálculos del diagrama de perforación anterior

Distribución de taladros	N° de taladros	N° de Cartuchos/Taladro	Emulnor 5000	Total de cartuchos
Alivio	4	0	0	0
Rompe boca	1	5	5	5
Arranque	4	5	20	20
1° Cuadrante	4	4	16	16
2° Cuadrante	4	4	16	16
3° Cuadrante	4	4	16	16
4° Cuadrante	4	4	16	16
Ayuda De Hastiales	4	4	16	16
Ayudas De Corona	7	4	28	28
Ayuda De Arrastre	4	4	16	16
Hastiales	4	4	16	16
Corona	6	4	24	24
Arrastre	6	5	30	30
Total	57		219	219

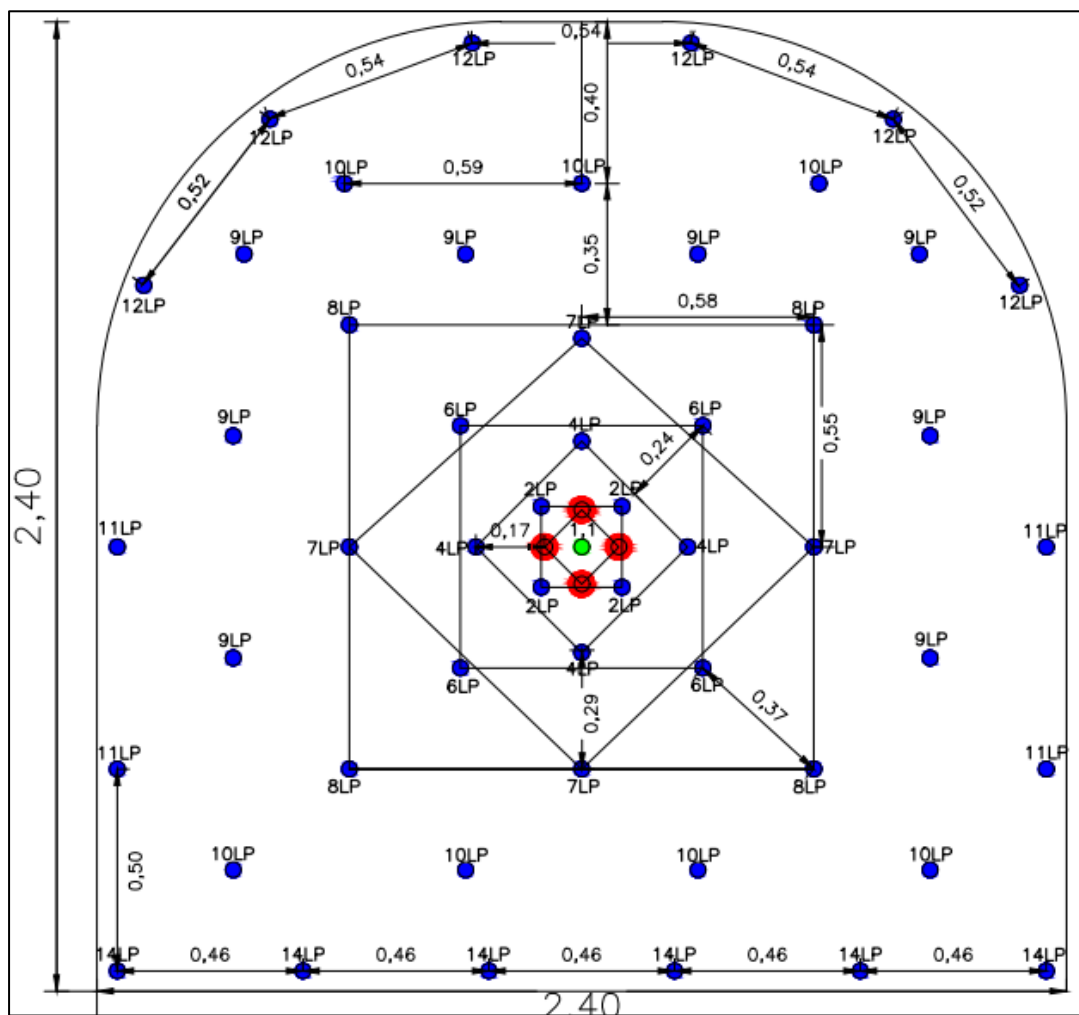
Tabla 7

Total de taladros perforados y cargados del By Pass 1450

Taladros Perforados	56
Taladros cargados	52
Taladros de alivio	4
Taladros rimados	0

Figura 19

Diagrama de perforación del By Pass 1450 anterior ($61 < \text{RMR} < 80$)



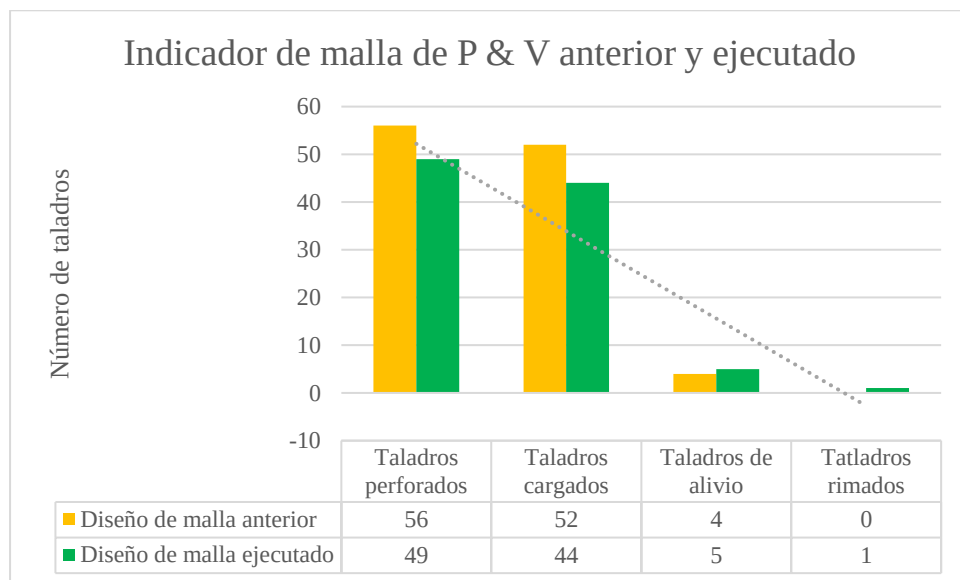
Nota. En la figura se presenta el diagrama de perforación anterior de sección 2.40 m x 2.40 m

4.3.Comparación del diagrama de perforación del By Pass 1450 anterior y ejecutado

En la Figura N° 16 se muestra el indicador anterior y propuesto del diagrama de perforación del By Pass 1450 donde se reduce el número de taladros perforados de 56 taladros a 49 taladros y de 52 taladros cargados a 44 taladros cargados.

Figura 20

Indicador de malla de perforación del By Pass 1450 anterior y ejecutado

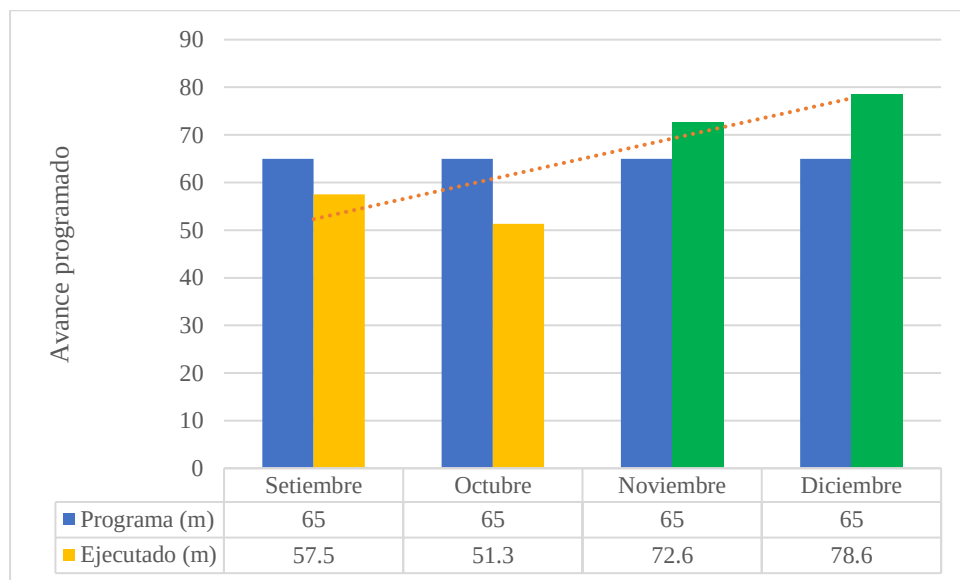


4.4.Comparación de mejora de avance lineal del By Pass 1450 anterior y ejecutado

En la figura N° 17 se muestra el indicador mensual de avance lineal del By Pass 1450 donde en los meses de setiembre y octubre se ejecutó en total 57.5 m y 51.3 m respectivamente con el diagrama de perforación anterior incumpléndose el programan mensual de avance. Sin embargo, con el nuevo diseño de malla de perforación en los meses de noviembre y diciembre se tuvo un avance de 72.6 m y 78.6 m lográndose cumplir con el programa mensual de 65 m.

Figura 21

Indicador de mejora de avance lineal del By Pass 1450



4.5.Distribución de carga explosiva en el By Pass 1450 anterior y ejecutado

4.5.1. Distribución de carga explosiva en el By Pass 1450 anterior

En la tabla N° 8 se detalla la distribución anterior de la cantidad de carga de explosivos en el By Pass 1450 desde el arranque hasta los taladros de hastiales, arrastre y corona llegando a un peso total de 38.556 kg.

Tabla 8

Resumen de distribución de carga explosiva anterior en el By Pass 1450

Distribución de taladros	N° de taladros	N° de cartuchos/taladro	Emulnor 5000	total	kg / cartucho	Peso total(kg)
Alivio	4	0	0	0	0.000	0.000
Rompe boca	1	5	5	5	0.176	0.880
Arranque	4	5	20	20	0.176	3.521
1° Cuadrante	4	4	16	16	0.176	2.817
2° Cuadrante	4	4	16	16	0.176	2.817
3° Cuadrante	4	4	16	16	0.176	2.817
4° Cuadrante	4	4	16	16	0.176	2.817
Ayuda De Hastiales	4	4	16	16	0.176	2.817
Ayudas De Corona	7	4	28	28	0.176	4.930
Ayuda De Arrastre	4	4	16	16	0.176	2.817

Hastiales	4	4	16	16	0.176	2.817
Corona	6	4	24	24	0.176	4.225
Arrastre	6	5	30	30	0.176	5.282
Total	56		219	219		38.556

4.5.2. Distribución anterior de detonadores no eléctricos en el By Pass 1450

En la tabla N° 9 se detalla la distribución anterior de detonadores no eléctricos (fanel) en el By Pass 1450 de sección 2.40 m x 2.40 m desde los taladros de arranque hasta los taladros de arrastre, hastiales y corona llegándose a utilizar un total de 53 faneles, cordón detonante 12 m, carmex 2 unidades y mecha rápida de 0.1 m.

