

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Aplicación de la ingeniería de métodos en las operaciones unitarias de
perforación para mejorar la productividad – Unidad Minera**

Uchucchacua Cía. Minas Buenaventura S.A.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

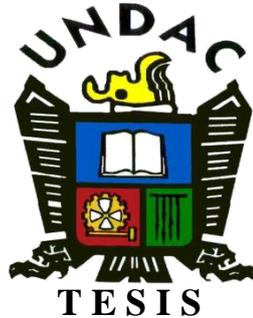
Bach. Junior BONILLA CONCHA

Asesor:

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA

Cerro de Pasco - Perú - 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



**Aplicación de la ingeniería de métodos en las operaciones unitarias de
perforación para mejorar la productividad – Unidad Minera
Uchucchacua” Cía. Minas Buenaventura S.A.**

Sustentado y aprobado ante los miembros del jurado:

Mg. Vicente César DAVILA CORDOVA
PRESIDENTE

Ing. Toribio GARCIAS CONTRERAS
MIEMBRO

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería de Minas
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N°143-JUIFIM-2023

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bachiller: Junior BONILLA CONCHA

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

“Aplicación de la ingeniería de métodos en las operaciones unitarias de perforación para mejorar la productividad – Unidad Minera UCHUCCHACUA” Cía. Minas BUENAVENTURA S.A.

Asesor:

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA

Índice de Similitud: 05%

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 30 de setiembre del 2023

Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO
JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mis padres Oscar y Maribel por su amor incondicional y por guiarme en cada paso. Su apoyo y sacrificio ayudo a hace realidad esta meta

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi protector, guía, brindarme fuerza y por su gran misericordia.

A toda mi familia por su apoyo constante.

A la empresa Uchuchacua por la oportunidad e información brindada.

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión por los conocimientos
brindados a lo largo de mi formación profesional.

Al docente Silvestre Fabián por sus consejos y apoyo para la presentación
del presente trabajo

RESUMEN

El Proyecto titulado “Aplicación de la ingeniería de métodos en la operación unitaria de perforación para mejorar la productividad – Unidad MINERA UCHUCCHACUA” Unidad MINERA UCHUCCHACUA” Cía. De Minas BUENAVENTURA S.A. 2022, se enfoca en la necesidad de aplicar las técnicas industriales de una investigación que relaciona fundamentalmente el estudio de la distribución de los tiempos operativos para optimizar los procesos en las operaciones de perforación y voladura que finalmente mejora la eficiencia de la productividad en cuanto se refiere a esta importante operación unitaria.

La aplicación de la ingeniería de métodos en las operaciones de perforación y voladura que debe seguir un proceso continuo mejora de los índices de los parámetros de perforación deben mejorar notablemente esta operación unitaria de manera que aseguren resultados favorables en el control de los tiempos para estandarizar procesos.

La aplicación de estos métodos es responsabilidad de todos y por consiguiente la solución a una problemática de una mala utilización de los tiempos operativos con un nuevo enfoque que incluya: un diagnóstico que identifique los procesos de su desarrollo, y señale la potencialidad de los riesgos, lo cual nos permita solucionar problemas que asegure la satisfacción de las necesidades presentes y futuras, sobre la base de una responsabilidad compartida (*J.L. Ingenieros Consultores 2022*).

La elaboración de esta Tesis constituye un aporte interesante para la aplicación de los controles críticos de procesos en los diferentes frentes de avance de la mina, así mismo ayudara como referencia para otras unidades mineras, que siguiendo su metodología o adecuándolas en sus procesos, tendrán la difusión de los controles operativos de producción, para reducirla los tiempos muertos y mejorar continuamente la producción y productividad.

Palabras Clave: Controles óptimos, parámetros de tiempo en la perforación y voladura.

ABSTRACT

The Project entitled "Application of engineering methods in the drilling unit operation to improve productivity - MINERAUCHUCCHACUA Unit" MINERAUCHUCCHACUA" Cía. From Mines BUENAVENTURA S.A. 2022, focuses on the need to apply the industrial techniques of a research that fundamentally relates the study of the distribution of operating times to optimize the processes in drilling and blasting operations that finally improves the efficiency of productivity as far as it is concerned. to this important unitary operation.

