

Evaluación de las metodologías holmberg y konya en la mina grumintor de una malla de perforación y voladura



Evaluation of the holmberg and konya methodologies in the drill-and-blast mesh grumintor mine

Marco Antonio Mejía Flores.¹, Gregory Guillermo Cuesta Andrade.² & Kevin Felipe Cabrera Barrera.³

Recibido: 22-06-2021 / Revisado: 30-06-2021 / Aceptado: 19-07-2021/ Publicado: 05-08-2021

Abstract:

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i3.1.1824>

In the development of this research, the application of two drill and blast mesh methodologies Holmberg and Konya in the Grumintor mine of the Pinglio Minera Concession was analyzed, in order to estimate the replacement of the current drill and blast mesh used by the aforementioned company. It began with the field diagnosis of the mesh traditionally used, as well as the analysis of the equipment used; continuing with the study of the properties of the explosives to be used; In addition, the geological information survey of the rock was carried out to give a classification to the rocky massif, these data were processed and analyzed using computer programs managing different study variables in order to design the drilling and blasting meshes using the Holmberg methodology and the Konya methodology, and apply in the different exploration galleries. The drill and blast mesh commonly used in the mine for its exploration work are of three types and their choice is made according to the criteria, observation, and experience of the driller. The results of the application of the two methodologies will allow us to compare parameters and obtain conclusions about their applicability.

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Grupo de Investigación de Recursos Mineros e Ingeniería, marco.mejia@esPOCH.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-7566-2063>

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Grupo de Investigación de Recursos Mineros e Ingeniería, gregory.cuesta@esPOCH.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-9308-0593>

³ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, kevin.cabrera@esPOCH.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-0125-2010>; exestudiante de la carrera geología y minas.

Keywords: Optimization, Drill and blast, Holmberg, Konya.

Resumen:

En el desarrollo de esta investigación se analizó la aplicación de dos metodologías de mallas de perforación y voladura Holmberg y Konya en la mina Grumintor de la Concesión Minera Pinglio, con el fin de estimar el remplazo de la malla vigente de perforación y voladura utilizada por la compañía antes mencionada (Agrimroc, 2017). Se inició con el diagnóstico de campo de la malla utilizada tradicionalmente, como también el análisis de los equipos utilizados; continuando con el estudio de las propiedades de los explosivos a utilizarse; además se realizó el levantamiento de información geológica de la roca para dar una clasificación al macizo rocoso, estos datos fueron procesados y analizados mediante programas informáticos manejando distintas variables de estudio a fin de diseñar las mallas de perforación y voladura usando la metodología de Holmberg y la metodología de Konya, y aplicar en las diferentes galerías de exploración. Las mallas de perforación y voladura usadas habitualmente en la mina para sus labores de exploración son de tres tipos y su elección se realiza según el criterio, observación, y experiencia del perforista. Los resultados de la aplicación de las dos metodologías nos permitirán comparar parámetros y obtener conclusiones sobre la aplicabilidad de estas y elegir la malla más adecuada de perforación y voladura.

Palabras Clave: Optimización, Perforación y voladura, Holmberg, Konya.

Introducción

El presente estudio tiene como finalidad evaluar el desarrollo de un diseño de una malla de perforación y voladura aplicando las metodologías de Holmberg y la de Konya en la mina Grumintor S.A. de la concesión Pinglio ubicado en la provincia del Azuay en el cantón Camilo Ponce Enríquez en el sector de San Antonio, la cual está dedicada actividad económica representada por exploración, explotación y comercialización de metales (oro, plata) la cual realiza diferentes labores para la su extracción (Cabrera, 2021). Una de las principales operaciones es la voladura, actualmente la malla de voladura se realiza de manera empírica usando un diseño basado en la experiencia de o, minas cercanas por lo tanto ha existido fallas en la voladura y principalmente no se ha realizado las operaciones basándose en un estudio técnico de campo lo cual en la actualidad debe modificarse (Agrimroc, 2017), para eso el plan de perforación y la sección transversal del impacto se completará considerando una investigación de los límites de la mina, aplicando las estrategias de Holmberg y Konya para decidir la distribución de disparo más adecuada que se aplicará en la mina Grumintor utilizando una investigación del macizo rocoso y los atributos de los explosivos.

Metodología

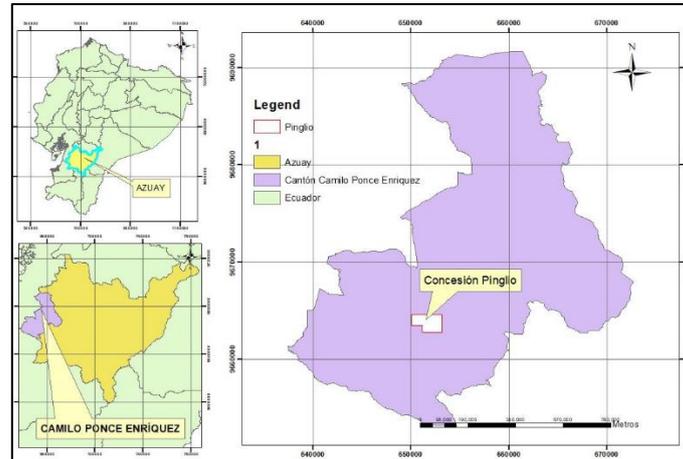
Ubicación y posición geográfica

El sitio donde se realizó la investigación es la mina GRUMINTOR, la cual es una operadora minera de la concesión Pinglio, quien a su vez forma parte del distrito

aurífero San Gerardo y se encuentra dentro de la jurisdicción de la provincia del Azuay, cantón Camilo Ponce Enríquez, sector San Antonio (Figura 1).