Tabla 9

Distribución anterior de faneles en el By Pass 1450

Distribución de detonadores no eléctricos															
N° Retardo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Alivio															
Rompe boca	2														
Arranque		4													
1° Cuadrante				4											
2° Cuadrante						4									
3° Cuadrante							4								
4° Cuadrante								4							
Ayuda de hastiales									4						
Ayudas de corona									4	3					
Ayuda de arrastre										4					
Hastiales											4				
Corona												6			
Arrastre														6	
Total, de faneles (unid)										53					
Cordón detonante (m)										12					
Carmex (unid)										2					
Mecha Rápida (m)										0.1					

4.5.3. Indicadores de avance en el By Pass 1450 con la carga explosiva anterior

En la tabla N° 10 se detalla los indicadores de avance anterior del By Pass 1450 donde se obtuvo una eficiencia de avance de 86% llegando a un avance lineal por disparo de 1.49 m con un factor de carga de 5.02 kg/m³.

Tabla 10

Indicador de avance con la distribución de carga anterior en el By Pass 1450

Indicadores de avance del By Pass 1450		
Total, de explosivos	kg	38.56
Longitud de perforación	m	1.74
Longitud de avance	m/disparo	1.49
Eficiencia de avance	%	86
área	m ²	5.14
Peso específico t/m ³	t/m ³	2.7
Factor de carga lineal	kg/m-lineal	25.81
Factor de carga	kg/m ³	5.02
Factor de potencia	kg/tn	1.86

4.5.4. Distribución de carga explosiva en el By Pass 1450 ejecutado

En la tabla N° 11 se detalla la distribución de carga explosiva en el By Pass 1450 utilizado con el nuevo diagrama de perforación desde el arranque hasta los taladros de arrastre, hastiales y corona llegando a un peso total de 31.690 kg de carga explosiva.

Tabla 11

Resumen de distribución de carga explosiva en el By Pass 1450 ejecutado

Distribución de taladros	N° de taladros	N° de cartuchos/taladro	Emulnor 5000	total	kg / cartucho	Peso total(kg)
Alivio	5	0	0	0	0.000	0.000
Arranque	4	5	20	20	0.176	3.521
1° Cuadrante	4	4	16	16	0.176	2.817
2° Cuadrante	4	4	16	16	0.176	2.817
3° Cuadrante	4	4	16	16	0.176	2.817
4° Cuadrante	4	4	16	16	0.176	2.817

Ayuda de hastiales	4	4	16	16	0.176	2.817
Ayudas de corona	2	4	8	8	0.176	1.408
Ayuda de arrastre	4	4	16	16	0.176	2.817
Hastiales	4	4	16	16	0.176	2.817
Corona	5	4	20	20	0.176	3.521
Arrastre	5	4	20	20	0.176	3.521
Total	49		180	180		31.690

4.5.5. Distribución de detonadores no eléctricos ejecutado en el By Pass 1450

En la tabla N° 12 se detalla la distribución de detonadores no eléctricos ejecutado en el By Pass 1450 de sección 2.40 m x 2.40 m a partir del arranque hasta los taladros de arrastre, hastiales y corona llegándose a utilizar un total de 44 faneles, cordón detonante 9 m, carmex 2 unidades y mecha rápida de 0.1 m.

Tabla 12

Distribución de faneles en el By Pass 1450 ejecutado

Distribución de detonadores no eléctricos															
N° retardo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Alivio															
Arranque	2	2													
1° Cuadrante			2	2											
2° Cuadrante					2	2									
3° Cuadrante							4								
4° Cuadrante								4							
Ayuda de hastiales									4						
Ayudas de corona										2					
Ayuda de arrastre										2	2				
Hastiales												4			
Corona													5		
Arrastre														3	2
Total, de faneles (unid)										44					
Cordón detonante (m)										9					
Carmex (unid)										2					
Mecha rápida (m)										0.1					

4.5.6. Indicadores de avance en el By Pass 1450 con la carga explosiva ejecutado

En la tabla N° 13 se detalla los indicadores de avance lineal del By Pass 1450 ejecutado donde se obtuvo una eficiencia de avance de 94% llegando a un avance lineal por disparo de 1.63 m con un factor de carga de 3.78 kg/m³.

Tabla 13

Indicadores de avance en el By Pass 1450 con la distribución de carga explosiva ejecutado

Indicadores de avance del By Pass 1450		
Total, de explosivos	kg	31.69
Longitud de perforación	m	1.74
Longitud de avance	m	1.63
Eficiencia de avance	%	94
Área	m ²	5.14
Peso específico t/m ³	t/m ³	2.7
Factor de carga lineal	kg/m-lineal	19.40
Factor de carga	kg/m ³	3.78
Factor de potencia	kg/tn	1.40

4.6. Resumen y comparación de indicadores del By Pass 1450 anterior y ejecutado

En la tabla N° 14 se muestra la comparación de indicadores del By Pass 1450 donde se obtuvo con el diagrama de perforación anterior una eficiencia de avance de un 86% con un consumo total de carga explosiva de 38.56 kg y un factor de carga de 5.02 kg/m³. Sin embargo, con la malla de perforación ejecutado se tuvo una eficiencia de avance de 94% con un consumo total de carga explosiva de 31.69 kg y factor de carga de 3.78 kg/m³.

Tabla 14

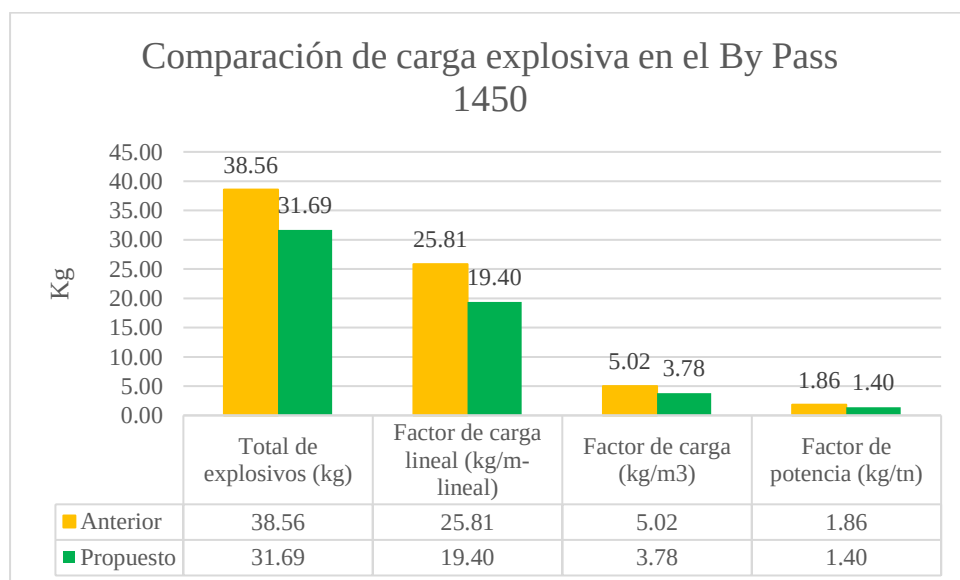
Comparación de indicadores del By Pass 1450

Indicadores	Unidades	Anterior	Ejecutado
Total, de explosivos	kg	38.56	31.69
Longitud de perforación	m	1.74	1.74
Longitud de avance	m	1.49	1.63

Eficiencia de avance	%	86.00	94.00
Área	m ²	5.14	5.14
Peso específico t/m ³	t/m ³	2.70	2.70
Factor de carga lineal	kg/m-lineal	25.81	19.40
Factor de carga	kg/m ³	5.02	3.78
Factor de potencia	kg/tn	1.86	1.40

Figura 22

Comparación de indicadores de carga explosiva en el By Pass 1450 anterior y ejecutado



4.7.Comparación de factor de carga del By Pass 1450 anterior y ejecutado

En la tabla N° 15 se tiene una comparación de factor de carga donde se tuvo con la malla de perforación anterior un total de 5.02 kg/m³ y con la malla de perforación ejecutado un total de 3.78 kg/m³ disminuyendo en total un factor de carga de 1.25 kg/m³.

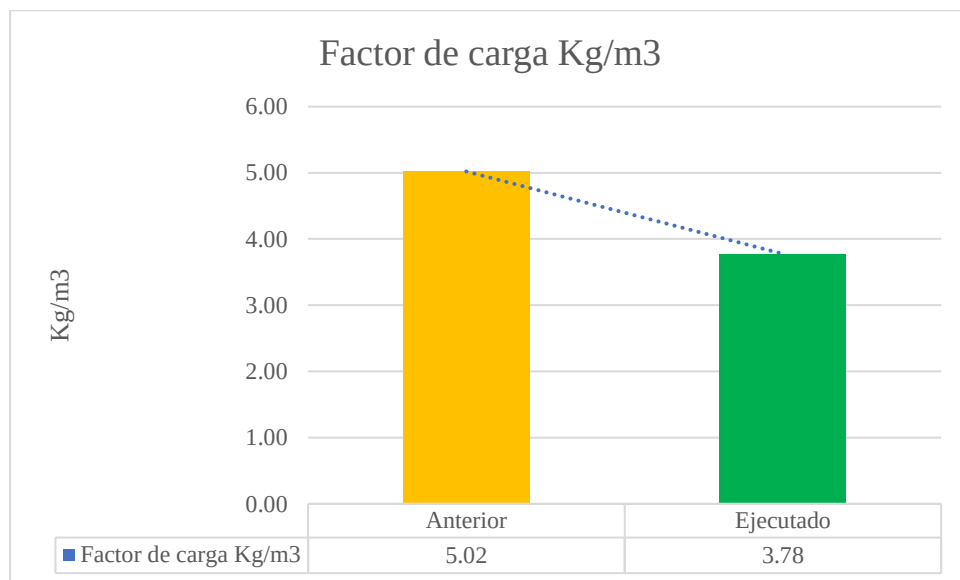
Tabla 15

Comparación de factor de carga anterior y ejecutado

Indicadores	Unidades	Anterior	Ejecutado	Disminución % optimización
Factor de carga	Kg/m ³	5.02	3.78	24.7%

