UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE HUNDIMIENTOS POR SUBNIVELES PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EXPLOTACIÓN DE LOS YACIMIENTOS DE CARBÓN ANTRACITA DEL CALLEJÓN DE HUAYLAS – 2018.

INVESTIGADORES

RESPONSABLE:

ING. RICARDO CAYO CASTILLEJO MELGAREJO

CO-RESPONSABLES:

Dr. ING. JULIO GREGORIO POTERICO HUAMAYALI

ING. RAÚL EDGAR CASTILLEJO MELGAREJO

MAG. LOURDES LIZ HUAMÁN ROMERO

Huaraz - Peru

2018

Resumen

Abstract

I. INTRODUCCIÓN 4

1.1 Objetivos 5

II. MARCO TEÓRICO 5

2.1 Antecedentes 5

2.2 Bases teóricas 6

2.3 Sistema RMR 6

2.4 Sistema Q 8

2.5 Índice de calidad de la Roca RQD 9

2.6 Método de Explotación de Hundimiento por Subniveles 9

2.7 Perforación en Abanico “The ring blast designing” 12

2.8 Definición de términos 14

III. MATERIALES Y MÉTODOS 15

3.1. Tipo y diseño de Investigación 15

3.2. Técnica e instrumentos de recolección de datos 16

3.4 Contrastación de la hipótesis 16

IV. RESULTADOS 17

V. DISCUSIÓN 26

VI. CONCLUSIONES 27

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 29

ANEXOS

- Panel Fotográfico

RESUMEN

Los yacimientos de carbón antracita ubicados en el departamento de Ancash, en su gran mayoría son explotados por métodos artesanales como el almacenamiento provisional y cámaras y pilares, con niveles de productividad muy baja y recuperación es que en el mejor de los casos llega a 55%. La implementación del método de explotación de Hundimiento por subniveles es una alternativa muy atractiva el cual permite mejorar de manera notable la productividad a bajos costos y condiciones buenas de seguridad y salud ocupacional para el personal. Para esta implementación se realizó la caracterización geomecanica según el sistema propuesta por Bieniawski "Rock Mass Raiting" determinándose valores de RMR techo 50, RMR piso 49 y RMR mineral 33, estos valores y las condiciones estructurales nos ha permitido lograr indicadores de productividad KPI "Key performance Indicator" muy favorables para el productor minero.

Se presenta detalladamente el procesamiento y análisis de los datos utilizando el análisis antes y después de la implementación del minado mediante hundimiento por subniveles, cuyos parámetros de productividad están asociados a la mano de obra, Explosivos, sostenimiento, consumo energético, consumo de aire comprimido y finalmente los costos; para determinar si existen diferencias significativas se utilizó la prueba estadística t-student, con un nivel de significación del 5%.

Finalmente, se presentan los resultados referentes a los indicadores de productividad llegando a concluir que es factible la implementación del método de Hundimiento por sub niveles en los yacimientos de carbón antracita.

Palabras clave: Hundimiento por subniveles, productividad

ABSTRACT

The anthracite coal deposits located in the department of Ancash, the vast majority are exploited by artisan methods such as interim storage and chambers and pillars, with very low levels of productivity and recovery is that in the best of the cases reaches 55%. The implementation of the sub-level exploitation method is a very attractive alternative which allows to significantly improve productivity at low costs and good occupational health and safety conditions for personnel. For this implementation, the geomecanic characterization was carried out according to the system proposed by Bieniawski "Rock Mass Raiting" determining values of RMR ceiling 50, RMR floor 49 and mineral RMR 33, these values and the structural conditions allowed us to achieve KPI productivity indicators "Key Indicator performance "very favorable for the mining producer.

The processing and analysis of the data is presented in detail using the analysis before and after the implementation of the mining by subsidence by sublevels, whose productivity parameters are associated with labor, Explosives, sustainability, energy consumption, consumption of compressed air and finally the costs; To determine if there are significant differences, the t-student statistical test was used, with a significance level of 5%.

Finally, the results referring to the productivity indicators are presented, concluding that it is feasible to implement the Sinking method by sub levels in the anthracite coal deposits.

Keyword. Sublevel stoping, productivity

I. INTRODUCCION

El presente estudio analiza y determina que la implementación del método de explotación de hundimiento por subniveles favorece de manera notable los indicadores de productividad en la concesión minera Fernando Antonio F nivel Carlos 2880, así mismo es proponer a los productores de carbón antracita del departamento de Áncash el empleo de este método de minado muy utilizado ampliamente en la minería metálica.

El departamento de Ancash, es una de las regiones que tiene en abundancia el carbón antracita, localizados en Yungay, Caraz, Sihuas, pallasca, Chavin y Huallanca todos minados por sistemas de explotación muy convencional cuya característica es el alto consumo de mano de obra y el alto riesgo de exposición del personal a las caídas de rocas.

L. Gutiérrez (2008), demuestra que mediante la implementación del método de tajeos por subniveles en los niveles 420-320 en la mina Chipmo UEA orcopampa, permite la mejora de la productividad, recuperación de los minerales y cumplir las exigencias de producción.

Y. Vergara (2014), plantea que la mejora de las tasas de recuperación y bajos costos es por la implementación del método de hundimiento por subniveles en rocas de comportamiento medio a otros métodos subterráneos

J. Orive, R. Laredo (2017), Dan cuenta en su publicación “Innovation in up-hole desviation measurements in sublevel stoping mines” que la desviación de los taladros de contorno afecta significativamente en la productividad, recuperación, dilución y estabilidad de los trabajos subterráneos.

E. Rivera (2015), sostiene que en función de las características geológicas e hidrológicas, el método que mejor se aplica técnicamente es el de hundimiento por subniveles, así mismo, concluye que este método de minado tiene menores costos de producción con respecto a los otros.

1.1 Objetivos

Objetivo general.

Evaluar y determinar si la implementación del método de hundimiento por subniveles incrementa la productividad en la explotación de los yacimientos de carbón antracita del Callejón de Huaylas.

Objetivos específicos.

- Evaluar las características físicas y mecánicas del macizo rocos y el mineral de los yacimientos de carbón antracita.
- Demostrar la aplicabilidad del método de Hundimiento por subniveles.
- Determinar los Indicadores de Productividad KPI´S

Variables

Independiente : Hundimiento por subniveles "SLC"

Dependiente : Productividad

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

L. Gutiérrez, en su publicación **"**Proyecto de aplicación del método tajeo por subniveles en el tajo 420-380 en mina Chipmo, U.E.A. Orcopampa", sostiene que la implementación del método de Hundimiento por subniveles, permite la mejora de la productividad, recuperación de los minerales y cumplir las exigencias de producción.