Figura 1

Mapa de ubicación del Proyecto



Descripción Global de los frentes de explotación.

La infraestructura básica de las labores mineras de la Mina GRUMINTOR S.A., está compuesta por una galería principal de dirección SW, además de galerías secundarias, piques, rebajes, pasos peatonales, que facilitan la extracción del material, todas estas divididas en 5 zonas de trabajo (Barton, 1974).

- la zona de la 36
- la zona del Oeste
- la zona de la Mojada
- la Zona del pique del Gallo
- La Zona del Inca

Para nuestro estudio se tomó en cuenta tres zonas: la del Inca, la G10 y de la del Gallo.

Método de investigación de los frentes de explotación

Para efectuar la evaluación de las metodologías Holmberg y Konya se empleó el método experimental, iniciando con un levantamiento minucioso de los resultados obtenidos con el uso de la malla de perforación y voladura empleada tradicionalmente. Los datos obtenidos sirven para establecer relaciones, diferencias o semejanzas, con las pruebas de perforación y voladura empleando tanto la metodología de Holmberg como de Konya y observado el comportamiento de los resultados obtenidas de cada una de las pruebas (Bach, 2016).

Primero. Se realizó el levantamiento de información geológica de la roca en el campo para formular la clasificación respectiva al macizo rocoso, en las tres zonas donde se tenía previsto aplicar los diseños de voladura mediante las metodologías planteadas de acuerdo a la investigación.

Segundo. Se procedió a realizar una toma de muestras de roca de las galerías de la zona del Inca, de la Zona de la G10 y de la zona del Gallo para realizar ensayos de laboratorio como son el de carga puntual y el ensayo de comprensión simple, proporcionando datos que son necesarios para poder elaborar el diseño de las mallas de perforación y voladura mediante las metodologías de Holmberg y Konya, finalmente se aplicó pruebas de ensayo y error en las galerías propuestas.

Tercero. Se realizó el análisis e interpretación de resultados de la aplicación de las metodologías de Holmberg y Konya para establecer un diseño óptimo que sirva como base para futuras voladuras en la mina Grumintor, finalizando con las conclusiones y recomendaciones del caso.

Las variables técnicas a tomarse en cuenta para el estudio.

Las variables; tanto del macizo rocoso, como los explosivos y los parámetros de los equipos de perforación y voladura disponibles en la mina Grumintor, influyen para realizar el diseño de las mallas de perforación y voladura según las metodologías propuestas. Las variables consideradas fueron las siguientes (Tabla 1):

VARIABLES DE EXPLOSIVO

- Tipo
- Densidad del explosivo
- Presión de detonación
- Diámetro del explosivo
- Longitud del explosivo
- Numero de cartuchos por taladro
- Resistencia al agua
- Peso del explosivo

VARIABLES DE LA ROCA

- Lugar
- Tipo de la roca
- Densidad de la roca
- Resistencia a la compresión simple
- RQD
- RMR
- GSI

Tabla 1

Variables de los parámetros de los equipos de perforación

Parámetros	Símbolo	Unidades
Radio de baúl de túnel	r	m
Ancho de túnel	A Túnel	m.
Alto de túnel	H Túnel	m.

Tabla 1

Variables de los parámetros de los equipos de perforación (continuación)

Parámetros	Símbolo	Unidades
Radio de corona o de arco de bóveda	r	m
Diámetro de taladros de producción	Øo	m.
Diámetro de Taladro alivio	Ø1	m.
Número taladros de alivio	N	Unidades.
Ángulo de taladro de contorno	Y	°/m
Desviación angular	α	m/m.
Error de emboquille	e	m/m
Longitud de perforación por taladro	(L)	m

Caracterización del macizo rocoso

Se realizó la caracterización del macizo rocoso en la mina Grumintor mediante el sistema RMR de Bieniawski, 1989. A fin de obtener la resistencia a compresión simple y de carga puntual se tomó una muestra de cada labor piloto sujetas al estudio de los métodos de voladura propuestos, para luego enviarlas al laboratorio; Una vez realizadas las pruebas se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 2):

Tabla 2

Resultados obtenidos en laboratorio de Compresión Simple

Lugar	Roca	Área cm2	Volumen cm3	Masa g	Carga kg	Densidad g/cm3	Esfuerzo kgf/cm2	Compresión S. Mpa
Mojada	Brecha	31.15	163.52	455.82	8160	2.79	261.99	25.692
Gallo	Dacita	30.52	159.94	443.21	23720	2.77	777.1	76.207
Inca	Andesita	30.28	158.98	443.37	28980	2.79	957.04	93.854