Figura 23

Comparación de factor de carga en el By Pass 1450

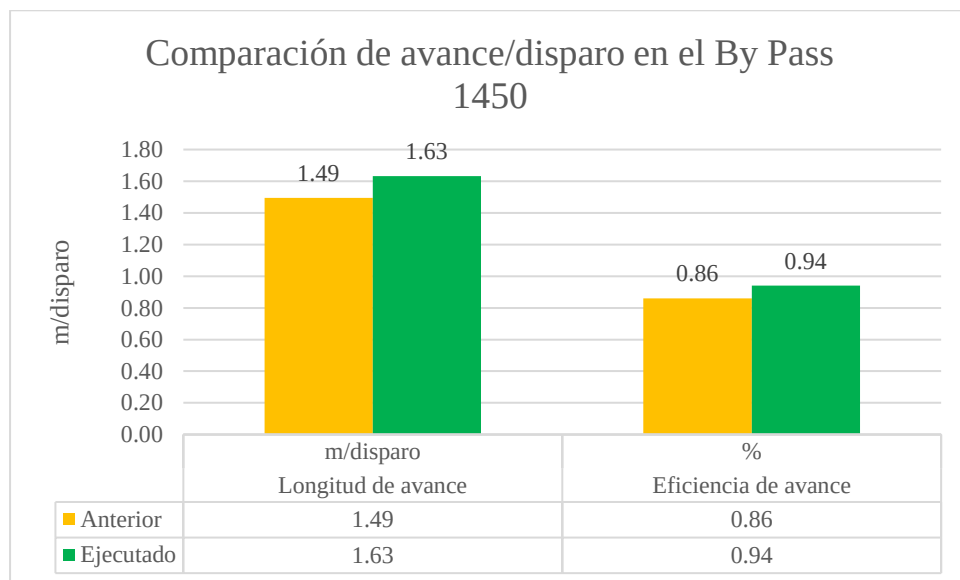


4.8.Comparación de avance del By Pass 1450 con la distribución de carga explosiva anterior y ejecutado

En la figura N°20 se muestra la comparación de avance en el By Pass 1450 donde se tiene con la distribución de carga explosiva anterior una eficiencia de avance de 86% con una longitud de avance por disparo de 1.49 m. Sin embargo, con la distribución de carga explosiva ejecutado se obtiene una eficiencia de avance de 94% aumentando la longitud de avance a 1.63 m/disparo.

Figura 24

Comparación de avance por disparo en el By Pass 1450



4.9. Análisis de sobre rotura en el By Pass 1450 antes y después de la implementación de la malla de perforación

En la tabla N° 16 se observa los datos adquiridos del By Pass 1450 después de la voladura. Donde se obtuvo con la malla de perforación anterior de los 17 disparos de muestras en los meses setiembre y octubre solo 3 disparos tienen 9.17%, 7.63% y 9.79% de porcentaje de sobre rotura que están dentro del rango permitido. Sin embargo, con la malla de perforación ejecutado en los meses de noviembre y diciembre todos los disparos que se realizaron están dentro del rango permisible de porcentaje de sobre rotura (10%).

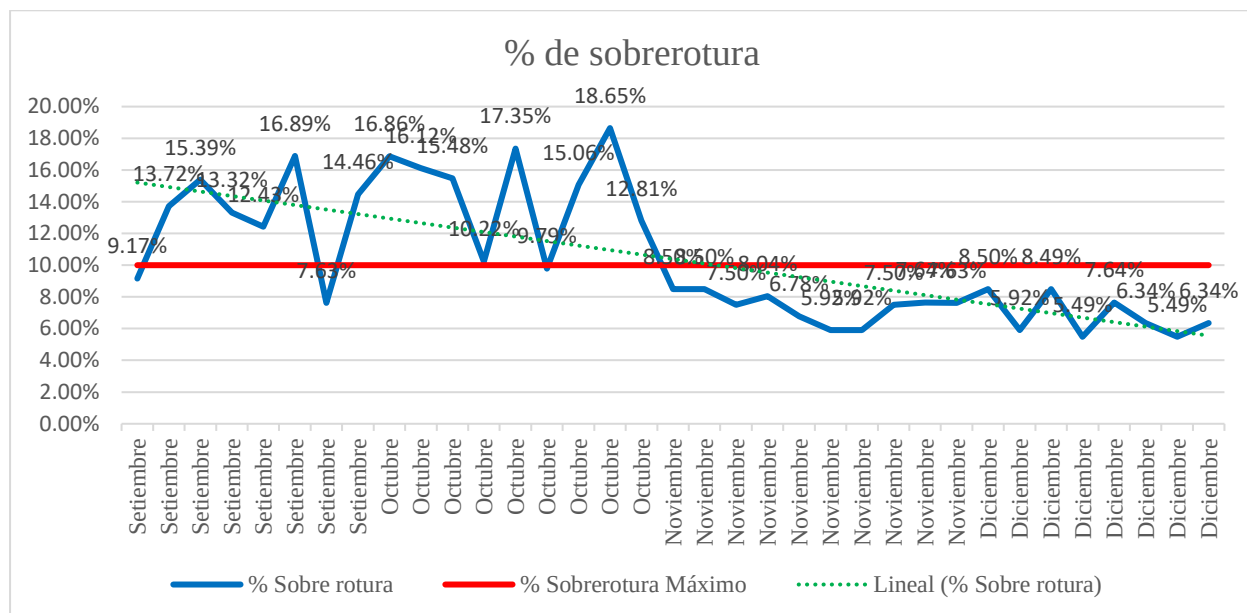
Tabla 16*Datos de sobre rotura den By Pass 1450*

Fecha	Turno	Labor	Ancho	Alto	Avance acumulado	Ancho promedio	Alto promedio	% Sobre rotura	Promedio sobre rotura
03/09/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.5	2.4	2.62	9.17%	12.87%
06/09/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.48	2.5	2.62	13.72%	
09/09/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.49	2.48	2.68	15.39%	
12/09/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.52	2.53	2.58	13.32%	
15/09/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.42	2.51	2.58	12.43%	
18/09/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.62	2.56	2.63	16.89%	
21/09/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.48	2.46	2.52	7.63%	
24/09/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.5	2.46	2.68	14.46%	
03/10/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.48	2.54	2.65	16.86%	14.70%
06/10/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.51	2.73	2.45	16.12%	
09/10/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.46	2.51	2.65	15.48%	
12/10/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.48	2.56	2.48	10.22%	
15/10/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.52	2.58	2.62	17.35%	
18/10/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.6	2.48	2.55	9.79%	
21/10/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.47	2.63	2.52	15.06%	
24/10/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.49	2.55	2.68	18.65%	
27/10/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.48	2.62	2.48	12.81%	7.39%
02/11/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.52	2.48	2.52	8.50%	
05/11/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.62	2.48	2.52	8.50%	

08/11/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.6	2.4	2.58	7.50%	
11/11/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.62	2.45	2.54	8.04%	
14/11/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.68	2.48	2.48	6.78%	
17/11/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.63	2.46	2.48	5.92%	
20/11/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.66	2.48	2.46	5.92%	
23/11/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.63	2.4	2.58	7.50%	
26/11/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.58	2.5	2.48	7.64%	
29/11/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.67	2.46	2.52	7.63%	
02/12/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.6	2.48	2.52	8.50%	
05/12/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.65	2.46	2.48	5.92%	
08/12/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.63	2.47	2.53	8.49%	
11/12/23	Noche	By Pass 1450	2.4	2.4	1.63	2.46	2.47	5.49%	
14/12/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.66	2.5	2.48	7.64%	6.78%
17/12/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.62	2.46	2.49	6.34%	
20/12/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.64	2.45	2.48	5.49%	
23/12/23	Dia	By Pass 1450	2.4	2.4	1.63	2.46	2.49	6.34%	

Figura 25

Indicador mensual de sobre rotura del By Pass 1450

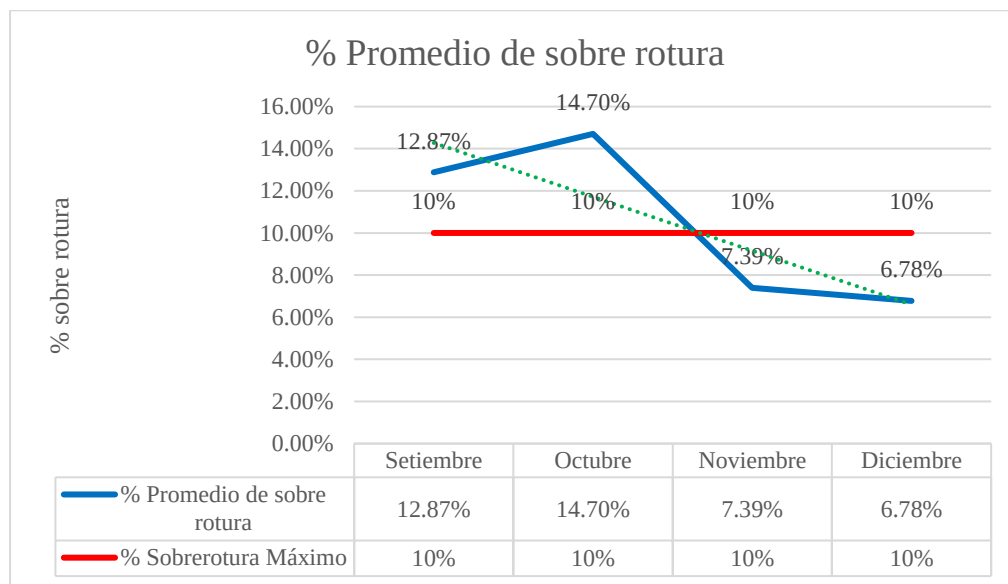


4.10. Análisis mensual de sobre rotura en el By Pass 1450

En la figura N° 22 se detalla el porcentaje promedio mensual de sobre rotura que se obtuvo con el diagrama de perforación anterior en los meses de setiembre y octubre un total de 12.87% y 14.70 % respectivamente y con la nueva malla de perforación ejecutado en los meses de noviembre y diciembre se obtiene un porcentaje de sobre rotura máximo de 7.39% y 6.78% respectivamente que están dentro del rango permisible de sobre rotura.

Figura 26

Promedio mensual de sobre rotura del By Pass 1450



4.11. Estructura de costos unitarios del By Pass 1450 anterior y ejecutado

4.11.1. Estructura de costos unitarios del By Pass 1450 anterior

En la tabla N° 17 se tiene una estructura de costos del By Pass 1450 con el diagrama de perforación anterior con sección de 2.40 m x 2.40 m y un total de US\$/m 313.15.