The application of method engineering in drilling and blasting operations that must follow a continuous process, improvement of the drilling parameter indices, should significantly improve this unitary operation in order to ensure favorable results in time control to standardize processes.

The application of these methods is everyone's responsibility and therefore the solution to a problem of misuse of operating times with a new approach that includes: a diagnosis that identifies the processes of its development, and indicates the potentiality of the risks, which allows us to solve problems that ensure the satisfaction of present and future needs, on the basis of a shared responsibility (*J.L. Ingenieros Consultores 2022*).

The elaboration of this Thesis constitutes an interesting contribution for the application of the critical controls of processes in the different fronts of advance of the mine, likewise it will help as a reference for other mining units, that following its methodology or adapting them in their processes, will have the dissemination of operational production controls, to reduce downtime and continuously improve production and productivity.

Keywords: Optimal controls of time parameters in drilling and blasting.

INTRODUCCIÓN

En la unidad minera de Uchuchacua, se inician las acciones de las mejoras continuas en cuanto se refiere a la productividad y elevar la producción y la reducción de sus costos unitarios. La gerencia en las reuniones sucesivas ha puesto en evidencia los grandes desperdicios que se incurren en la unidad en las operaciones de perforación y voladura en lo que se refiere al exceso de tiempos muertos por ello se ha tomado el interés que como profesionales del área se presenta el proyecto y tomar las decisiones y las medidas correctivas con el fin de eliminar estos defectos y errores operativos en las guardias de día y de noche.

Para llevar a cabo el estudio se ha realizado una profunda y minuciosa observación de los detalles que directa e indirectamente influyen en el exceso de tiempos muertos y la deficiencia en la utilización de la máquinas y herramientas por ello se hace necesario establecer un sistema de control con ello encontrar las formas rápidas y eficientes de mejorar la productividad y al mismo tiempo definir las causas que provocan un alto o bajo rendimiento en las operaciones propias de nuestras operaciones unitarias.

En la unidad se han realizado observaciones en tajeos pilotos, especialmente por colaboradores de las contratas donde se ha encontrado resultados menos que espectaculares respecto a trabajadores de Compañía, que son alentadoras en las mismas condiciones de laboriosidad o actividad respecto a la productividad la idea del “sí se puede” mejorar la productividad con mayor eficiencia cuando se establece las medidas de control y las adecuaciones de trabajo específicas de trabajo y responsabilidad que trae abajo los argumentos que aducen muchos operarios cuando se tiene en mente mejorar la productividad evitando en lo posible las excusas sobre las dificultades.

Para el desarrollo del proyecto, se han realizado observaciones a tajeos piloto, ejecutado por colaboradores de terceros menos que espectaculares respecto a la

compañía, que resultan alentadores porque son datos de las condiciones directas de laboriosidad, bajo el concepto de “si se puede” producir con mayor eficiencia, trayendo abajo argumentos de dificultad que son meras excusas mal acostumbradas.

El autor

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	3
1.3. Formulación del problema.....	19
1.3.1 Problema general.....	19
1.3.2 Problemas específicos.....	19
1.4. Formulación de objetivos.....	20
1.4.1 Objetivo general.....	20
1.4.2 Objetivos específicos.....	20
1.5. Justificación de la investigación.....	21
1.6. Limitaciones de la investigación.....	22

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	23
2.2. Bases teóricas-científicas.....	29
2.3. Definición de términos básicos.....	31
2.4. Formulación de hipótesis.....	49
2.4.1. Hipótesis general.....	49
2.4.2. Hipótesis específicas.....	50
2.5. Identificación de variables.....	50
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	51

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	52
3.2. Nivel de investigación.....	52

3.3. Métodos de investigación	52
3.4. Diseño de investigación	53
3.5. Población y muestra.....	53
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	53
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	54
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	54
3.9. Tratamiento estadístico	54
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	54

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo	55
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	58
4.3. Prueba de hipótesis	68
4.4. Discusión de resultados.....	77