Los datos obtenidos en el trabajo de campo referente a los parámetros geológicos del crucero 987 se detalla en la Tabla 3:

Tabla 3

Valores tomados en el campo correspondiente a crucero 987

Caracterización del macizo rocoso	Valoración
Zona	El Gallo
Lugar	Crucero 987
Dirección	233/0
Tipo de Roca	Dacita
Compresión Simple	76.20
Densidad	2.77 g/cm3
R.Q.D.	86.62
Diaclasas	7
	17

Separación entre diaclasas	22cm	10
Discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad	1.8m	4
Abertura de la discontinuidad	0.001m	3
Rugosidad	rugosa	5
Relleno	duro	4
Alteraciones	Ligeramente alterada	5
Agua Freática		
Caudal de agua por 10m de túnel	Ligeramente seco	10
Orientación de discontinuidades	favorable	-5
CLASE RMR	Buena Clase II	60
Clase GSI	BUENA	65

El resumen de datos obtenidos en diferentes lecturas que se realizaron en el campo respecto a los parámetros geológicos en la Galería de Exploración 537 se detalla en la Tabla 4:

Tabla 4
Valores tomados en el campo correspondiente a la galería 537

Caracterización del macizo rocoso		Valoración
Zona	La Mojada	
Lugar	Galería 537	
Dirección	11/0	
Tipo de Roca	Brecha	
Densidad	2.79 g/cm ³	
Compresión Simple	25,69 Mpa	4
R.Q.D.	83.32	17
Diaclasas		
Separación entre diaclasas	34 cm	10
Discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad	1.1m	4
Abertura de la discontinuidad	0.003m	1
Rugosidad	rugosa	5
Relleno	duro	4
Alteraciones	Ligeramente alterada	5
Agua freática		
Caudal de agua por 10m de túnel	Húmedo	7
Orientación de discontinuidades	Medio	-5
CLASE RMR	Buena Clase II	52
CLASE GSI	BUENA	60

El resumen de datos obtenidos en diferentes lecturas que se realizaron en el campo respecto a los parámetros geológicos a la galería 900, se detalla en la Tabla 5:

Tabla 5

Valores tomados en el campo correspondiente a la galería 900

Caracterización del macizo rocoso		Valoración
Zona		
Lugar	Galería 701	
Dirección	18/0	
Tipo de Roca	Andesita	
Comprensión Simple	93.85 Mpa	7
Densidad	2.79 g/cm ³	
R.Q.D.	87.28	17
Diaclasas		
Separación entre diaclasas	39cm	10
Discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad	0.9 m	6
Abertura de la discontinuidad	0.002 m	1
Rugosidad	Ligeramente rugosa	3
Relleno	duro	4
Alteraciones	Ligeramente alterada	5
Agua Freática		
Caudal de agua por 10m de túnel	Nulo	10
Orientación de discontinuidades	desfavorable	-5
CLASE RMR	Buena Clase II	58
CLASE GSI	BUENA	65

Características de los explosivos Explogel III de 1\8 x 7

Tabla 6

Características de los explosivos

Tipo	Explogel III 1/8 x 7
Densidad del explosivo	1.05 g/cm ³
Velocidad de Detonación	3689 m/s
Presión de detonación	35722 Pa
Diámetro del Explosivo	1 1/8 ”
Longitud del Explosivo	7 ” = 0.1718m
Resistencia al agua	15 min
Peso Cartucho	119 g
Número de cartuchos por caja	212 unidades
Velocidad de detonación	3689 m/s
Poder Rompedor	17.50 mm

Los accesorios para la voladura utilizados es el fulminante N° 8, mecha lenta.

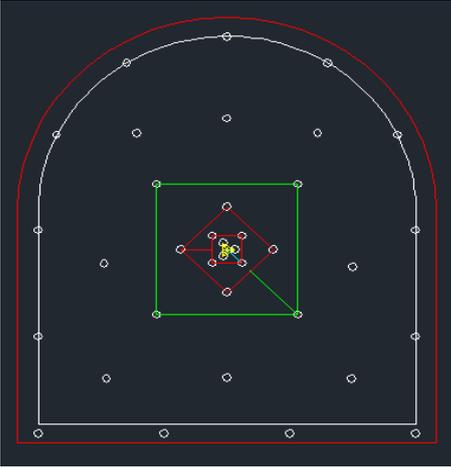
Diagnóstico de la malla de perforación y voladura existente

En las Galerías de exploración se utiliza tres tipos de mallas de acuerdo con el estado de la roca ya sea dura, media y/o suave, el cual es determinado según el criterio del perforista y su geometría y número de taladros está distribuido de la siguiente manera:

En roca dura (Figura 2)