Y. Vergara, en su trabajo "Altura de columna en panel/block Cavin", concluye su aplicabilidad en rocas de comportamiento medio en la que se ha

registrado altas tasas de producción, recuperación y bajos costos en relación a otros métodos subterráneos.

J. Orive, R. Laredo, en su publicación "Innovation in up-hole desviation measurements in sublevel stoping mines" concluye que la desviación de los taladros de contorno afecta significativamente en la productividad, recuperación, dilución y estabilidad de los trabajos subterráneos.

2.2 Bases teóricas

Clasificación del macizo rocoso

La clasificación de los macizos rocosos constituye un enfoque para estimar las propiedades del macizo rocoso a gran escala. En la industria minera El índice GSI, y los sistemas RMR y Q, son parámetros de entrada para muchos métodos de Diseño, así como parámetros de entrada de muchos programas de modelamiento numérico.

Estos sistemas de clasificación serán útiles para determinar la extensión de los dominios geomecánicos en una mina, El profesional debe estimar el valor de clasificación más realista para los requerimientos de diseño, de fortificación, métodos de explotación, diseño de voladura, etc, (osinergmin, 20016, p.25).

Sistema RMR

El Sistema RMR "Rock Mass Raiting" fue desarrollada por Bienawski, y clasifica los macizos rocosos de 0 a 100 puntos, siendo 0 el macizo rocos muy malo y 100 el macizo rocoso muy bueno, en las cuales se incorporan parámetros como se muestra en la figura 1. (González, 2002, p.230)

- Resistencia de la roca Intacta
- RQD
- Espaciamiento de las discontinuidades
- Condición de las discontinuidades
- Agua subterránea

Gráfico N°1. Interpretación de los valores del RMR

Descripción	RMR	Clase de Macizo Rocoso
Roca Muy Buena	81-100	I
Roca Buena	61-80	II
Roca Regular	41-60	III
Roca Mala	21-40	IV
Roca Muy Mala	0-20	V

Gráfico N°2. Criterios para la clasificación según la RMR

Parámetro			Rango de valores						
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de carga puntual	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	Para este rango bajo, es preferible el ensayo de compresión uniaxial		
		Resistencia compresiva uniaxial	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Valoración		15	12	7	4	2	1	0
2	Calidad de testigo de perforación RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Valoración		20	17	13	8	3		
3	Espaciamiento de discontinuidades		> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Valoración		20	15	10	8	5		
4	Condición de las discontinuidades		Superficies muy rugosas no continuas Cerradas, sin apertura Paredes rocosas sanas	Superficies ligeram. rugosas Apertura < 1 mm Paredes ligeramente intemperizadas	Superficies ligeram. rugosas Apertura < 1 mm Paredes altamente intemperizadas	Espejo de falla o panizo < 5 mm de espesor Apertura de 1 - 5 mm Juntas continuas	Panizo suave > 5 mm de espesor o apertura > 5 mm Juntas continuas		
	Valoración		30	25	20	10	0		
5	Agua subterránea	Flujo por 10 m de longitud de túnel (l/m)	Ninguno	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / principal máximo	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteo	Flujo		
	Valoración		15	10	7	4	0		

Gráfico N°3. Criterio para la selección de elementos de sostenimiento

CLASE DE MASA ROCOSA	EXCAVACION	PERNOS DE ROCA (20 MM DE DIAMETRO, COMPLETAMENTE INYECTADOS)	SHOTCRETE	CIMBRAS
I - Roca muy buena RMR: 81 - 100	Frente completo 3 m de avance	Generalmente no se requiere ningún sostenimiento excepto pernos esporádicos		
II - Roca buena RMR: 61 - 80	Frente completo 1 - 1.5 m de avance. Sostenimiento completo a 20 m del frente	Localmente, pernos de 3 m en la corona, espaciados a 2.5 m con malla de alambre ocasionalmente	50 mm en la corona donde sea requerido	Ninguno
III - Roca regular RMR: 41 - 60	Socavón en el tope y banqueo 1.5 - 3 m de avance en el socavón Iniciar el sostenimiento después de cada voladura Completar el sostenimiento a 10 m del frente	Pernos sistemáticos de 4 m de longitud, espaciados 1.5 - 2.0 m en la corona y en las paredes, con malla de alambre en la corona	50 - 100 mm en la corona y 30 mm en las paredes	Ninguno
VI - Roca mala RMR: 21 - 40	Socavón en el tope y banqueo 1.0 - 1.5 m de avance en el socavón Iniciar el sostenimiento con el avance de la excavación. 10 m de avance del frente	Pernos sistemáticos de 4 - 5 m de longitud espaciados 1 - 1.5 m en la corona y en las paredes, con malla de alambres	100 - 150 mm en la corona y 100 mm en las paredes	Arcos ligeros a medianos espaciados a 1.5 m donde so requeridos
V - Roca muy mala RMR: < 20	Galería múltiples 0.5 - 1.0 m de avance en el socavón de tope Instalar el sostenimiento con el avance de la excavación. Shotcrete tan pronto como sea posible después de la voladura.	Pernos sistemáticos de 5 - 6 m de longitud espaciados 1 - 1.5 m en la corona y en las paredes. Pernos en el piso	150 - 200 mm en la corona, 150 mm en las paredes y 50 mm en el frente	Arcos medianos a pesados espaciados a 0.75 m con encostillado de acero y marchavantes de ser necesario. Cerrar la sección (invert)

Sistema Q

El sistema Q fue desarrollada en el NGI "Norwegian Geotechnical Institute" por Barton, lien y Lunde (1974), para el diseño de excavaciones subterráneas, principalmente en trabajos de túneles. Este sistema ha sido mejorado y actualizado constantemente, siendo la última actualización el 2007.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} x \frac{Jr}{Ja} x \frac{Jw}{SRF}$$

Donde:

RQD : Índice de calidad de la Roca

Jn : Parámetros basado en el número de familias

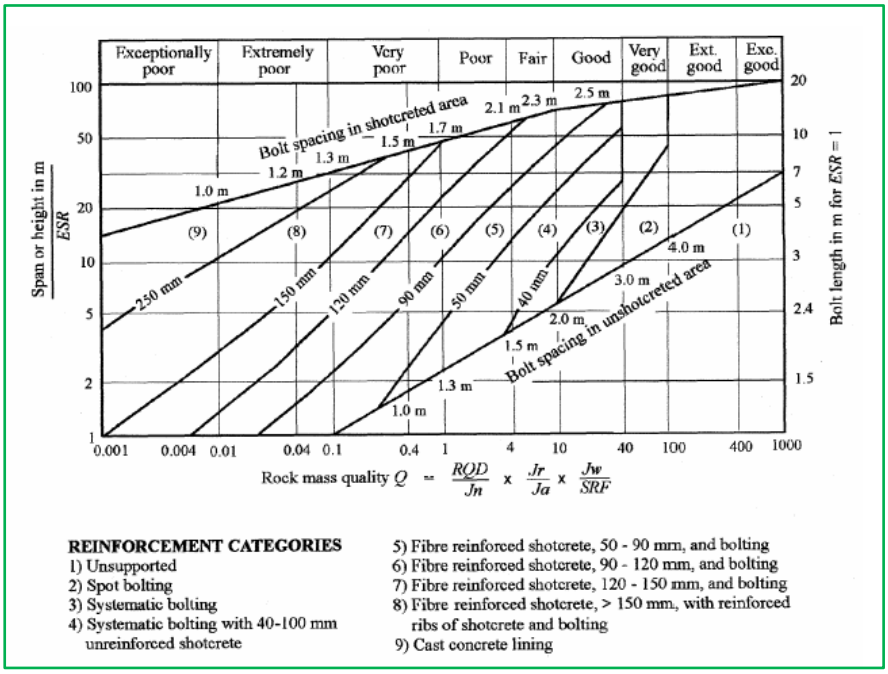
Jr : Parámetro basado en la rugosidad de las discontinuidades

Ja : Parámetro basado en la alteración de las discontinuidades

Jw : Parámetro basado en la presencia de agua

SRF : Factor por reducción de esfuerzos

Gráfico N°4. Criterio para la selección de elementos de soporte según Q



Índice de calidad de la Roca RQD "Rock Quality Designation"

El índice RQD, representa la relación entre la suma de las longitudes de los fragmentos de testigos mayores de 10 cm y la longitud total del tramo considerado.

Para la estimación del RQD, se considera solo los fragmentos o trozos de testigos de material fresco, excluyéndose los que presentan un grado de alteración importante. (Gonzáles, 2002, p.508)

$$\boldsymbol{RQD} = \frac{\sum \boldsymbol{longitudes} > 10\ cm}{\boldsymbol{longitud\ total}}$$

Gráfico N°5. Determinación del RQD de una diamantina

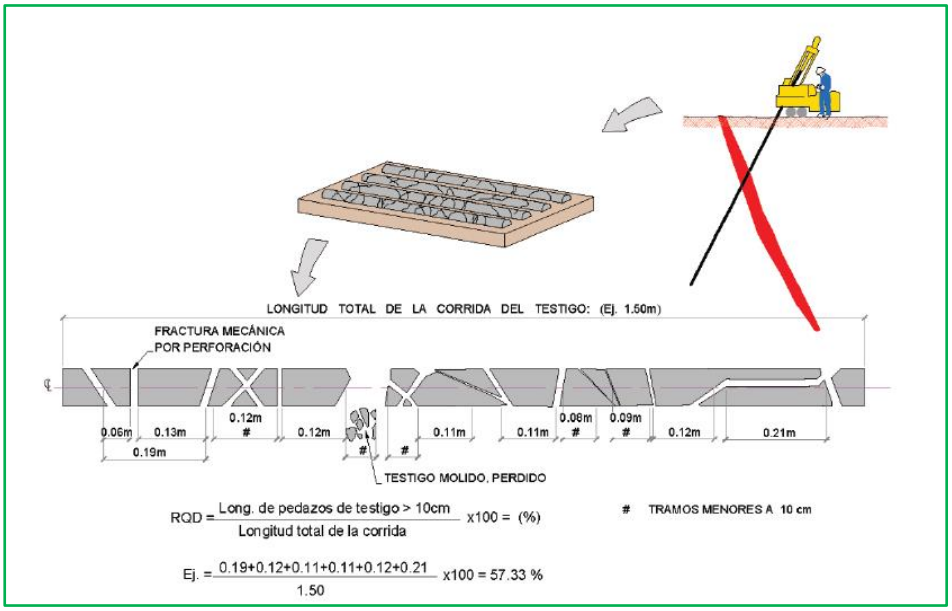


Gráfico N°6. Interpretación de valores de RQD

Descripción del índice de calidad de roca	Valor del RQD
Muy pobre	0 - 25
Pobre	25 - 50
Regular	50 - 75
Buena	75 - 90
Excelente	90 - 100

Mecanismo de Rotura del Macizo Rocoso

El proceso de rotura de las Rocas es muy variado y complejo, englobando varios tipos de fenómenos de manera conjunta e interviniendo múltiples factores. El análisis de la rotura en rocas es más complejo que en suelos. Los más importantes son:

- Rotura por Esfuerzo Cortante
- Rotura por compresión
- Rotura por flexión
- Rotura Por Tracción

- Rotura por Colapso

Método de Explotación de Hundimiento por subniveles

En minería y desde el punto de vista económico, el método de explotación deberá ser aquel que proporcione la mayor tasa de retorno en la inversión. Adicionalmente, el método seleccionado deberá satisfacer condiciones de máxima seguridad y permitir un ritmo óptimo de extracción bajo las condiciones estructurales del depósito mineral. (López, 2013, p.22)

Las características físicas que dictan la elección de un método de minado subterráneo, pueden ser agrupadas como sigue:

- Resistencia del mineral y de la roca encajonante
- Tamaño, forma y ángulo de buzamiento del depósito mineral
- Continuidad de la mineralización dentro de los límites del cuerpo e influencia de la geología en la estructura de la roca.
- Posición del depósito con relación a instalaciones superficiales, drenaje y oras obras subterráneas

EL hundimiento por subniveles se emplea para el minado masivo de grandes bolsas mineralizadas, vetas muy anchas que tengan ángulos de buzamiento muy pronunciados. El método generalmente se emplea para minar cuerpos de gran extensión horizontal