Tabla 17

Estructura de costos unitarios anterior

Partida	A.1.7.2	CRUCERO - 2.4 x 2.4 - GRAD. $\pm$ 0.5 % - JACK LEG			Unidad	m	Rendimiento		
	Detalle	P, V, L con Pala y Acarreo pulso (hasta 100 m.). Servicios (15.0 m. del tope), incluye collera			Tipo	Laboreo Minero	Cuadrilla		6.25
	Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Incidencia	P. U. \$	P. Parcial	Sub Total	Total (US\$) /Und.
1. Mano de Obra									114.93
	MAES2	Perforista	1.00	Tarea	1.00	55.16	55.16	34.51	
	A. M3	Ayudante Perforista	2.00	Tarea	1.00	48.55	97.10	60.75	
	SUPE1	Residente	0.00	Tarea	0.00	189.62	0.00	0.00	
	SUPE4	Ingeniero de Guardia	1.00	Tarea	0.13	134.51	16.81	10.52	
	TECN1	Capataz	1.00	Tarea	0.13	68.39	8.55	5.35	
	TECN3	Mecánico de perforadoras	0.00	Tarea	0.13	55.16	0.00	0.00	
	A. M7	Bodeguero	1.00	Tarea	0.13	48.55	6.07	3.80	

2. Materiales								71.24
Acer7	Barra Conica 78766112-11 G.11°, 108 X 22 X 4	219.02	PP	1.00	0.07	15.33	9.59	
Acer8	Barra Conica 78766118-11 G.11°, 108 X 22 X 6	107.88	PP	1.00	0.09	9.71	6.07	
Acer29	Brocas Descart. 77764438-B45 38mm. 11°	326.90	PP	1.00	0.08	26.15	16.36	
Acer26	Broca Rimadora 64mm 2 1/2" Gdo 6.5°	28.50	PP	1.00	0.35	9.98	6.24	
Acer31	Barra Piloto 79226120-11 G. 6.5° 108 X 22mm 6'	28.50	PP	1.00	0.22	6.27	3.92	
Lubr2	Aceite Shell Torcula 100	0.30	GLN	1.00	18.14	5.44	3.40	
Herr75	Manguera Jebe Y Lona 1" 300 Psi	30.00	MTS	1.00	0.07	2.10	1.31	
Herr76	Manguera Jebe Y Lona 1/2" 300 Psi	30.00	MTS	1.00	0.04	1.20	0.75	
Herr81	Cadena De 1/4	1.50	MTS	1.00	0.03	0.05	0.03	
Herr82	Abrazadera Regulable 1" 1/2 C/2 Pernos	1.00	PZA	1.00	0.02	0.02	0.01	
3. EPP								9.90
EPP1	Perforista	1.00	Tarea	1.00	4.88	4.88	3.05	
EPP7	Ayudante perforista	2.00	Tarea	1.00	4.88	9.76	6.11	
EPP21	Residente	0.00	Tarea	0.00	3.37	0.00	0.00	
EPP20	Ingeniero de Guardia	1.00	Tarea	0.13	3.37	0.42	0.26	
EPP13	Capataz	1.00	Tarea	0.13	3.21	0.40	0.25	
EPP14	Mecánico de perforadoras	0.00	Tarea	0.13	3.53	0.00	0.00	
EPP15	Bodeguero	1.00	Tarea	0.13	2.94	0.37	0.23	
4. HERRAMIENTAS								5.28
Her1	Perf. Y Vol. Jack Leg	1.00	Tarea	1.00	8.44	8.44	5.28	
5. MAQUINARIA Y EQUIPO								27.89
Equi1	Perforadora Jack Leg Seco S250 + Mantto	326.90	PP	1.00	0.13	42.50	26.59	
Equi24	Motosierra Electrica	0.50	TAREA	1.00	4.17	2.09	1.30	
SUBTOTAL								229.24
Factor Distancia Vertical		0%						0.00
TOTAL, COSTO DIRECTO								229.24
UTILIDAD		15%						34.39
GASTOS GENERALES		22%						49.53
COSTO UNITARIO				US\$/m		313.15		

4.11.2. Estructura de costos unitarios del By Pass 1450 ejecutado

En la tabla N° 18 se tiene una estructura de costos del By Pass 1450 con el diagrama de perforación ejecutado con sección de 2.40 m x 2.40 m y un total de US\$/m 303.38.

Tabla 18

Estructura de costos unitarios propuesto

Partida	A.1.7.0	CRUCERO - 2.4 x 2.4 - GRAD. ± 1 % - JACK LEG			Unidad	m	Rendimiento		1.60
	Detalle	P, V, L con Pala y Acarreo pulso (hasta 100 m.). Servicios (15.0 m. del tope), incluye collera			Tipo	Laborero Minero	Cuadrilla		6.25
	Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Inciden- cia	P. U. \$	P. Parcial	Sub Total	Total (US\$/Un- d.
1. Mano de Obra									114.93
	MAES 2	Perforista	1.00	Tarea	1.00	55.16	55.16	34.51	
	A. M3	Ayudante Perforista	2.00	Tarea	1.00	48.55	97.10	60.75	
	SUPE1	Residente	0.00	Tarea	0.00	189.62	0.00	0.00	
	SUPE4	Ingeniero de Guardia	1.00	Tarea	0.13	134.51	16.81	10.52	
	TECN1	Capataz	1.00	Tarea	0.13	68.39	8.55	5.35	
	TECN3	Mecánico de perforadoras	0.00	Tarea	0.13	55.16	0.00	0.00	
	A. M7	Bodeguero	1.00	Tarea	0.13	48.55	6.07	3.80	
2. Materiales									67.33
	Acer7	Barra Conica 78766112-11 G.11°, 108 X 22 X 4	192.29	PP	1.00	0.07	13.46	8.42	
	Acer8	Barra Conica 78766118-11 G.11°, 108 X 22 X 6	94.71	PP	1.00	0.09	8.52	5.33	
	Acer29	Brocas Descart. 77764438-B45 38mm. 11°	287.00	PP	1.00	0.08	22.96	14.36	
	Acer26	Broca Rimadora 64mm 2 1/2" Gdo 6.5°	28.50	PP	1.00	0.35	9.98	6.24	
	Acer31	Barra Piloto 79226120-11 G. 6.5° 108 X 22mm 6'	28.50	PP	1.00	0.22	6.27	3.92	
	Lubr2	Aceite Shell Torcula 100	0.30	GLN	1.00	18.14	5.44	3.40	
	Herr75	Manguera Jebe Y Lona 1" 300 Psi	30.00	MTS	1.00	0.07	2.10	1.31	
	Herr76	Manguera Jebe Y Lona 1/2" 300 Psi	30.00	MTS	1.00	0.04	1.20	0.75	
	Herr81	Cadena De 1/4	1.50	MTS	1.00	0.03	0.05	0.03	
	Herr82	Abrazadera Regulable 1" 1/2 C/2 Pernos	1.00	PZA	1.00	0.02	0.02	0.01	

3. EPP								9.90
EPP1	Perforista	1.00	Tarea	1.00	4.88	4.88	3.05	
EPP7	Ayudante perforista	2.00	Tarea	1.00	4.88	9.76	6.11	
EPP21	Residente	0.00	Tarea	0.00	3.37	0.00	0.00	
EPP20	Ingeniero de Guardia	1.00	Tarea	0.13	3.37	0.42	0.26	
EPP13	Capataz	1.00	Tarea	0.13	3.21	0.40	0.25	
EPP14	Mecánico de perforadoras	0.00	Tarea	0.13	3.53	0.00	0.00	
EPP15	Bodeguero	1.00	Tarea	0.13	2.94	0.37	0.23	
4. HERRAMIENTAS								5.28
Her1	Perf. Y Vol. Jack Leg	1.00	Tarea	1.00	8.44	8.44	5.28	
5. MAQUINARIA Y EQUIPO								24.65
Equi1	Perforadora Jack Leg Seco S250 + Mantto	287.00	PP	1.00	0.13	37.31	23.34	
Equi24	Motosierra Electrica	0.50	TAREA A	1.00	4.17	2.09	1.30	
SUBTOTAL								222.09
Factor Distancia Vertical		0%						0.00
TOTAL, COSTO DIRECTO								222.09
UTILIDAD		15%						33.31
GASTOS GENERALES		22%						47.98
				COSTO UNITARIO	US\$/m	303.38		

4.12. Análisis de costos del diagrama de perforación anterior y ejecutado del By Pass 1450 programado por mes de avance

En la tabla N° 19 y N°20 se tiene el costo de programado mensual de setiembre y octubre con el diagrama de perforación anterior con un total de US\$/m 20354.75 sin embargo no se logra cumplir debido al incumplimiento de programa mensual de avance. Mientras que en los meses de noviembre y diciembre con la nueva malla de perforación se tiene programado un costo total mensual de US\$/m 19719.7 lográndose el cumplimiento con el programa mensual de avance.

Tabla 19*Costo de malla de perforación del By Pass 1450 anterior*

Costo de malla de perforación anterior - setiembre 2023				
Labor	Programa (m)	Ejecutado (m)	Costo (US\$/m)	Costo programado (US\$/m)
By Pass 1450	65	57.5	313.15	20354.75
Costo total				20354.75

Tabla 20*Costo de malla de perforación del By Pass 1450 anterior*

Costo de malla de perforación anterior - octubre 2023				
Labor	Programa (m)	Ejecutado (m)	Costo (US\$/m)	Costo programado (US\$/m)
By Pass 1450	65	51.3	313.15	20354.75
Costo total				20354.75

Tabla 21*Costo de malla de perforación de By Pass 1450 ejecutado*

Costo de malla de perforación ejecutado - noviembre 2023				
Labor	Programa (m)	Ejecutado (m)	Costo (US\$/m)	Costo programado (US\$/m)
By Pass 1450	65	72.6	303.38	19719.7
Costo total				19719.7

Tabla 22*Costo de malla de perforación del By Pass 1450 ejecutado*

Costo de malla de perforación ejecutado - diciembre 2023				
Labor	Programa (m)	Ejecutado (m)	Costo (US\$/m)	Costo programado (US\$/m)
By Pass 1450	65	78.6	303.38	19719.7