Figura 2

Resultados del diagnóstico de la malla actual utilizada en roca dura

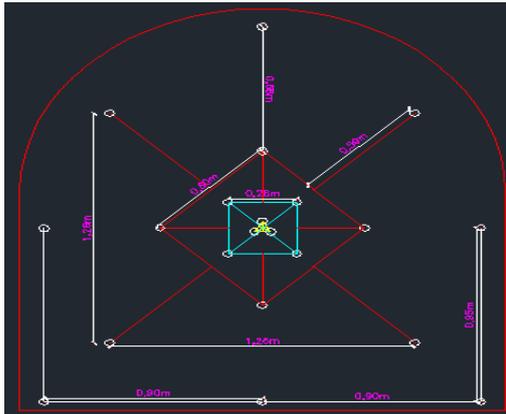
 <p>Malla de voladura para roca dura 2x2,20m</p>	Distribución de taladros Roca Dura		Explosivo usado en Roca Dura	
	Alivio	3	8	Enteros en cuña y ayudantes
	Arranque	4	25	Medios en destroza, contorno y piso
	Ayuda de arranque	4	132	Nitratos, cuatro por taladro
	Ayuda de destroza	4	20	Nitratos en recarga cuña y ayudantes
	Auxiliares de hastiales	4	2.4 kg	Explogel III
	Auxiliares de la corona	2	18.08 kg	Nitratos
Total de barrenos perforados 36, de los cuales son 3 de alivio (vacíos) con una longitud de barreno de 1.80m y con un avance de 90% promedio por disparo.	Auxiliares de la zapatera	2	22.5 kg	Total
	Zapatera	4		
	Corona	3		

En roca media (Figura 3)

Figura 3

Resultados del diagnóstico de la malla actual utilizada en roca media

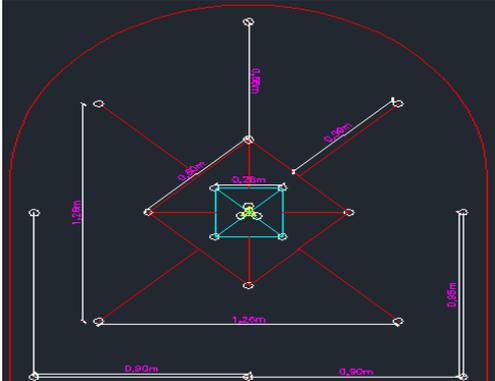
	Distribución de taladros en roca Media		Explosivo empleado
	Alivio	3	8
	Arranque	4	19
	Ayuda de arranque	4	108
	Ayuda de destroza	4	20
	Auxiliares de la corona	2	2.08 kg
	Auxiliares de la zapatera	2	18.85 kg
Malla de voladura para roca media 2x2,20m	Zapatera	4	20.93 kg
La malla actual de voladura aplicada a una roca media se consiste de 30 taladros perforados de los cuales 3 son de alivio y los 27 llevan carga explosiva	Corona	3	
	Hastiales	4	Total



Voladura en Roca suave (Figura 4)

Figura 4

Resultados del diagnóstico de la malla actual utilizada en roca suave

 <p>Malla de voladura para roca suave 2x2,20 m</p>	Distribución de taladros en roca suave	Explosivo empleado Roca suave	
	Alivio 3	8	Enteros en cuña y ayudantes
Arranque 4	10	Medios en destroza, contorno y piso	
Ayuda de arranque 0	72	Nitratos, cuatro por taladro	
Ayuda de destroza 4	20	Nitratos en recarga cuña y ayudantes	
Total de barrenos perforados 21 de los cuales son 3 de alivio (vacíos) con una longitud de barreno (1.80, 1.60 y 1.20)m con un avance de 90% promedio	Auxiliares de la corona 0	1.55 kg	Explogel III
	Auxiliares de la zapatera 2	13.38 kg	Nitratos
	Zapatera 3	14.93 kg	Total
	Corona 3		
	Hastiales 2		

Resultados

Diseño de una malla de perforación y voladura usando la metodología de Konya.

La malla de perforación y voladura mediante la metodología de Konya considera para sus ecuaciones de cálculo los siguientes parámetros (Tabla 7):

Tabla 7

Consumo específico de explosivo para la voladura mediante Konya

Sección	Taco	L carga	Lcarga Explogel	CartuchoAnfo	Cartucho Explogel	q1	Explogel III (kg)	Nitrato
Primer	0.099	1.611	0.537	6	3	0.73	1.44	3.55
Segunda	0.140	1.570	0.523	6	3	0.71	1.40	2.80

Tabla 7

Consumo específico de explosivo para la voladura mediante Konya (continuación)

Sección	Taco	L carga	Lcarga Explogel	CartuchoAnfo	Cartucho Explogel	q1	Explogel III (kg)	Nitrato
Tercera	0.296	1.414	0.471	5	3	0.64	1.26	2.52
Cuarta	0.628	1.082	0.361	4	2	0.49	0.97	1.93
Auxiliares	0.707	1.003	0.167	5	1	0.23	0.45	2.24
Piso	0.707	1.003	0.334	4	2	0.45	0.89	1.79
Contorno	0.707	1.003	0.167	5	1	0.23	0.45	2.24
Total (kg)							6.86	17.07