Gráfico N°7. Diagrama del método de Subniveles con perforación en abanico

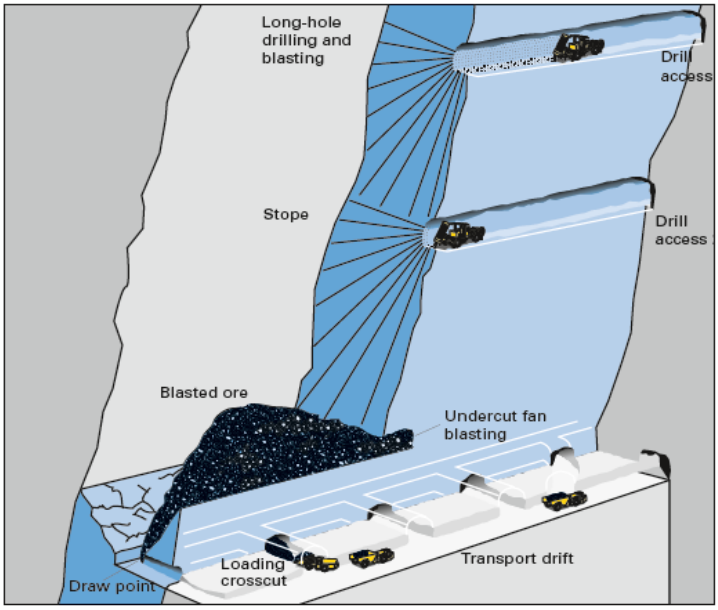
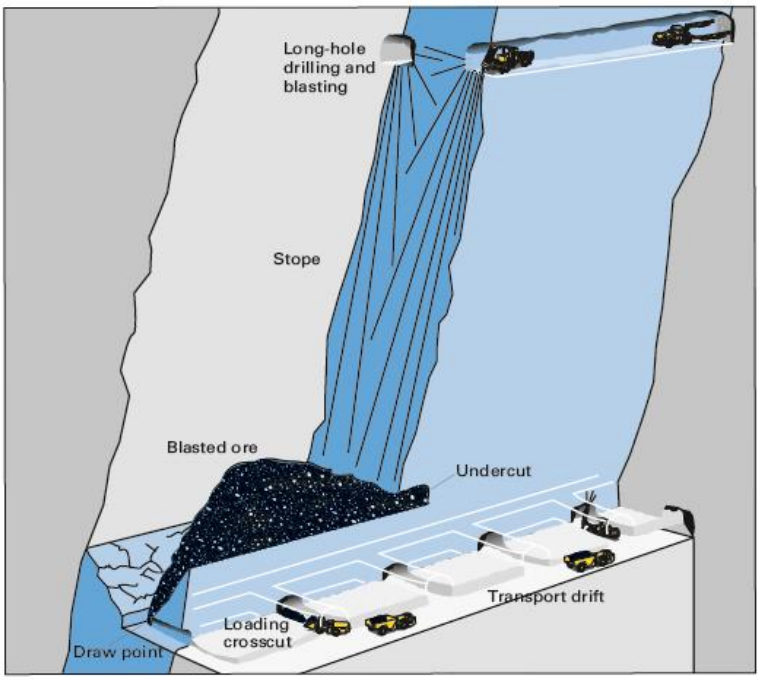


Gráfico N°8. Diagrama de perforación con Taladros largos



Perforación y Voladura en Abanico "The Ring Blast Designing"

Es una de las técnicas más usadas para fragmentar macizos rocosos con índices geomecanicos muy altos, el cual consiste darle movimiento a los útiles de perforación, mediante mecanismos de percusión y rotación. Suministrados por energía neumática o energía hidráulica, las distribución de los taladros se efectúa de un centro imaginario, del cual se realizan taladros de longitudes variables próximos al contacto las rocas que conforman la caja techo y la caja piso. Es la técnica que en el inglés los conocen como el "Ring Blast".

$$BxS = \left(\frac{Mc}{K}\right)$$

$$B = 0.87x\sqrt{\frac{Mc}{K}}$$

Donde:

B : Burden nominal del anillo (m)

S : Espaciamiento nominal del pie del taladro (m)

Mc : Densidad de carga Lineal (kg/m)

K : Factor de carga (kg/m3)

2.3 Definición de términos

Hundimiento por Subniveles. Método de explotación masiva, diseñada para cuerpos regulara e irregulares con potencia mayores a 3 m y buzamientos mayor a 45°

Productividad. Es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar los objetivos predeterminados

Índice de calidad de la rica RMR. Parámetro empírico que se determina para caracterizar el macizo rocoso, su valor varía de 0 – 100.

Explosivo. Mezcla química que genera altos volúmenes de gases en de proceso de combustión acelerada (detonación), está formulada por un reductor y un oxidante.

Longitud de carga. Parámetro que se determina para obtener una voladura eficiente y efectiva, en el taladro está limitado por el taco.

Taco. Distancia de material inerte para retener momentáneamente el efecto de expansión de gases.

Burden. Parámetro critico de diseño en voladura de rocas, es la distancia del centro de gravedad de la carga de columna a la cara libre.

Espaciamiento. Distancia entre taladros, en la técnica de perforación en abanico se mide perpendicularmente del fondo del taladro a la carga de columna.

Perforación en abanico. Técnica que permite realizar taladros radiales desde un punto imaginario central hacia los límites del mineral.

Dilución. Contaminación del mineral por sobre excavación y sobre rotura.

Fragmentación. Distribución granulométrica del mineral en el escombro

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo y diseño de la investigación

Para la evaluación geomecanica de las rocas encajonantes y el mineral, se procedió con el mapeo geo estructural bajo las consideraciones de propuestas por Bienawski "RMR", Para la evolución estructural de dirección y buzamiento se realizó con la brújula Brunton azimutal, para la determinación de la resistencia compresiva se realizó mediante los ensayos en los laboratorio de mecánicas de Rocas de la FIMGM – UNASAM.

Para la recolección de la información de consumos, de explosivo y madera se procedió a la revisión de los CARDEX electrónicos, para el consumo energético y aire comprimido se realizó mediante la revisión de los Check list de los equipos de propiedad de la minera San Roque FM SAC.

El tipo de investigación es aplicada correlacional. Para la etapa de evaluación se realizará un análisis cuantitativo y cualitativo sobre el método de hundimiento, perforación en abanico y fragmentación.

3.2 Población y muestra

Población

La población de estudio abarcará las minas de carbón antracita ubicadas en el Callejón de Huaylas.

Muestra

Para un mejor trabajo de investigación, como muestra se tomará la concesión minera Fernando Antonio F de la minera San Roque FM SAC, ubicada en el distrito de Mancos.

3.3 Técnica e instrumentos y recolección de datos

La técnica usada para la investigación es la observación y el instrumento es la evaluación de los registros como los Cardex, Check list, Reportes de producción y Planilla de pagos.

Fuentes Primarias

- Informes de productividad del asiento minero, visitas técnicas a los centros mineros y levantamiento de planos

Fuentes Secundarias

- Reportes de Producción por día
- Planilla del personal

3.4 Contrastación de la Hipótesis

Para la contratación de la Hipótesis se utilizará el software estadístico SPSS 18, para ello se utilizará la prueba t-Student, si cumple con el requisito de normalidad, con un nivel de significación del 5% (p menor 0,05).