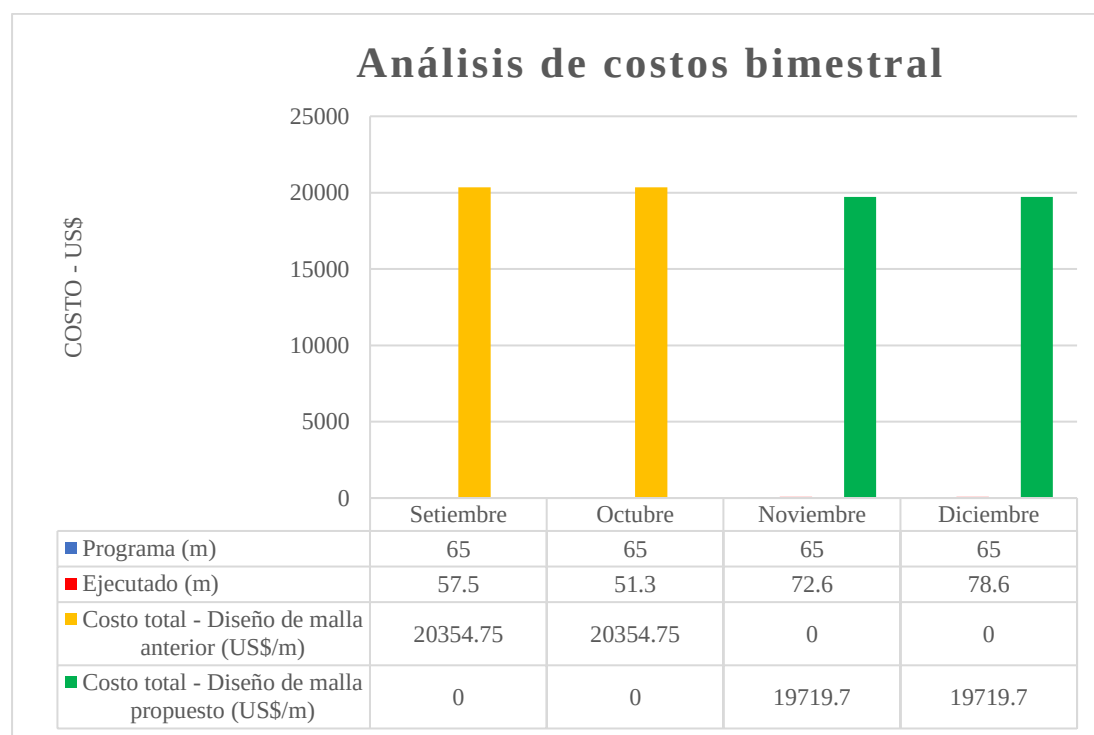
Costo total
19719.7

4.12.1. Análisis de reducción de costos de malla de perforación del By Pass 1450 por mes programado de avance

En la Figura N° 23 se tiene el análisis de costo bimestral donde en los meses de setiembre y octubre se tiene programado un costo de US\$/m 20354.75 sin embargo no se logra cumplir debido al incumplimiento del programa mensual de avance. Mientras que en los meses de noviembre y diciembre se tiene programado un costo de US\$/m 19719.7 lográndose cumplir el avance mensual programado.

Figura 27

Índice de reducción de costos bimestral del By Pass 1450



4.13. Reducción de costos comparativos del By Pass 1450 por mes programado de avance

En la tabla N° 23 se muestra el análisis de reducción de costo bimestral donde en los meses de setiembre y octubre se tiene un costo promedio de US\$/m 20354.75 y en los meses de noviembre y diciembre se tiene un costo de US\$/m 19719.7 reduciéndose el costo en un 3.12%.

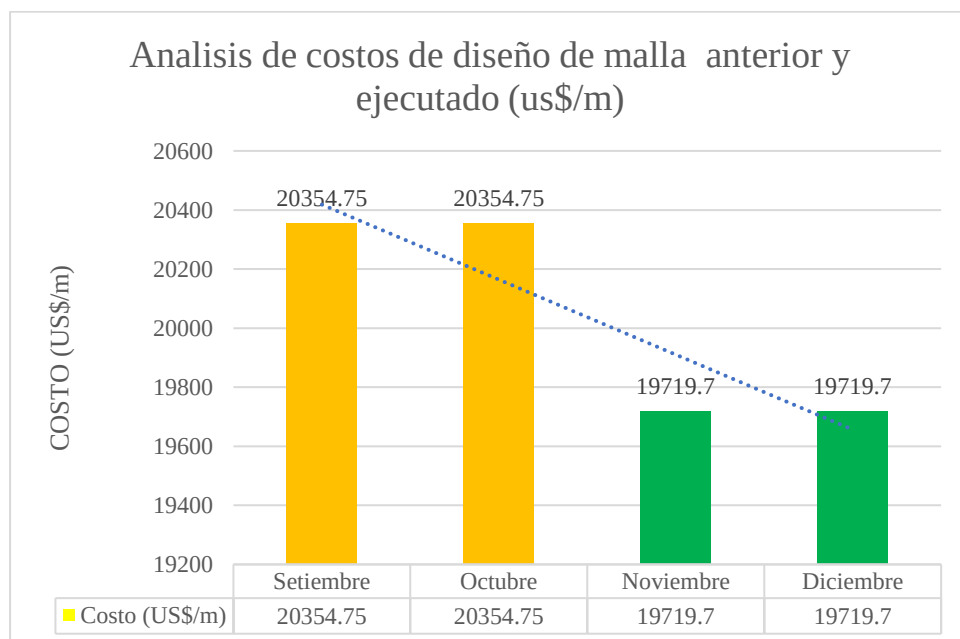
Tabla 23

Reducción de costos bimestral del By Pass 1450

Reducción de costos bimestral del By Pass 1450				
Mes	setiembre	octubre	noviembre	diciembre
Costo (US\$/m)	20354.75	20354.75	19719.7	19719.7
Costo promedio (US\$/m)	20354.75		19719.7	
Reducción de costos en %			3.12%	

Figura 28

Reducción de costos comparativos del By Pass 1450



4.14. Comprobación de la hipótesis

Las hipótesis planteadas representan las mejoras el avance lineal del By Pass 1450 a través de la implementación del diagrama de perforación y voladura. para la aceptación o rechazo de la hipótesis planteada, se verificará la normalidad de los grupos para muestra independientes.

Tabla 24

Resultado de la prueba de Shapiro-Wilks para determinar el tipo de distribución que presentan las variables de estudio

Variable	n	Media	D.E.	W*	P (Unilateral D)
Carga Explosiva pre tes	9	38.56	1.66	0.85	<0.0001
Carga Explosiva pos tes	9	31.69	3.01	0.54	<0.0001
Sobre rotura pre tes	3	14.12	0.83	0.83	<0.0001
Sobre rotura pos tes	3	7.39	1.22	0.88	0.0177
Costos pre tes	24	20354.75	0.13	0.82	<0.0001
Costos pos tes	24	19719.7	17.87	0.84	<0.0001
Avance Lineal pre test	24	1.43	11.20	0.86	0.0030
Avance lineal pos tes	24	1.69	11.20	0.86	0.0030

H0: Los datos tienen distribución normal

Hi: Los datos no tienen distribución normal

Los resultados determinan que se rechaza la hipótesis nula (H0: la variable tiene distribución normal) para aceptar la hipótesis alterna (Hi: la variable no tiene distribución normal) en todas las variables.

Tabla 25

Estadísticos descriptivos de las mejoras el avance lineal del By Pass 1450 a través de la implementación del diagrama de perforación y voladura

Implementación del diagrama de perforación y voladura	Estadísticos	Carga Explosiva	Sobre rotura	Costos	Avance lineal
Pre tes	n	9	6,00	6,00	6,00
	Media	38,30	14.12	20354.75	1.43
	D.E.	0,09	0,09	0,09	0,09
	Mín	28,20	12,40	13,70	1,53
	Máx	38,56	15,60	20354.75	1,33
	Mediana	32.69	14,50	20354.75	1,40
Pos tes	n	9,00	3,00	3,00	6,00
	Media	31,69	7.39	19719.70	1.69
	D.E.	0,15	0,15	0,10	0,10
	Mín	27,00	6,20	19719.70	1,89
	Máx	32,30	9,50	19719.70	1,43
	Mediana	30,20	7,20	19719.70	1,62

Tabla 26

Prueba de Kruskal Wallis de la variable Carga explosiva

Variable	Implementación del diagrama de perforación y voladura	N	Medias	Medianas	H	p
Carga Explosiva	Estándar	6	38,56	38,3	12,8	0,005
Carga Explosiva	Propuesta	3	31.69	36,2		

Trat,	Ranks	
Carga Explosiva pre	86%	A
Carga Explosiva pos	94%	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

H0: La carga explosiva en las pre- tes y las pos- tes tienen igual efecto con respecto a la implementación del diagrama de perforación y voladura

Hi: La carga explosiva en las pre- tes y las pos- tes no tienen igual efecto con respecto a la implementación del diagrama de perforación y voladura

Como el valor de p valor es, $<0,05$ se rechaza la hipótesis nula (H_0 : La carga explosiva en las pre- tes y las pos- tes tienen igual efecto con respecto a la implementación del diagrama de perforación y voladura) y se acepta la hipótesis alterna (H_i : La carga explosiva en las pre- tes y las pos- tes no tienen igual efecto con respecto a la implementación del diagrama de perforación y voladura)

Tabla 27

Prueba de Kruskal Wallis de la variable Sobre rotura

Variable	Implementación del diagrama de perforación y voladura	N	Medias	Medianas	H	p
Sobre rotura	Estándar	9	14.12	14.50	10,8	0,005
Sobre rotura	Propuesta	6	7.39	7.20		

Trat,	Ranks	
Sobre rotura pre	3	A
Sobre rotura pos	1	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

H_0 : La Sobre rotura en las pre- tes y las pos- tes tienen igual efecto con respecto a la implementación del diagrama de perforación y voladura

H_i : La Sobre rotura en las pre- tes y las pos- tes no tienen igual efecto con respecto a la implementación del diagrama de perforación y voladura

Como el valor de p valor es, $<0,05$ se rechaza la hipótesis nula (H_0 : La Sobre rotura en las pre- tes y las pos- tes tienen igual efecto con respecto a la implementación del diagrama de

perforación y voladura) y se acepta la hipótesis alterna (H_i : La Sobre rotura en las pre- tes y las pos- tes no tienen igual efecto con respecto a la implementación del diagrama de perforación y voladura)

Tabla 28

Prueba de Kruskal Wallis de la variable Costos

Variable	Implementación del diagrama de perforación y voladura	N	Medias	Medianas	H	p
Costos	Estándar	9	19719.70	19719.70	14,2	0,005
Costos	Propuesta	6	20354.75	20354.75		

Trat,	Ranks	
Costos pre	100%	A
Costos pos	96.88%	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

H_0 : Los Costos en las pre- tes y las pos- tes tienen igual efecto con respecto a la implementación del diagrama de perforación y voladura

H_i : Los Costos en las pre- tes y las pos- tes no tienen igual efecto con respecto a la implementación del diagrama de perforación y voladura

Como el valor de p valor es, $<0,05$ se rechaza la hipótesis nula (H_0 : Los Costos en las pre- tes y las pos- tes tienen igual efecto con respecto a la implementación del diagrama de perforación y voladura) y se acepta la hipótesis alterna (H_i : Los Costos en las pre- tes y las pos- tes no tienen igual efecto con respecto a la implementación del diagrama de perforación y voladura)

Tabla 29

Prueba de Kruskal Wallis de la variable Avance lineal

Variable	Implementación del diagrama de perforación y voladura	N	Medias	Medianas	H	p
Avance lineal	Estándar	9	1.43	1.40	11.7	0,005
Avance lineal	Propuesta	6	1.69	1.62		

Trat,	Ranks	
Avance lineal pre	82%	A
Avance lineal pos	100%	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

H0: La Avance lineal en las pre- tes y las pos- tes tienen igual efecto con respecto a la implementación del diagrama de perforación y voladura

Hi: La Avance lineal en las pre- tes y las pos- tes no tienen igual efecto con respecto a la implementación del diagrama de perforación y voladura

Como el valor de p valor es, $<0,05$ se rechaza la hipótesis nula (H0: La Avance lineal en las pre- tes y las pos- tes tienen igual efecto con respecto a la implementación del diagrama de perforación y voladura) y se acepta la hipótesis alterna (Hi: La Avance lineal en las pre- tes y las pos- tes no tienen igual efecto con respecto a la implementación del diagrama de perforación y voladura)

4.15. Discusión de resultados

1. El estudio realizado por Music (2007) en la Mina Reservas Norte de División El Teniente de Codelco Chile presenta resultados significativos en la optimización de las tronaduras en desarrollo horizontal. Se destaca una reducción del 10% en el número de perforaciones por disparo, lo que indica una mejora en la eficiencia del proceso. Además, se registró

una disminución del 24% al 6% en la sobre excavación, lo que implica una mejor extracción de material. La reducción en los tiempos de trabajo y los costos directos de perforación y tronadura refleja una mayor eficiencia operativa y posiblemente una mejora en la rentabilidad de la operación minera. Estos resultados sugieren que las modificaciones implementadas en el proceso de tronaduras han tenido un impacto positivo en varios aspectos clave de la operación minera, incluyendo la eficiencia, la seguridad y los costos.