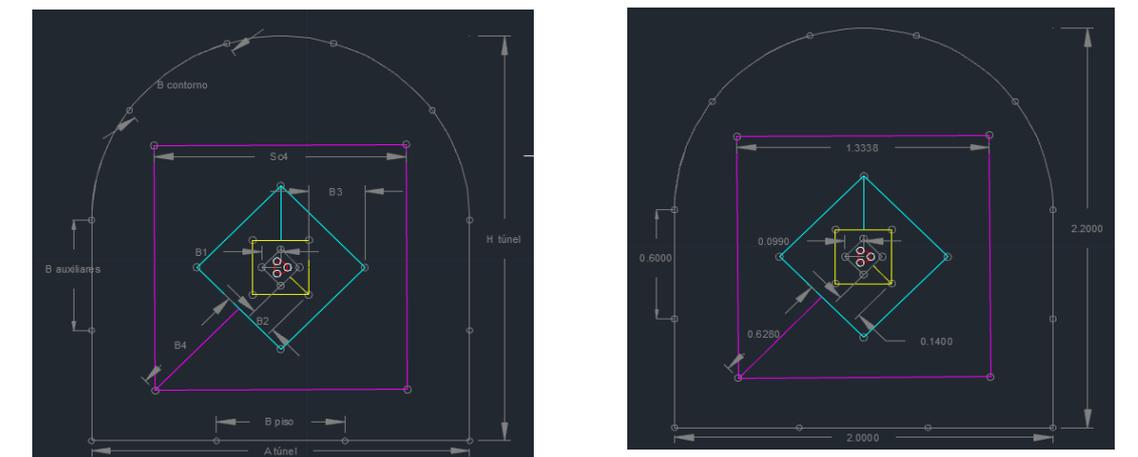


Tabla 8

Consumo específico de explosivo para la voladura mediante Konya

Resultados cuñas quemadas					Resultados según Konya				
Cuadro No	1	2	3	4	Cuadro No	1	2	3	4
B(m)	0.099	0.140	0.296	0.628	B (m)	0.099	0.140	0.296	0.628
R (m)	0.099	0.209	0.444	0.942	R (m)	0.099	0.209	0.444	0.942
Sc (m)	0.140	0.296	0.628	1.331	Sc (m)	0.140	0.296	0.628	1.331
T (m)	0.099	0.070	0.148	0.314	T (m)	0.099	0.070	0.148	0.314
Sc >= (L)^(1/2)	1.31	1.31	1.31	1.31	Sc >= (L)^(1/2)	1.31	1.31	1.31	1.31

B=Distancia barrenos ; Sc Espaciamiento; R=La distancia o radio desde el centro exacto de la cuña; T= Taco

Konya recomienda hacer el disparo de la cuña con un periodo mínimo de 50 mili segundos entre períodos. De la misma manera recomienda usar 100 ms de retardo para los barrenos auxiliares. Los barrenos del contorno (con voladura de recorte) se disparan con el mismo retardo. Los barrenos de piso detonan al último (Konya).

La metodología que usa Konya para determinar los cálculos de la malla de perforación y voladura depende básicamente de las características del tipo de explosivo que se va a utilizar un sistema de arranque de cuatro secciones dependiendo de las necesidades y dimensiones de la sección de la galería por ello en las tres galerías de estudio resulta el mismo diseño ya que tienen las mismas dimensiones y se utiliza el mismo explosivo.

Diseño las mallas de perforación y voladura usando la metodología de Holmberg.

Para la aplicación de la malla de perforación y voladura de las galerías se necesita los datos del explosivo, caracterización del macizo rocoso, dimensiones de la galería y las dimensiones del equipo de perforación, señalados en la siguiente Tabla 9:

Tabla 9

Resumen de parámetros para realizar el diseño en la Galería 537 (la Mojada)

Labor	Símbolo	Unidades	Valor
Zona	La Mojada		
GSI	-		60
RQD	-	%	83.32
RMR	-	-	52
Resistencia a la comprensión	-	MPa	25.69
Densidad de la roca	ρ_r	Tn/m ³	2.79
Radio de baúl de túnel	r	M	1
Factor de carga Suecia	C	kg/m ³	0.052
Ancho de túnel	A Túnel	m.	2
Alto de túnel	H Túnel	m.	2.2
Radio de corona o de arco de bóveda	r	m	1
Diámetro de taladros de producción	\emptyset_o	m.	0.038
Diámetro Taladro alivio	\emptyset_l	m.	0.038
Número taladros de alivio	N	Unidades.	3
Angulo de taladro de contorno	Y	°/m	3
Desviación angular	α	m./m.	0.02
Error de emboquille	e	m./m.	0.02
Longitud de perforación./tal (dato de campo)	(L)	m.	1.8
Longitud de cartucho del explosivo	L cartucho	m	0.1778
Valor de la constante Pi	π	-	31.416
Potencia relativa en peso del explosivo	PRP	(RWSanfo)	1.05
Peso de un cartucho a emplear	P un cartucho	kg	0.119
Potencia relativa en peso explosivo	(RWSanfo)	%	105