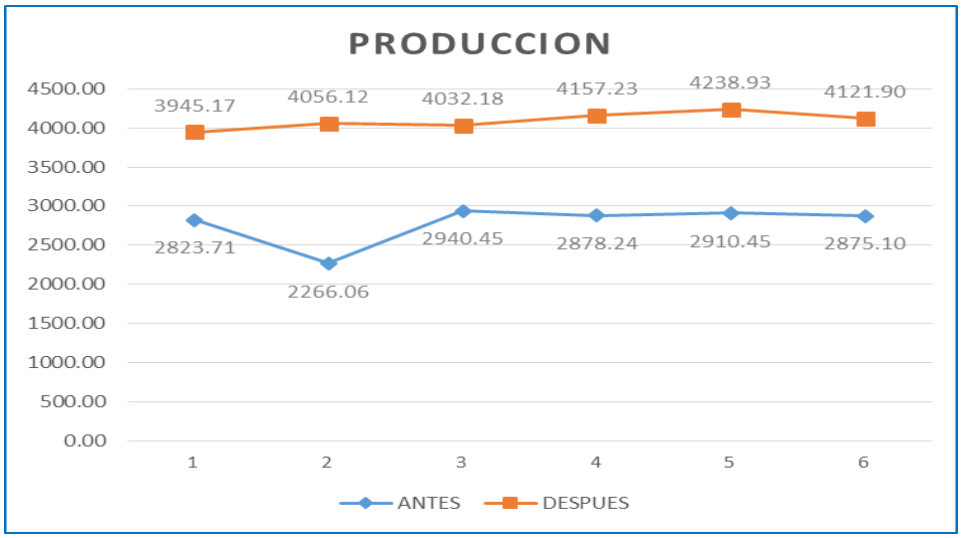
IV. RESULTADOS

Cuadro 01. Caracterización Geomecanica del yacimiento Fernando Antonio F – NV- 2880 – según RMR

Parámetro	TECHO		PISO		MINERAL	
	Descripcción	Valoración	Descripcción	Valoración	Descripcción	Valoración
Resistencia ala compresión Simple	55 Mpa	7	60 Mpa	7	45 Mpa	4
RQD	60%	13	75%	17	45%	6
Espaciamiento de las discontinuidades	0.4 m	10	0.6	10	0.35	10
Estado de las discontinuidades	Rugosa	20	Lig. Rugosa	15	Lig. Rugosa	15
Presencia de Aguas Subterráneas	Seco	0	Seco	0	Seco	0
Orientación de las Discontinuidades	Muy Favorable	0	Muy Favorable	0	Favorable	-2
		50		**49**		**33**

Como muestra el cuadro 01, según la clasificación geomecanica de Bienawski, la caja techo corresponde a la categoría de III roca Regular, mientras que la caja Piso corresponde a la categoría IV mala; así mismo, se observa que el mineral corresponde a la categoría V muy mala. Estos valores nos permite que la implementación del método de Hundimiento por subniveles bajo las condiciones geo estructurales son favorables.

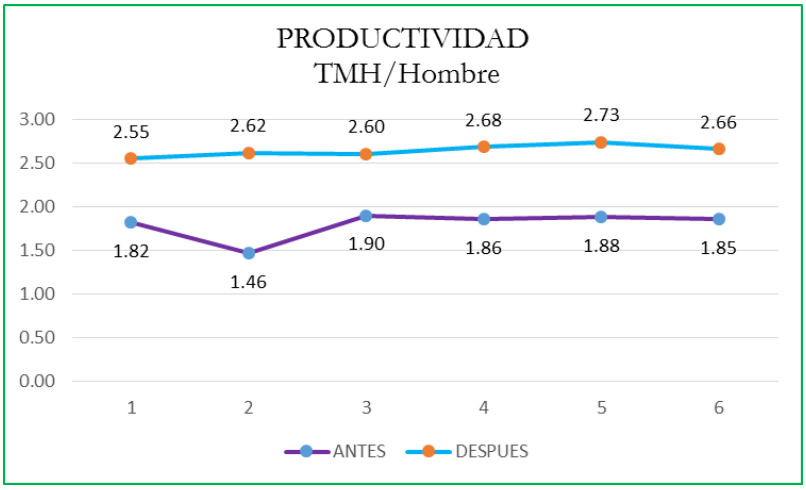
Figura 01. Comportamiento de la producción con la implementación de método de Hundimiento por subniveles



PRODUCCIÓN	Media	D.E.	Prueba t-Student para la diferencia de medias	Valor p
Antes	2782.34	255.92	-11,626	0.000
Después	4091.92	103.11		

Como se muestra en la figura 02, la producción de la mina se incrementó de un valor promedio de 2782.34 a 4091.12, representando un incremento del 31.99%. Al realizar el análisis estadístico con la prueba t-Student para determinar si existe diferencia significativa en cuanto a la producción antes y después de la implementación del método de Hundimiento por subniveles, se observa que las diferencias son estadísticamente significativas ($p<0,05$), por lo que se puede afirmar que la implementación del nuevo método de minado favorece significativamente en la producción.

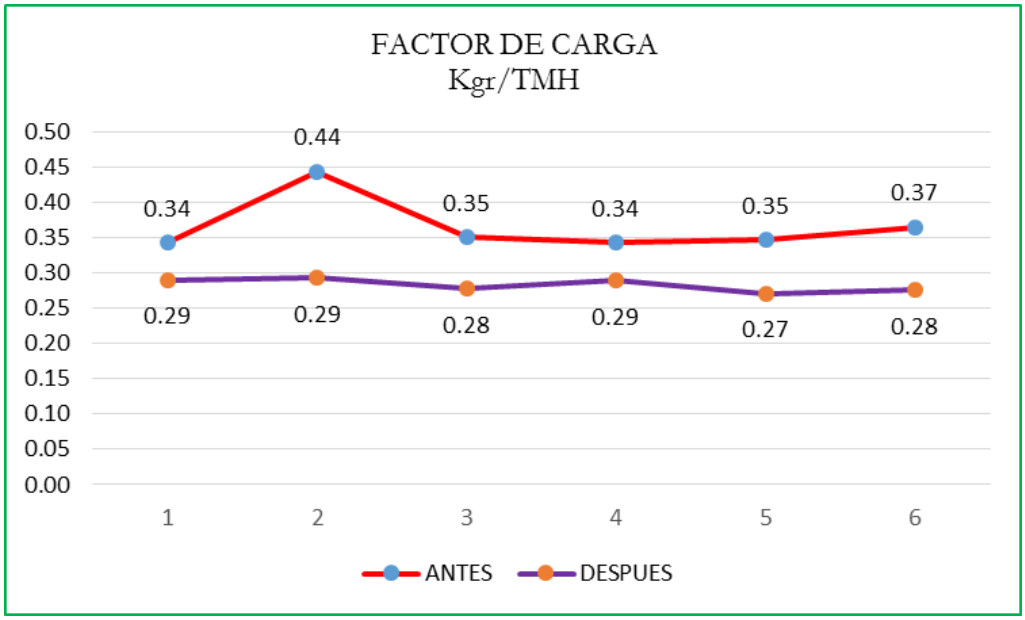
Figura 02. Comportamiento de la productividad por el consumo de mano de obra en el minado subterráneo.