2. La investigación realizada por Sánchez (2012) en el Proyecto Minero El Inca en Ecuador se enfocó en optimizar los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa. Los resultados muestran que, al reducir el número de taladros, se logró disminuir el tiempo de operaciones, lo que indica una optimización en los procesos. Además, se observó una mejora en la eficiencia de la voladura en términos de avances lineales. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar aspectos geomecánicos en el diseño de mallas de perforación y voladura para mejorar la eficiencia y la seguridad en las operaciones mineras.
3. El estudio realizado por Uyaguari (2018) en el Proyecto Minero El Inca en Ecuador presenta un enfoque geomecánico para diseñar mallas de perforación y voladura. Los resultados muestran que al considerar las características físicas y mecánicas del macizo rocoso, se logra optimizar el consumo de explosivo y mejorar la eficiencia de la voladura. Esta metodología proporciona una aproximación más precisa y personalizada al diseño de mallas de perforación y voladura, lo que puede resultar en una mayor eficiencia operativa y una reducción de costos.

4. El estudio realizado por Mejía (2019) en la Sociedad Minera Oro Sol Uno en Ecuador tuvo como objetivo optimizar el sistema de perforación y voladura subterránea. Los resultados muestran una mejora significativa en la eficiencia operativa con el nuevo diseño de malla de perforación. Se observa una reducción en el número de taladros perforados y cargados, lo que indica una optimización en la utilización de recursos. Además, se logró cumplir con el programa mensual de avance, lo que sugiere una mejora en la gestión de recursos y una posible reducción en los costos operativos.
5. La investigación realizada por Choque (2017) en CIA Minera ARES S.A.C. buscó diseñar un nuevo diagrama de perforación y voladura para mejorar el avance lineal del By Pass 1450. Los resultados muestran una reducción en el número de taladros perforados y cargados, lo que indica una optimización en la utilización de recursos. A pesar de una disminución inicial en el avance lineal, con el nuevo diseño de malla de perforación se logró un aumento significativo en el avance. Además, se observa una reducción en los costos programados mensuales, lo que sugiere una mejora en la eficiencia y la gestión de recursos.

En conclusión, los estudios presentados resaltan la importancia de la optimización de los procesos de perforación y voladura en la industria minera para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos. La implementación de nuevos diseños de malla de perforación puede ser crucial para alcanzar los objetivos de producción establecidos y mejorar la gestión de recursos en las operaciones mineras.

CONCLUSIONES

1. Con respecto al diseño de malla de perforación, la optimización del diseño de la malla de perforación y voladura en el By Pass 1450 ha demostrado ser altamente efectiva, ya que ha permitido reducir significativamente tanto el número de taladros perforados como el número de taladros cargados. La reducción de taladros perforados de 56 a 49 y de taladros cargados de 52 a 44 representa una mejora considerable en la eficiencia operativa y en la utilización de recursos. Este resultado sugiere que el nuevo diseño de la malla ha logrado maximizar la eficacia de la voladura, permitiendo una distribución más uniforme de la carga explosiva y una fragmentación más efectiva de la roca. La disminución en el número de taladros también podría tener beneficios adicionales, como una reducción en los costos operativos y una disminución en el tiempo total de perforación y voladura.
2. Con respecto a la mejora del avance lineal, con el diseño de malla de perforación anterior, el avance lineal del By Pass 1450 en los meses de setiembre y octubre fue de 57.5 m y 51.3 m respectivamente. Esto resultó en un incumplimiento del programa mensual de avance, lo que sugiere que el diseño anterior no era óptimo para alcanzar los objetivos de producción establecidos. Por otro lado, con el nuevo diseño de malla de perforación, el avance lineal del By Pass 1450 en los meses de noviembre y diciembre aumentó significativamente, alcanzando los 72.6 m y 78.6 m respectivamente. Estos valores superaron el programa mensual de avance establecido en 65 m, lo que indica una mejora notable en la eficiencia y productividad de las operaciones.
3. Basado en los resultados de sobre rotura, con la malla de perforación anterior, se observa que, de los 17 disparos de muestras realizados en los meses de setiembre y octubre, solo 3 de ellos (9.17%, 7.63% y 9.79%) se encuentran dentro del rango permitido de porcentaje de

sobre rotura, con un promedio de 12.87% 14.70% en los meses mencionados. Esto indica que la mayoría de los disparos experimentaron sobre rotura, lo que puede resultar en una fragmentación excesiva y una distribución irregular de los fragmentos de roca. Por otro lado, con la implementación de la malla de perforación ejecutada, se observa una mejora significativa en la incidencia de sobre rotura. En los meses de noviembre y diciembre, todos los disparos realizados están dentro del rango permisible de porcentaje de sobre rotura con un promedio mensual de 7.39% y 6.78% respectivamente, lo que indica una reducción sustancial en la fragmentación excesiva y un mejor control en la distribución de los fragmentos de roca.

4. Con respecto a la evaluación de costos, se tiene que, con el diseño de malla de perforación anterior, el costo programado mensual para los meses de setiembre y octubre fue de US\$/m 20354.75. Sin embargo, debido al incumplimiento del programa mensual de avance, estos costos no se tradujeron en una productividad satisfactoria, lo que podría haber resultado en una menor eficiencia y mayores costos operativos no planificados. Por otro lado, con la nueva malla de perforación ejecutada, el costo programado mensual para los meses de noviembre y diciembre se redujo a US\$/m 19719.7. A pesar de este menor costo, se logró cumplir con el programa mensual de avance, lo que indica una mejora significativa en la eficiencia y la gestión de los recursos, y posiblemente una reducción en los costos operativos no planificados asociados con el incumplimiento de los programas de producción.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere seguir explorando y refinando el diseño de la malla de perforación para seguir maximizando la eficacia de la voladura y optimizando el uso de recursos. Es importante continuar evaluando y ajustando el número de taladros perforados y cargados para garantizar una distribución uniforme de la carga explosiva y una fragmentación efectiva de la roca. Además, se debe considerar realizar análisis de costos y beneficios a largo plazo para evaluar completamente el impacto económico del diseño de malla de perforación.
2. Se recomienda seguir monitoreando de cerca el avance lineal y realizar ajustes en el diseño de la malla de perforación según sea necesario para mantener una productividad óptima. Es importante seguir implementando prácticas de planificación y ejecución eficientes para garantizar que se alcancen y superen los objetivos de avance mensual de manera consistente. Además, se deben realizar evaluaciones periódicas para identificar áreas de mejora continua y maximizar la eficiencia operativa.
3. Se recomienda continuar utilizando el nuevo diseño de malla de perforación para controlar y minimizar la incidencia de sobre rotura durante las voladuras. Es crucial mantener un monitoreo regular de los resultados de sobre rotura y realizar ajustes en el diseño de la malla según sea necesario para garantizar una fragmentación adecuada de la roca y una distribución uniforme de los fragmentos. Además, se debe capacitar al personal en prácticas seguras de perforación y voladura para evitar incidentes relacionados con sobre rotura.

4. Se sugiere continuar evaluando y comparando los costos asociados con diferentes diseños de malla de perforación para identificar oportunidades adicionales de reducción de costos y optimización de recursos. Es importante realizar un análisis detallado de los costos operativos, incluidos los costos indirectos asociados con el incumplimiento de los programas de producción, para comprender completamente el impacto financiero de los cambios en el diseño de la malla de perforación. Además, se deben implementar prácticas de gestión de costos efectivas para garantizar una asignación eficiente de recursos y maximizar la rentabilidad del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado Villanueva, I. (2019). *Diseño de malla de perforación para optimización del proceso operativo de perforación y voladura en la zona Chino II de la Compañía Minera Caraveli SAC 2015*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo].
https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3317/T033_70143813_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Araya Arrio, O. (2018). *Evaluación de la metodología Roger Holmberg para el diseño de túneles mineros*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Andrés Bello]
<https://core.ac.uk/download/pdf/288906479.pdf>
- Bernaola et al. (2013). *Perforación y voladura de rocas en minería subterránea*. [Manual, Universidad Politécnica de Madrid].
https://oa.upm.es/21848/8/20131007_PERFORACION_Y_VOLADURA.pdf
- Choque Velarde, E. (2017). *Diseño de perforación y voladura por el método Roger Holmberg para reducir las incidencias de voladuras deficientes en la CIA Minera Ares S.A.C. - U.O. Arcata*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/4654/Choque_Velarde_Emer-son.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- EXSA, S. (2019). *Manual práctico de voladura*.
<https://fliphtml5.com/hqjn/rypz/basic>
- Huacho Torres, M. (2018). *Diseño de mallas de perforación y voladura para mejorar avances en Nv. 12 Veta Oroya - Compañía Minera Casapalca S.A.* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú].

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5050/T010_70427151_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

López, Pedro Luis. (2004). *Población muestra y muestreo*.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012&lng=es&tlng=es.

López et al. (2001). Manual de perforación y voladura de rocas. [Manual, Instituto Geológico y Minero de España]

<https://www.geologiaviva.info/wp-content/uploads/2021/07/Manual-de-Perforacion-y-Voladura-de-Rocas.pdf>

Mejía Salazar, K. (2019). *Optimización del proceso de perforación y voladura subterránea para la Sociedad Minera Oro Sol Uno*. [Tesis de grado, Universidad del Azuay].

<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8932/1/14580.pdf>

Music Garrido, A. (2007). *Diagnóstico y optimización de disparos en desarrollo horizontal, Mina el Teniente. 2007* [Tesis de grado, Universidad De Chile].

https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104674/music_a.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Romani Carhuamaca, R. (2018). *Diseño de mallas de perforación y voladura para optimizar avances y sobre rotura Nv.1225 - Mina Andaychagua - VCM S.A.A.* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú].