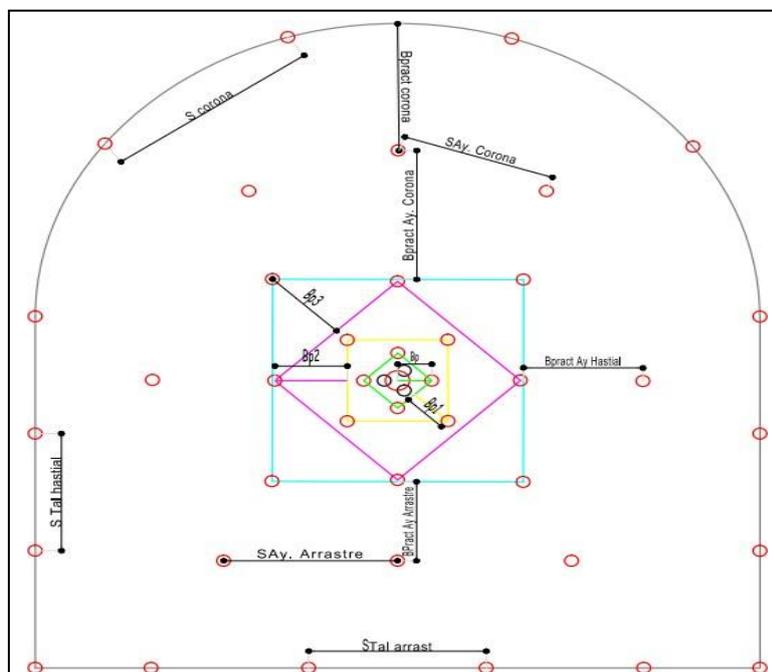
Una vez aplicadas las ecuaciones con los datos obtenidos en el campo del macizo rocoso y de los instrumentos empleados se obtiene los siguientes resultados:

Resultados Galería 537 (Tabla 10, Figura 5)

Tabla 10
Resumen de cálculos de diseño Galería 537

Descripción	Burden	Espaciamiento	Número de taladros		Densidad de carga lineal		EplogeIII	Anfo	
			sin carga	cargados	cartucho/tal	kg/taladro			
Taladro arranque	0.09	0.13	3	4	0.45	9	0.73	4	32
Primer cuadrante	0.13	0.28		4	0.35	4	0.47	4	12
Segundo cuadrante	0.20	0.48		4	0.31	3	0.41	4	8
Tercer cuadrante	0.25	0.69		4	0.31	3	0.41	4	8
Ayuda hastiales	0.33	0.48		2	0.69	8	0.92	2	14
Ayuda corona	0.46	0.44		3	0.64	7	0.85	3	18
Ayuda de arrastre	0.27	0.48		3	0.53	6	0.70	3	15
Hastiales	0.28	0.40		4	0.60	7	0.80	3	25
Corona	0.44	0.57		6	0.13	1	0.17	3	6
Arrastre	0.38	0.59		6	0.51	6	0.68	6	30
Total taladros perforados				40					
Total de explosivos								36	168
Total explosivos(kg)								4.284	24.696
Total (kg)									28.98

Figura 5
Malla de perforación y voladura mediante Holmberg en la Galería 5



Resultados del crucero 987

Se recolectó en el campo los parámetros que requieren la metodología de Holmberg para el cálculo y elaboración de la malla detallados en la siguiente Tabla 11:

Tabla 11

Parámetros principales para elaborar el diseño en el crucero 987

Labor	Símbolo	Unidades	Valor
Zona	El Gallo		
GSI	-		65
RQD	-	%	86.62
RMR	-		60
Resistencia a la comprensión	-	MPa	76.2
Densidad de la roca	-	Tn/m ³	2.77
Radio de baúl de túnel	r	M	1
Ancho de túnel	A Túnel	m.	2
Alto de túnel	H Túnel	m.	2.2
Radio de corona o de arco de bóveda	r	m	1
Diámetro de taladros de producción	Øo	m.	0.038
Diámetro Taladro alivio	Ø1	m.	0.038
Número taladros de alivio	N	Unidades.	3
Angulo de taladro de contorno	Y	°/m	3
Desviación angular	α	m./m.	0.02
Error de emboquille	e	m./m.	0.02
Longitud de perforación./tal (dato de campo):	(L)	m.	1.8
Longitud de cartucho del explosivo	L cartucho	m	0.1778
Valor de la constante Pi	π		31.416
Potencia relativa en peso del explosivo utilizado I	PRP	(RWSanfo)	1.05
Peso de un cartucho a emplear	P un cartucho	kg	0.119
Potencia relativa en peso explosivo I	(RWSanfo)	%	105
Capacidad de caja	-	unidades	212

La aplicación de la metodología de Holmberg para el diseño de la malla de perforación y voladura en el crucero 987 ubicado en la zona del Gallo nos dio los siguientes resultados (Tabla 12):

Tabla 12

Resumen de cálculos del diseño mediante Holmberg en el crucero 987

Descripción	Burden practico (Bp)m	Espaciamiento (Ah)m	Número de taladros		Densidad de carga lineal	Cartucho por taladro	Kg taladro	EM 3000	Anfo
			Sin carga	Cargado					
Taladro arranque	0.09	0.13	3	4	0.51	9	0.81	4	32