PERSONAL TMH/Hombre	Media	D.E.	Prueba t-Student para la diferencia de medias	Valor p
Antes	1.80	0.17	-11.623	0.000
Después	2.64	0.07		

Como se muestra en la figura 03, la productividad de la mina se incrementó de un valor promedio de 1.80 TMH/Hombre a 2.64 TMH/Hombre, representando un incremento del 46.66%. Al realizar el análisis estadístico con la prueba t-Student para determinar si existe diferencia significativa en cuanto a la producción antes y después de la implementación del método de Hundimiento por subniveles, se observa que las diferencias son estadísticamente significativas ($p<0,05$), por lo que se puede afirmar que la implementación del nuevo método de minado favorece significativamente en la productividad.

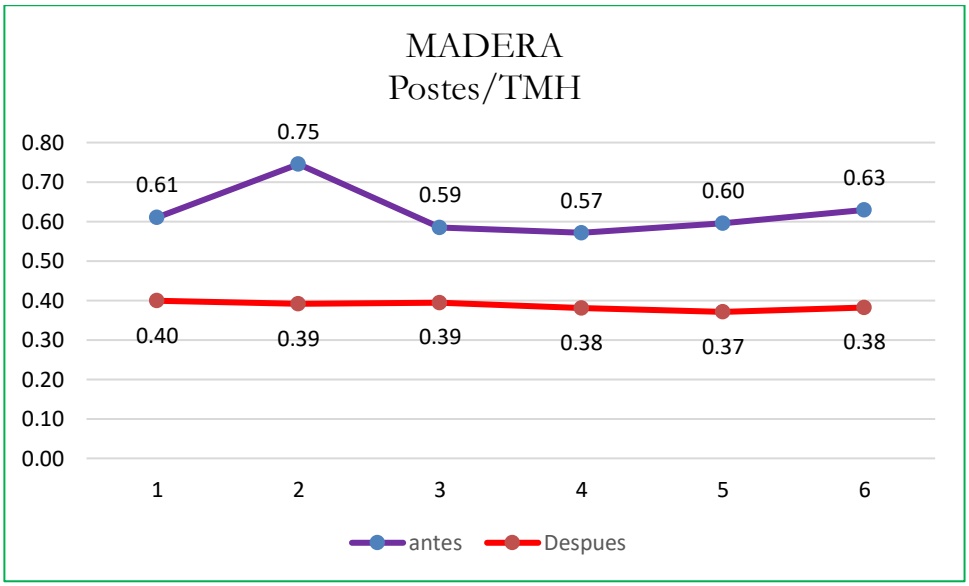
Figura 03. Comportamiento del factor de carga en la mina subterráneo de la mina Fernando Antonio F.



FACTOR DE CARGA Kgr/TMH	Media	D.E.	Prueba t-Student para la diferencia de medias	Valor p
Antes	0.37	0.04	5,103.00	0.000
Después	0.28	0.01		

Muestra la productividad de la mina se incrementó de un valor promedio de 1.80 TMH/Hombre a 2.64 TMH/Hombre, representando un incremento del 46.66%. Al realizar el análisis estadístico con la prueba t-Student para determinar si existe diferencia significativa en cuanto al factor de carga del antes y después de la implementación del método de Hundimiento por subniveles, se observa que las diferencias son estadísticamente significativas ($p<0,05$), por lo que se puede afirmar que la implementación del nuevo método de minado favorece significativamente en el factor de carga.

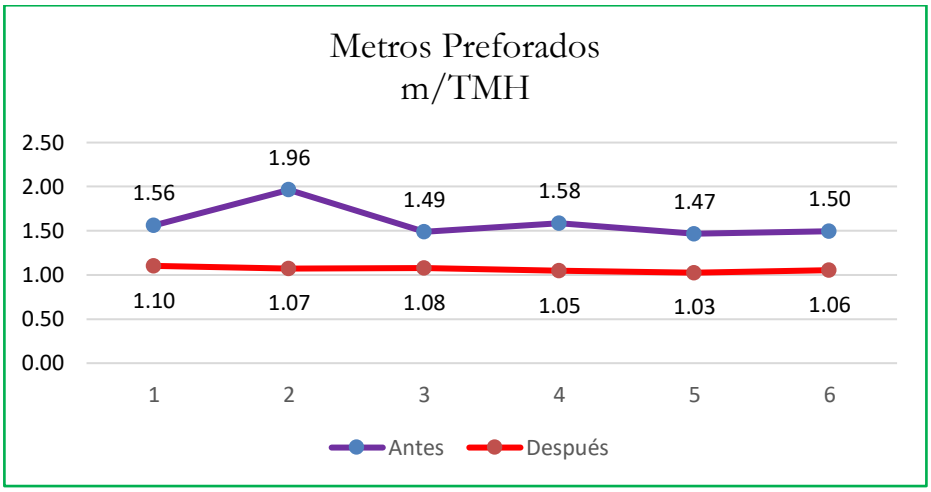
Figura 04. Consumo de madera en el minado de la concesión Fernando Antonio F.



MADERA POSTES/TMH	Media	D.E.	Prueba t-Student para la diferencia de medias	Valor p
Antes	0.62	0.06	9,007.00	0.000
Después	0.39	0.01		

Como se muestra en la presente figura, el consumo de maderas de eucalipto se redujo de 0.62 Postes/TMH a 0.39 Postes/TMH, representando una reducción del 37.10%. Al realizar el análisis estadístico con la prueba t-Student para determinar si existe diferencia significativa en cuanto a la producción antes y después de la implementación del método de Hundimiento por subniveles, se observa que las diferencias son estadísticamente significativas ($p<0,05$), por lo que se puede afirmar que la implementación del nuevo método de minado favorece significativamente en la reducción del consumo de maderas de eucalipto.