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5133/T010_44621425_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sahuinco Cuti, E. (2019). *Diseño de perforación y voladura en minería convencional para minimizar los costos en el frente de labores de desarrollo Compañía Minera Yanaquihua S.A.C.* [Tesis de grado, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa].

<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/befedc4d-0e10-42cc-bc48-75039d28e4d4/content>

Sánchez Villareal, Y. (2012). *Optimización en los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa en la Mina Bethzabeth*. [Tesis de grado, Universidad Central de Ecuador].
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/217>

Uyaguari Guachizaca, W. (2018). *Diseño de malla de perforación y voladura basado en clasificaciones geomecánicas para optimizar el consumo de sustancias explosivo en las galerías del nivel 2 1/2 del proyecto minero El Inca*. [Tesis de grado, Universidad Técnica Particular de Loja].
<https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/22126/1/Uyaguari%20Guachizaca%2c%20Wilson%20Anibal.pdf>

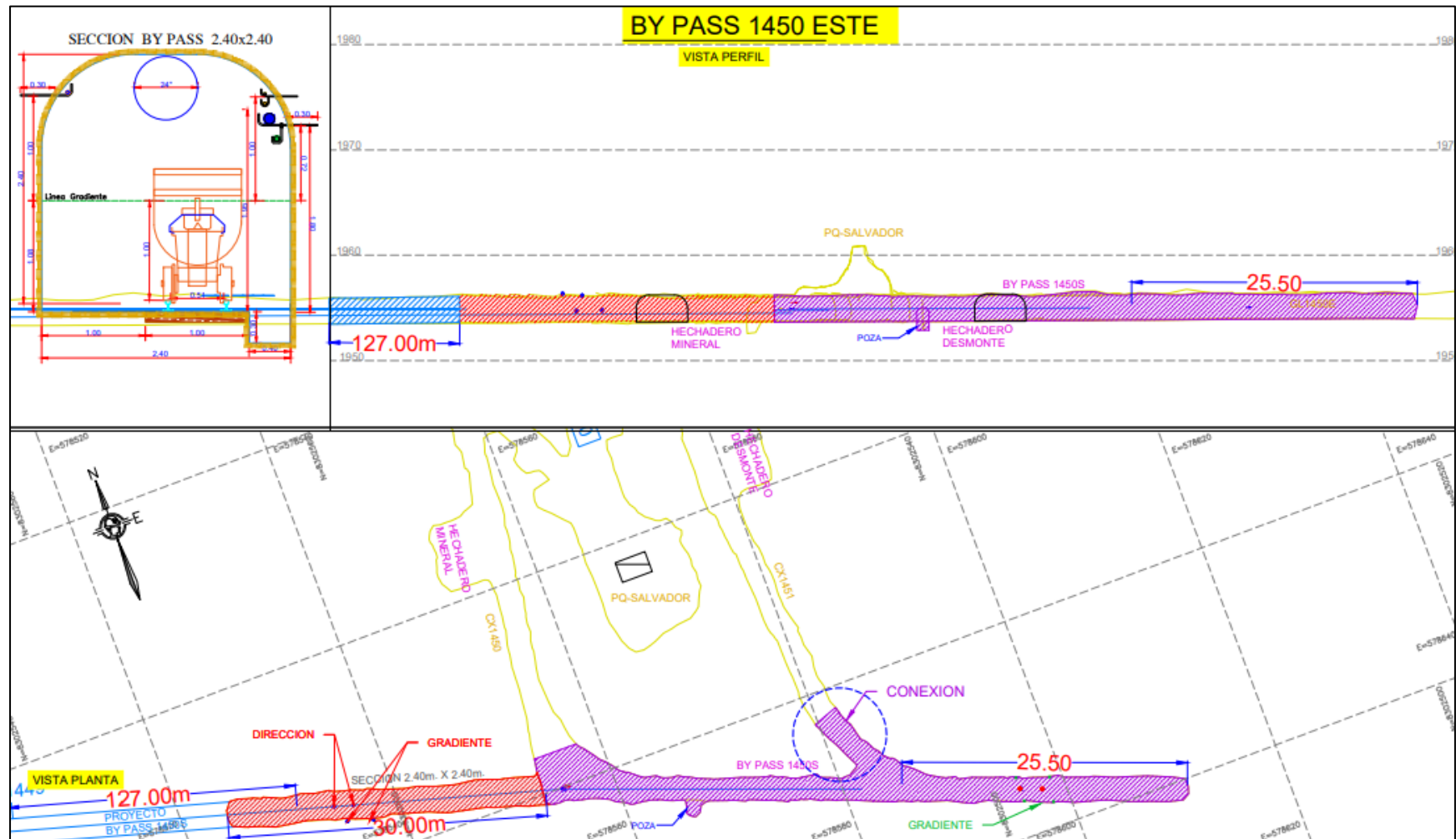
Ventura León, J. (2017). *¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria*.
<https://www.scielo.org/article/rcsp/2017.v43n4/643-644/>

ANEXO

Figura 29

Matriz de consistencia

"IMPLEMENTACIÓN DEL DIAGRAMA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA MEJORAR EL AVANCE LINEAL DEL BY PASS 1450 EN LA EMPRESA MINERA SOTRAMI S.A. "					
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Metodología	Poblacion y Muestra
¿Cuál es el diagrama de perforacion y voladura, para mejorar el avance lineal del By Pass 1450 de la Empresa Minera SOTRAMI S.A. ?	Diseñar el nuevo diagrama de perforacion y voladura para mejorar el avance lineal del By Pass 1450 de la Empresa Minera SOTRAMI S.A	El nuevo diseño del diagrama de perforacion y voladura mejora el avance lineal del By Pass 1450 de la Empresa Minera SOTRAMI S.A	Variable Independiente DIAGRAMA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA INGRESO: • Tipo de roca • Densidad de la Roca • Burden y Espaciamento (Malla de perforacion). • Diametro de cada Taladro (produccion y rimador) • Tipo de explosivo. • Distribucion de carga . Variable Dependiente AVANCE LINEAL SALIDA: • Costo/Beneficio de perforacion Factor de carga. • Factor de energía	Tipo de Investigación: Cuantitativo Nivel de investigación: Aplicada Diseño de investigación: Cuasi Experimental Instrumento de investigacion: Formato de reporte diario de operaciones. Formato de reporte diario de explosivo por frente. Formato de reporte diario de sobre excavación. Formato de recomendación geomecánica. Técnicas de Investigación: Busqueda de informacion. Observacion Directa.	Población. Las labores de la Empresa Minera Sotrami S.A. Muestra. El By Pass 1450
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos			
¿En que medida la distribuicion de la carga de explosivo mejora ,el avance lineal del By Pass 1450 de la Empresa Minera SOTRAMI S.A. ?	Determinar la distribuicion de la carga de explosivo mejora el avance lineal del By Pass 1450 de la empresa Minera SOTRAMI S.A.	La distribuicion de la carga de explosivo mejora , el avance lineal del By Pass1450 de la Empresa Minera SOTRAMI S.A			
¿En que medida la implementacion de un nuevo diagrama de perforacion y voladura atenúa la sobre rotura del By Pass 1450 de la Empresa Minera SOTRAMI S.A. ?	Implementar un nuevo diagrama de perforacion y voladura para atenúa la sobre rotura del By Pass 1450 de la Empresa Minera SOTRAMI S.A	El nuevo diagrama de perforacion y voladura, atenúa la sobre rotura del By Pass1450 de la Empresa Minera SOTRAMI S.A.			
¿En que medida la implementacion de un nuevo diagrama de perforacion y voladura, reduce los costos operativos del By Pass 1450 de la Empresa Minera Sotrami S.A. ?	Diseñar un nuevo diagrama de perforacion y voladura para reducir los costos operativos del By Pass 1450 de la Empresa Minera SOTRAMI S.A	El nuevo diagrama de perforacion y voladura, permitira reducir los costos operativos del By Pass1450 de la empresa SOTRAMI S.A.			

Figura 31*Avance del By Pass 1450 E*

Nota. Fuente: Departamento de planeamiento SOTRAMI S. A

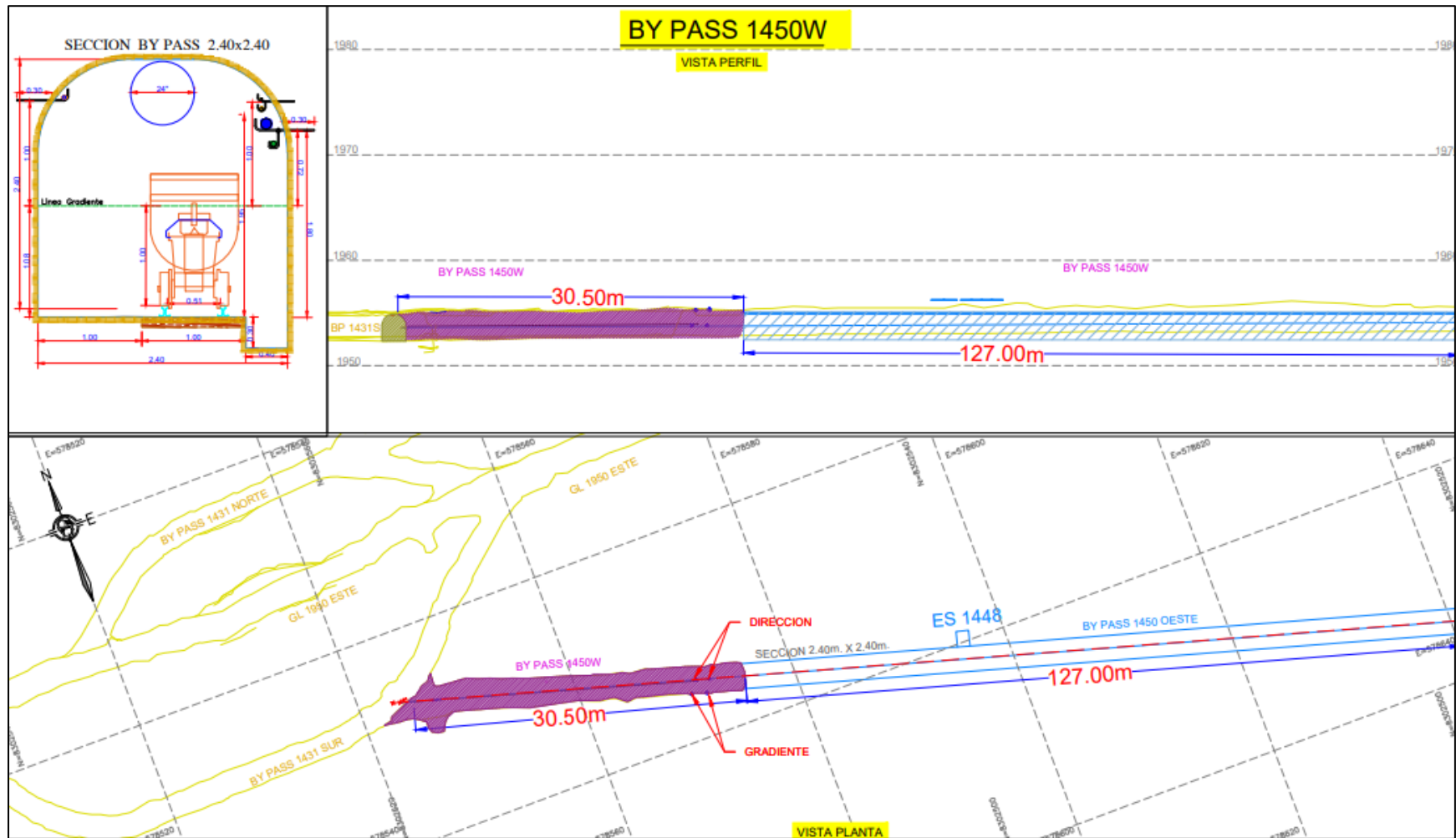
Figura 32*Avance del By Pass 1450 W**Nota.* Fuente: Departamento de planeamiento SOTRAMI S. A