Tabla 12

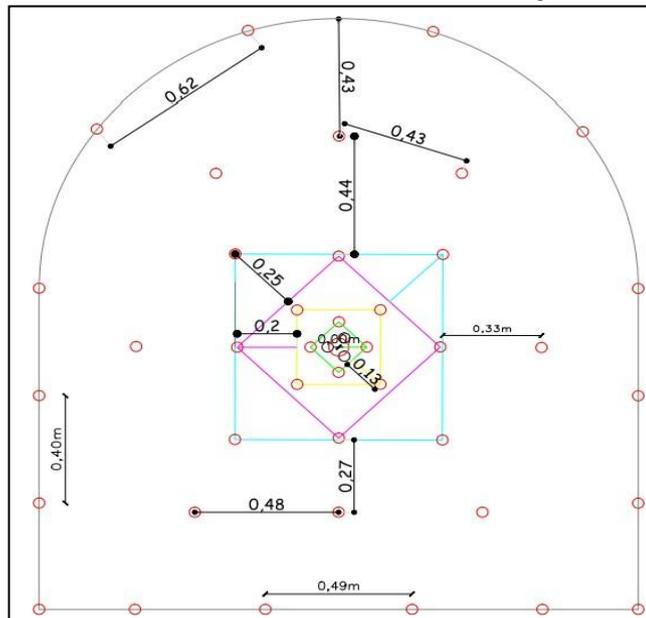
Resumen de cálculos del diseño mediante Holmberg en el crucero 987 (continuación)

Descripción	Burden practico (Bp)m	Espaciamiento (Ah)m	Número de taladros		Densidad de carga lineal	Cartucho por taladro	Kg taladro	EM 3000	Anfo
			Sin carga	Cargado					
1er cuadrante	0.13	0.28		4	0.39	4	0.51	4	12
2do cuadrante	0.20	0.48		4	0.35	4	0.45	4	12
3er cuadrante	0.25	0.69		4	0.34	4	0.45	4	12
Taladro de ayuda hastiales	0.33	0.48		2	0.76	8	1.00	2	14
Taladro ayuda corona	0.46	0.44		3	0.73	8	0.96	3	21
Taladro ayuda de arrastre	0.27	0.48		3	0.58	6	0.76	3	15
Taladro de hastiales	0.28	0.40		4	0.66	7	0.86	3	25
Taladro de corona	0.44	0.57		6	0.13	1	0.17	3	3
Taladro de arrastre	0.39	0.59		6	0.58	6	0.76	6	30
Total de taladros perforados			3	40		57	6.73		
Total explosivos									
Total de explosivos								36	176
Total explosivos (kg)								4.28	25.87

Luego que se efectuó la aplicación del modelo matemático de Holmberg para el crucero 987 de la zona de explotación del gallo en el nivel -5 se obtiene el siguiente diseño (Figura 6):

Figura 6

Resumen de cálculos del diseño mediante Holmberg en el crucero 987



Resultados la Galería de exploración 701 (Tabla 13, 14)

Se recogió en el campo los parámetros que requieren la metodología de Holmberg para el cálculo y elaboración de la malla; Son detallados en la siguiente tabla:

Tabla 13
Parámetros principales para elaborar el diseño en la Galería 701

Labor	Símbolo	Unidades	Valor
Zona	El Inca		
GSI	-	-	65
RQD	-	%	87.28
RMR	-	-	58
Resistencia a la comprensión	-	MPa	93.85
Densidad de la roca	-	Tn/m ³	2.79
Radio de baúl de túnel	r	M	1
Ancho de túnel	A Túnel	m.	2
Alto de túnel	H Túnel	m.	2.2
Radio de corona o de arco de bóveda	r	m	1
Diámetro de taladros de producción	Øo	m.	0.038
Diámetro Taladro alivio	Ø1	m.	0.038
Número taladros de alivio	N	Unidades.	3
Angulo de taladro de contorno	Y	°/m	3
Desviación angular	a	m./m.	0.02
Error de emboquille	e	m./m.	0.02
Longitud de perforación./tal (dato de campo):	(L)	m.	1.8
Eficiencia de perforación. (Ep):	Ep	%	95.44
Longitud de cartucho del explosivo	L cartucho	m	0.1778
Valor de la constante Pi	π	-	31.416
Potencia relativa en peso del explosivo utilizado	PRP	RWSanfo	1.05
Peso de un cartucho a emplear	P un cartucho	kg	0.119
Potencia relativa en peso explosivo	RWSanfo	%	105
Capacidad de caja	-	unidades	212

Tabla 14
Resumen de cálculos de diseño Galería 701

Descripción	Burden práctico (Bp)m	Espaciamiento (Ah)m	Número de taladros		Densidad de carga lineal	Peso cartucho	Cartucho por taladro	kg/taladro	Explogel III	Anfo
			Sin carga	Cargados						
taladro arranque	0.09	0.13	3	4	0.51		9	0.82	4	32
1er cuadrante	0.13	0.28		4	0.40		4	0.52	4	12