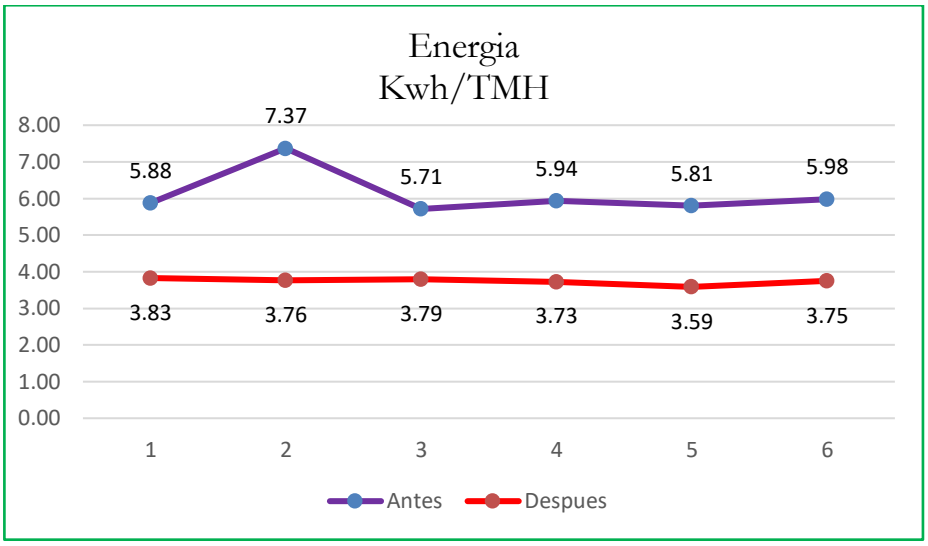
Figura 05. Metros perforados por tonelada de mineral explotado.



METROS PERFORADOS m/TMH	Media	D.E.	Prueba t-Student para la diferencia de medias	Valor p
Antes	1.59	0.19	6,952.00	0.000
Después	1.06	0.03		

Como se muestra en la presente figura 5, los metros perforados en el proceso de minado se ha reducido de 1.59 m/TMH a 1.06 m/TMH, representando una reducción del 33.33%. Al realizar el análisis estadístico con la prueba t-Student para determinar si existe diferencia significativa en cuanto a los metros perforados del antes y del después de la implementación del método de Hundimiento por subniveles, se observa que las diferencias son estadísticamente significativas ($p<0,05$), por lo que se puede afirmar que la implementación del nuevo método de minado favorece significativamente en la reducción de los metros perforados para el proceso de minado.

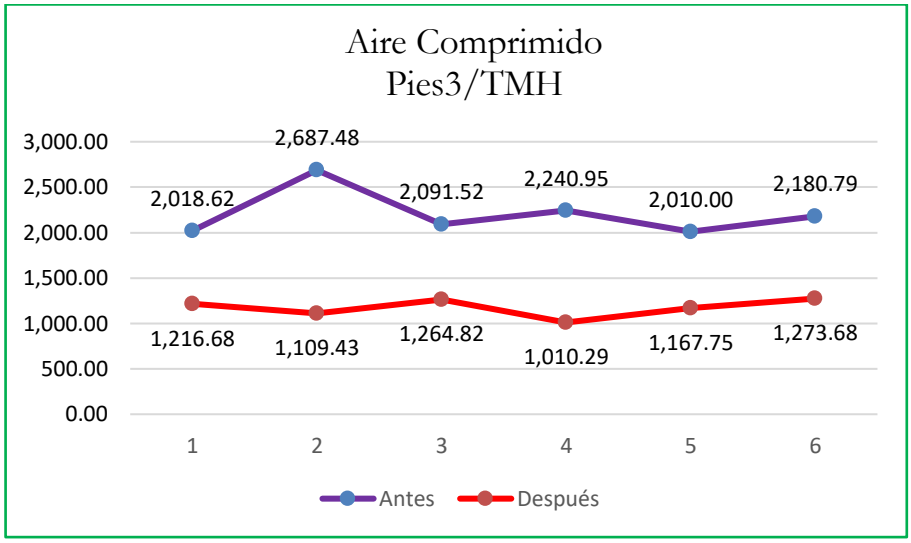
Figura 06. Consumo energético en el proceso de minado



ENERGIA KWH/TMH	Media	D.E.	Prueba t-Student para la diferencia de medias	Valor p
Antes	6.12	0.62	9,262.00	0.000
Después	3.74	0.08		

Como se muestra en la presente figura 6, el consumo energético en el minado de la concesión Fernando Antonio F se ha reducido de 6.12 Kwh/TMH a 3.74 Kwh/TMH, representando una reducción del 38.88%. Al realizar el análisis estadístico con la prueba t-Student para determinar si existe diferencia significativa en cuanto al consumo energético del antes y del después de la implementación del método de Hundimiento por subniveles, se observa que las diferencias son estadísticamente significativas ($p<0,05$), por lo que se puede afirmar que la implementación del nuevo método de minado favorece significativamente en la reducción del consumo energético en el proceso de minado.

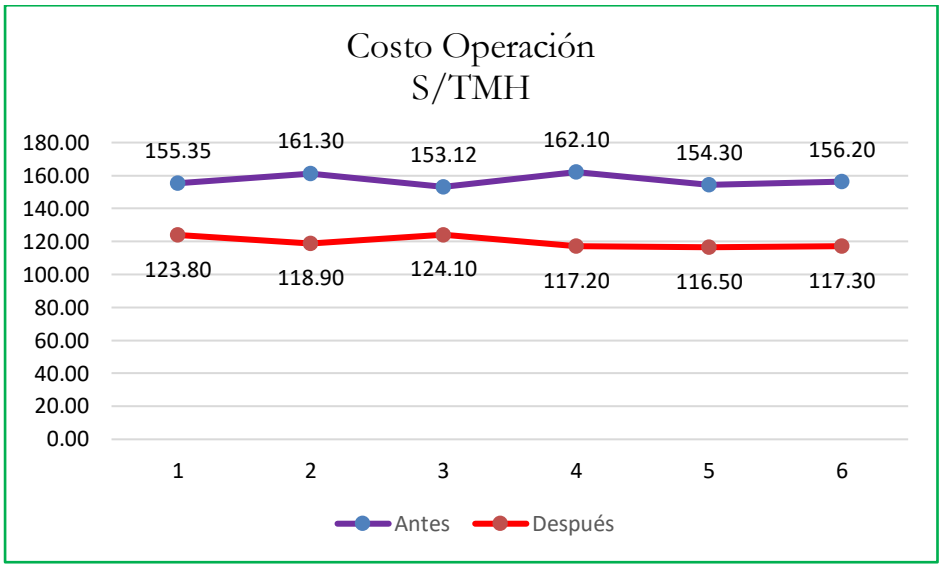
Figura 07. Consumo de aire comprimido en el proceso de minado



AIRE COMPRIMIDO Pies3/TMH	Media	D.E.	Prueba t-Student para la diferencia de medias	Valor p
Antes	2204.89	253.10	5,312.00	0.000
Después	1173.78	101.01		

Como se muestra en la presente figura 7, el consumo de aire comprimido en el minado de la concesión Fernando Antonio F se ha reducido de 2204.89 pies3/TMH a 1173.73 Pies3/TMH, representando una reducción del 38.88%. Al realizar el análisis estadístico con la prueba t-Student para determinar si existe diferencia significativa en cuanto al consumo de aire comprimido del antes y del después de la implementación del método de Hundimiento por subniveles, se observa que las diferencias son estadísticamente significativas ($p<0,05$), por lo que se puede afirmar que la implementación del nuevo método de minado favorece significativamente en la reducción del consumo de aire comprimido en el proceso de minado.