Figura 33

Recomendación geomecánica

RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA										F-227 PLR-01	
FECHA: 16/04/15		HORA: 14:55		SUPERV. DE GEOMECÁNICA				VOLUMEN: 8		PÁGINA: 1	
ZONA: 23		NIVEL: 14		LABOR: XC 1450		TIPO: DA		MATERIAL: DBO		OTRO: 1450	
REF. LAB: B/1450		DESCR: NETA		ALTO (M): 2.50		ANCHO (M): 3.50		AVANCE (M): 3.50		OTRO: 3.50	
CONDICIÓN DE SOSTENIMIENTO				CONDICIÓN DE SOSTENIMIENTO				CONDICIÓN DE SOSTENIMIENTO			
SOSTENIMIENTO HASTA EL TOPE				CLASIFICACIÓN DE SOSTENIMIENTO				CLASIFICACIÓN DE SOSTENIMIENTO			
PERFORACIONES SEGUN RECOMENDACIÓN				PERFORACIONES SEGUN RECOMENDACIÓN				PERFORACIONES SEGUN RECOMENDACIÓN			
COMPLETO				COMPLETO				COMPLETO			
OTROS				OTROS				OTROS			
LITOLÓGICA		TIPO		CONDICIÓN DE SOSTENIMIENTO							
DOLITA		G3		Integración de Fracturas con juntas							
DOLITA		G3		geología forma con en forma							
DOLITA		G3									
OBSERVACIONES						RECOMENDACIONES					
- Tres familias de juntas formadas con en forma y texturas de la interacción. - Fracturamiento leve al cual como resultado de los bloques de material a grandes deformaciones.						- Doble constante de deformación y bloques juntos. - Limpieza de campo de deformación. - Sostener bloques de 5 pies con 3 bloques y 3 bloques con forma de interacción.					
VISTA PLANTA						VISTA SECCIÓN					
TIPO DE BOLA						TIPO DE SOSTENIMIENTO					
Bola (1)						Bola (1)					
Bola (2)						Bola (2)					
Bola (3)						Bola (3)					
Bola (4)						Bola (4)					
Bola (5)						Bola (5)					
Bola (6)						Bola (6)					
Bola (7)						Bola (7)					
Bola (8)						Bola (8)					
Bola (9)						Bola (9)					
Bola (10)						Bola (10)					
Bola (11)						Bola (11)					
Bola (12)						Bola (12)					
Bola (13)						Bola (13)					
Bola (14)						Bola (14)					
Bola (15)						Bola (15)					
Bola (16)						Bola (16)					
Bola (17)						Bola (17)					
Bola (18)						Bola (18)					
Bola (19)						Bola (19)					
Bola (20)						Bola (20)					
Bola (21)						Bola (21)					
Bola (22)						Bola (22)					
Bola (23)						Bola (23)					
Bola (24)						Bola (24)					
Bola (25)						Bola (25)					
Bola (26)						Bola (26)					
Bola (27)						Bola (27)					
Bola (28)						Bola (28)					
Bola (29)						Bola (29)					
Bola (30)						Bola (30)					
Bola (31)						Bola (31)					
Bola (32)						Bola (32)					
Bola (33)						Bola (33)					
Bola (34)						Bola (34)					
Bola (35)						Bola (35)					
Bola (36)						Bola (36)					
Bola (37)						Bola (37)					
Bola (38)						Bola (38)					
Bola (39)						Bola (39)					
Bola (40)						Bola (40)					
Bola (41)						Bola (41)					
Bola (42)						Bola (42)					
Bola (43)						Bola (43)					
Bola (44)						Bola (44)					
Bola (45)						Bola (45)					
Bola (46)						Bola (46)					
Bola (47)						Bola (47)					
Bola (48)						Bola (48)					
Bola (49)						Bola (49)					
Bola (50)						Bola (50)					
Bola (51)						Bola (51)					
Bola (52)						Bola (52)					
Bola (53)						Bola (53)					
Bola (54)						Bola (54)					
Bola (55)						Bola (55)					
Bola (56)						Bola (56)					
Bola (57)						Bola (57)					
Bola (58)						Bola (58)					
Bola (59)						Bola (59)					
Bola (60)						Bola (60)					
Bola (61)						Bola (61)					
Bola (62)						Bola (62)					
Bola (63)						Bola (63)					
Bola (64)						Bola (64)					
Bola (65)						Bola (65)					
Bola (66)						Bola (66)					
Bola (67)						Bola (67)					
Bola (68)						Bola (68)					
Bola (69)						Bola (69)					
Bola (70)						Bola (70)					
Bola (71)						Bola (71)					
Bola (72)						Bola (72)					
Bola (73)						Bola (73)					
Bola (74)						Bola (74)					
Bola (75)						Bola (75)					
Bola (76)						Bola (76)					
Bola (77)						Bola (77)					
Bola (78)						Bola (78)					
Bola (79)						Bola (79)					
Bola (80)						Bola (80)					
Bola (81)						Bola (81)					
Bola (82)						Bola (82)					
Bola (83)						Bola (83)					
Bola (84)						Bola (84)					

Nota. Fuente: Departamento de Geomecánica de SOTRAMI S.A

Figura 34

Distribución de carga explosiva en el By Pass 1450



Figura 35

Voladura en el By Pass 1450





UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ACTA N° 027-2024-FIMGC: ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL No 236-2024-FIMGC-D**, a los veintiséis días del mes de marzo de 2024, siendo las 06:00 p.m, reunidos en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Minas, bajo la presidencia del MSc. Ing. Carlos Auberto PRADO PRADO (Encargado) y los miembros; MSc. Ing. Grover RUBINA SALAZAR, Msc Ing. Leonil Fernando QUISPE ARONES, Msc. Ing. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO, actuando como secretario docente el Mg. Richar Ruben JORGE BERROCAL., para proceder a la sustentación de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, del bachiller en Ciencias de la Ingeniería de Minas:

SAMUEL KLINTON CABRERA POZO

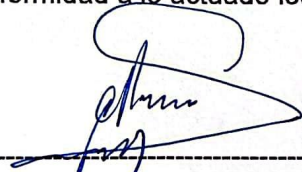
Quien presentó la tesis denominada:

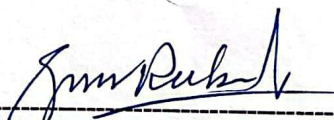
"IMPLEMENTACIÓN DEL DIAGRAMA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA MEJORAR EL AVANCE LINEAL DEL BY PASS 1450 DE LA MINA SOTRAMI S.A."

Los señores miembros del jurado luego de expuesto la tesis y absueltas las preguntas, delibera y lo declaran:

APROBADO CON LA NOTA DIECISÉIS (16)

Siendo las 7:40 p.m. del día 26 de marzo de 2024, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad a lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.


MSc. Ing. Carlos Auberto PRADO PRADO
Presidente


MSc. Ing. Grover RUBINA SALAZAR
Miembro


MSc. Leonil Fernando QUISPE ARONES
Miembro


MSc. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO
Miembro


Mg. Richar Ruben JORGE BERROCAL.
Secretario docente de la FIMGC

cc:
Archivo



CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

El que suscribe; en mi calidad de Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación y encargado de certificar la originalidad de la tesis abajo indicado y por lo tanto responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de pregrado en primera instancia, en cumplimiento a la Resolución de Consejo Universitario N°039-2021-UNSCH-CU, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación UNSCH, deja constancia que:

- Apellidos y Nombres del Bach. : CABRERA POZO, Samuel Clinton
- Escuela Profesional : Ingeniería de Minas
- Título de Tesis : **"IMPLEMENTACIÓN DEL DIAGRAMA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA MEJORAR EL AVANCE LINEAL DEL BY PASS 1450 DE LA MINA SOTRAMI S.A."**
- Evaluación de la originalidad : 22 % de similitud

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, **es procedente el certificado de originalidad** para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 20 de junio de 2024


.....
MBA Ing° Leonil Fernando Quispe Aronés
Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación

"IMPLEMENTACIÓN DEL DIAGRAMA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA MEJORAR EL AVANCE LINEAL DEL BY PASS 1450 DE LA MINA SOTRAMI S.A."

por Samuel Klintom Cabrera Pozo

Fecha de entrega: 20-jun-2024 05:33p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2405955071

Nombre del archivo: TESIS-CABRERA_POZO_SAMUEL_KLINTON.pdf (2.79M)

Total de palabras: 23737

Total de caracteres: 121866

"IMPLEMENTACIÓN DEL DIAGRAMA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA MEJORAR EL AVANCE LINEAL DEL BY PASS 1450 DE LA MINA SOTRAMI S.A."

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

5%

2

pdfcookie.com

Fuente de Internet

4%

3

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

2%

4

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.unsaac.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

vsip.info

Fuente de Internet

1%

7

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

8

repositorio.unamba.edu.pe

Fuente de Internet

1%

9	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1 %
10	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1 %
11	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
12	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.ulvr.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unab.cl Fuente de Internet	<1 %
18	bibliotecas.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to unasam Trabajo del estudiante	<1 %
20	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	repositorio.unam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	www.saludarequipa.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
26	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Samuel Klintom Cabrera Pozo
Título del ejercicio:	"IMPLEMENTACIÓN DEL DIAGRAMA DE PERFORACIÓN Y VOL...
Título de la entrega:	"IMPLEMENTACIÓN DEL DIAGRAMA DE PERFORACIÓN Y VOL...
Nombre del archivo:	TESIS-CABRERA_POZO_SAMUEL_KLINTON.pdf
Tamaño del archivo:	2.79M
Total páginas:	135
Total de palabras:	23,737
Total de caracteres:	121,866
Fecha de entrega:	20-jun.-2024 05:33p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2405955071