Conclusiones

- Las mallas de perforación y voladura aplicadas habitualmente en la mina Grumintor en sus labores de exploración están establecidas de acuerdo con la dureza de la roca en tres tipos, clasificándose en: roca dura, roca media y roca suave. Instaurándose una malla diferente para cada tipo de roca. Para roca dura se tiene un total de 36 barrenos perforados de los cuales son 3 de alivio, en roca media se tiene una malla de voladura que consta de 30 barrenos perforados de los cuales 27 llevan carga explosiva y 3 son de alivio, en tipo de rocas suaves la malla de voladura lleva 21 barrenos perforados de los cuales son 3 de alivio. La elección de la malla de perforación y voladura se realiza según la observación, criterio y experiencia del perforista.
- Se realizó el diseño de la malla de perforación y voladura mediante la metodología de Holmberg usando las características del macizo rocoso y se determinó que la distribución geométrica de los barrenos perforados consta de 40 barrenos que llevan carga explosiva y 3 barrenos de alivio, este diseño resultó igual en las 3 galerías de prueba, obteniendo los mismos resultados con una pequeña variación en la cantidad de explosivo utilizado.
- El resultado de la aplicación de la metodología de Holmberg es la obtención de un material volado equilibrado, no hay la necesidad de usar el martillo vibrador para reducir el tamaño de los bloques, tampoco el uso de voladuras secundarias debido a la ausencia de material no condicionado haciendo que el tiempo de limpieza mediante este método sea mucho menor. De igual manera se obtiene un perfil de la sección del túnel de forma bien definida sin necesidad de realizar voladuras secundarias en el perfil.
- El diseño y aplicación del modelo de Konya en las galerías de la mina Grumintor de la concesión Pinglio determinó una malla con solo 28 barrenos perforados de los cuales 3 son de alivio reduciendo bastante el tiempo empleado en la perforación, determinando que la distribución depende principalmente de la densidad del explosivo, el diámetro del explosivo y de la densidad de la roca tanto para barrenos auxiliares, de piso y de contorno. Para el arranque de cuatro secciones depende únicamente del diámetro de los barrenos empleados.
- Durante la aplicación de las voladuras mediante el método de Konya se presentó incidencias diarias debido a que el burden y espaciamiento son muy amplios, el material es arrancado, pero presentan gran cantidad de material no condicionado por lo tanto dificulta mucho en el ciclo de limpieza obligando al empleo de voladuras secundarias y uso de martillo vibrador para reducción de bloques muy grandes. También existe mucha variación en la definición del perfil resultante de la galería, todas estas incidencias resultan en el aumento de costos por voladura.
- En el diseño de las mallas de voladura mediante los 3 métodos aplicados se utilizaron los mismos equipos de perforación, tipo de explosivo y sus accesorios, pero al momento de hacer la elección del método óptimo tomando en cuenta los avances lineales diarios, reducción de los tiempos en el ciclo de perforación, voladura y limpieza, principalmente los costos necesarios para el uso de cada

método y la recuperación de mineral, resultó que el más adecuado y optimo es la metodología de Holmberg para las galerías analizadas de la mina Grumintor.

- La optimización se realiza en la malla de voladura usada mediante la metodología de Holmberg, a través de las pruebas ensayo error en el campo, se determinó reducir el número de taladros en los hastiales y el uso de 4 secciones ya que según Holmberg se podría realizar más de 4 secciones.

Bibliografía

Agrimroc S.A. (2017). estudio de requerimientos técnicos para aprobación de proyecto de diseño de relaveras. Ponce Enriquez.

Albán Serrano, P. E., & Alencastri Almeida, D. A. (2015). Plan de exportación de pulpa de pitahaya al mercado de Berlín en Alemania a través de un Comercio Justo.

Bach Fernández Tirado, J. Á. (2016). “Optimización de avance lineal, reemplazando las perforadoras jackleg por jumbo hidráulico en el proceso de perforación y voladura de la GLN1 y CRNE en Mina Consuelo de la Empresa Especializada New Horus S.A.C - Poderosa” [Universidad Nacional de Trujillo Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas]. Recuperado de <http://www.dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3857/Fern%C3%A1ndez%20Tirado%2C%20Javier%20%20C3%81ngel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Barton, N Lien, R. y Lunden, J. (1974), Engineering Classification of Rock Masses for the bieniaowski, Z.T. (1989). Engineering Rock Mass Clasificacions. John Wiley and sons, Inc. caracterización de macizos rocosos en afloramientos. Instituto Geologico y Minero de de materiales, pp 117- 152.

Cabrera, K. (2021). Optimización de una malla de Perforación y Voladura usando las metodologías Holmberg y Konya en la mina Grumintor de la concesión Pinglio.

Deere, D. U. (1989). ROCK QUALITY DESIGNATION (RQD) AFTER TWENTY YEARS. Florida.

Desing of Tunnel Support. Rock Mechanics, Springer Verlag, vol, 6 pp 189 – 236.

Earth Science Application and Research Centre of University Hacettepe, Vol 26, pp77- España. Madrid.

Explocen C.A. (s.f.). Dinamita pulverulenta sensible a fulminante No. 8 El Explogel III. Obtenido de Explocen C.A. Recuperado de <https://1085-ec.all.biz/dinamita-pulverulenta-sensible-a-fulminante-no-8-g436>

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Mejía Flores, M. A., Cuesta Andrade, G. G., & Cabrera Barrera, K. F. (2021). Evaluación de las metodologías holmberg y konya en la mina grumintor de una malla de perforación y voladura. *ConcienciaDigital*, 4(3.1), 207-226.
<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i3.1.1824>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.