Figura 08. Costo de operación en el proceso de minado



COSTO S/TMH	Media	D.E.	Prueba t-Student para la diferencia de medias	Valor p
Antes	157.06	3.75	18,034.00	0.000
Después	119.63	407.12		

Uno de los parámetros a tener presente en los procesos productivo es el costo, Como se muestra en la presente figura 8, los costos del minado en la concesión Fernando Antonio F se ha reducido de 157.06 S/TMH a 119.63 S/TMH, representando una reducción del 23.83%. Al realizar el análisis estadístico con la prueba t-Student para determinar si existe diferencia significativa en cuanto al costo de operación del antes y del después de la implementación del método de Hundimiento por subniveles, se observa que las diferencias son estadísticamente significativas ($p<0,05$), por lo que se puede afirmar que la implementación del nuevo método de minado favorece significativamente en la reducción de los costos de operación en el proceso de minado.

V. DISCUSIÓN

La industria extractiva se caracteriza por cuidar uno de los ratio más importantes que se llama productividad, cuyo concepto es, que resultados tengo con los recursos que se ha utilizado, esto nos conduce a determinar si he usado correctamente los recursos que son, personas, explosivos, energía, madera, aceros de perforación, aire comprimido, dinero, etc., y es de suma importancia que todos estos recursos estén bien utilizados en la organización y definitivamente siendo productivos la organización se convierte en competitiva.

La caracterización Geomecanica del nivel 2880 – Carlos de la concesión minera Fernando Antonio F, nos conduce que los valores de las rocas encajonantes son muy favorables para la implementación del método de minado por subniveles, así mismo la caracterización del mineral no permite realizar perforación en abanico de manera satisfactoria.

Con la implementación del método de minado de hundimiento por subniveles la producción de la concesión minera Fernando Antonio F se ha incrementado en 1309.58 TMH/mes como se muestra en la Figura 2, como se observa en la figura 3, el consumo de personas por tonelada producida de ha incrementado en 0.84 TMH/hombre con lo que se afirma que estamos siendo más eficientes en el uso del recurso. El consumo de explosivos conocido como el factor de potencia se ha reducido de manera notable a 0.28 Kgr/TMH tal como se muestra en la figura 4. Una de las características de la explotación minera de carbón por el sistema subterráneo convencional es el alto consumo de maderas de eucalipto con la implementación de este método de minado no permitió reducir el consumo de 0.62 postes/TMH a 0.39 postes/TMH, es importante mencionar que los redondos que

se usan como elementos de sostenimiento son de 2.4 metros de largo por 8 pulgadas de diámetro. En todo operación minera subterránea es de suma importancia cuantificar los metros perforados como análisis para el desgaste de aceros de perforación, con esta implementación se ha logrado reducir los metros perforados en 0.53 m/TMH. En la Figura 7 se muestra la reducción del consumo aire comprimido de 2204.89 pies3/TMH a 1173.78 pies3/TMH, el cual es generado por compresor eléctrico de 400 CFM de 75 KW, esta reducción nos indica que los equipos de perforación rotopercutiva están operando menos tiempo. El mayor consumo energético está asociado a las horas de operación del compresor eléctrico por lo que el consumo energético se ha reducido de 6.12 Kwh/TMH a 3.74 Kwh/TMH como se muestra en la figura 6. De las mejoras en los ratios arriba indicados esto trasciende en el costo total de operación, como se muestra en la figura 8 el dinero que se gasta en el minado se ha reducido de manera notable de 157.06 S/TMH a 119.63 S/TMH. De todo lo afirmado anteriormente nos conduce a concluir que la implementación del método de explotación por hundimiento por subniveles mejora de manera sustancial la productividad.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los rubros anteriores nos conducen a sacar algunas conclusiones que serán dadas en forma resumida.

Con los Ratios que se han detallado en la etapa de resultado concluimos que las características geomecanicas de las rocas en encajonantes y mineral permiten implementar el método de hundimiento por subniveles con perforación en abanico, así mismo los ratios de consumo de persona, explosivos, madera, aire comprimido y finalmente los costos de producción nos indica que la implementación del método de Hundimiento por subniveles incrementa la productividad de la concesión minera Fernando Antonio F , yacimiento de carbón antracita ubicado en el distrito de mancos, provincia de Yungay y departamento de ÁNCASH.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Orive, Javier. 2017. *Innovation in up-hole deviation measurements in sublevel stoping mines*. Stockolm: Edit. MaxamCorp Holding.

Gutiérrez, Daniel. 2008. *Proyecto de aplicación del método tajeo por subniveles en el tajo 420-380 en mina Chipmo, U.E.A. Orcopampa*. Lima: edit. PUCP.

Vergara, Yazna. 2014. *Altura de columna en block/panel caving*. Santiago de Chile: Edit: Universidad de Chile.

Gonzales, Luís. 2002. *Ingeniería geológica*. Asturias: Edit. Prentice Hall

Sanchidrián, José. 2010. *Rock fragmentation by blasting.* Londres: Edit. Taylor & francis group

Mckenzie, Kameron. 1999. *Tecnología de voladura de rocas*. Colorado: Edit. Blastronic pty.

Kennedy, Bruce. 1990. *Underground mining.* Colorado: Edit. Society for mining metallurgy and exploration. Inc.

Krawford, Wiliam. 1999. *Underground mine planning and design.* New York: Edit Society of mining enginneers.

Berta, Giorgio. 1985. *L'esplosivo strumento di lavoro.* Milano: Edit. Italesplosivi

ANEXOS

Foto 01. Muestra la forma correcta de realizar el levantamiento geo estructural

Foto 02. Muestra la Forma correcta de la ubicación de los elementos de sostenimiento mediante cuadros de madera de eucalipto

Foto 03. Muestra los equipos usados en la evaluación geomecánica, la pico de geólogo y la brújula Brunton.

Foto04. Muestra el equipo roto percutiva usado para la perforación en abanico YT – 29 modelo Jack leg

Foto 05. Muestra la ubicación de las chapas metálicas para la etapa de extracción del mineral fragmentado

Foto 06. Muestra la forma correcta de ubicación de los elementos de sostenimiento en los inclinados primarios y secundarios.

Foto 07. Compresor eléctrico Boleite de 400 CFM y 75 Kw

Foto 08. Preparando la madera para los cuadros cónicos

Foto 09. Aceros de perforación para los taladros en abanico

Foto 10. Juego de barras extensibles para las perforadora YT -29