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1 Unidad Minera Uchucchacua-Fuente Google Maps.	4
figura 2 Ubicación de la mina	11
figura 3 Plano de ubicación de la unidad minera	11
figura 4 Columna estratigráfica Uchucchacua	14
figura 5 Planeamiento Minas Uchucchacua	15
figura 6 PRODUCCION DE MINERAL -Ley de Cabeza.....	17
figura 7 Reservas y recursos al están hasta el 31de diciembre del 2018	18
figura 8 Producción de Ag en miles de onzas	18
figura 9 Siete herramientas de la calidad Administración y Finanzas Monografias.com	31
Figura 10 Tipos de arranque quemados.....	41
Figura 11 Diagrama de arranque y corte de cuatro secciones	42
figura 12 Cuadro de factor de seguridad	43
figura 13 Diagrama de causa efecto	67
figura 14 Diagrama comparativo de tiempos muertos G-Día/G-Noche.....	67
figura 15 Proceso de Definición tareas.....	76
Figura 16 Grafico comparativo de costo de disparo con Dinamita vs Anfo	86
Figura 17 Tonelaje roto función del N de taladros y de la Malla de perforación.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estimación de la Calidad de rocas para diseño de malla	15
Tabla 2 Aplicaciones Iso. 9000	33
Tabla 3 Resistencia de las discontinuidades.....	38
Tabla 4 Factor de fijación.....	43
Tabla 5 Operacionalización de Variables.....	51
Tabla 6 Aspectos de trabajo	71
Tabla 7 Tabulados y promediados del sistema de muestras.....	72
Tabla 8 Proceso hombre-máquina.....	79
Tabla 9 costos comparativos	83
Tabla 10 costos comparativos II.....	83

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Las operaciones en minería son etapas de la producción en el que día a día esta operación unitaria de perforación se presenta en las empresas mineras del País y del mundo, dentro del mismo cabe destacar, por su cuantía, complejidad, y experiencia, la de los operarios y perforistas.

Para los fines de este estudio definimos que el principio de la perforación se basa en el efecto mecánico de percusión y rotación, estos producen la trituración de la roca formando así un taladro. El propósito de estos alojados al explosivo y sus accesorios iniciadores, para iniciar la operación unitaria de la voladura.

Sabemos por experiencia que para conseguir una voladura eficiente la perforación es muy importante, así como la selección del explosivo, y en manejo de parámetros de roca y explosivos, muchos factores afectan la voladura, áreas como planeamiento, geomecánica, operaciones tienen que hacer un match casi perfecto para que este trabajo se realice de la mejor manera.

El buen trabajo de perforación está en realizar uno taladros que cuenten con las siguientes condiciones: diámetro, longitud, rectitud y estabilidad. Asimismo, cabe precisar que la perforación en minería considerada como un arte poco conocido donde los hombres que realizan esta labor en minas subterráneas o en minas a cielo abierto, el trabajo de estos hombres debe ser preciso y deben seguir sus PETS y demás herramientas de gestión, ellos trabajan durante muchas horas, además hoy en día la competencia exige que ellos deben de estar capacitados en la operación de múltiples equipos y no solo de uno. Hoy en día, los perforistas tienen que dominar sus máquinas de perforación y las técnicas de perforación, y estar aptos para el cambio de quipos y maquinarias porque como se conoce hoy en día se vive en un mundo de demasiada competencia lo cual exige capacitarnos día a día desde los perforistas hasta las altas jefaturas en la rama de la ingeniería de minas.

Por otro lado, es también importante conocer, las características físicas y emocionales del perforista y el personal que convive en la operación de Ucuchacua, todos los trabajadores de las operaciones mineras están lejos de casa por largos periodos de tiempo bajo un sistema de trabajo, es por esto necesario también realizar una evaluación psicológica a los perforistas. La mayoría de las operaciones mineras se encuentran alejados de zonas urbanas, esto hace que los que trabajan en aquí nos alejemos de nuestra familia, soportando cambios de temperaturas abruptas, las condiciones de una minería subterránea o superficial.

La minería subterránea es muy compleja y variante desde el punto de vista de avances como lo son las labores de desarrollo y explotación, ya que muchas veces se realiza un mal diseño de perforación y voladura, produciendo con esto una inestabilidad del macizo rocoso, que podría resurgir en un accidente fatal.

Las malas prácticas en mención han preocupado en la mina Uchucchacua, que obligo a investigar un modelo de perforación en la que incide el comportamiento y responsabilidad de los operarios y perforista, por lo que se hace necesario el control y el estudio mediante la ingeniería de métodos que nos servirá como herramientas para obtener la eficiencia buscada en esta unidad minera, con ello estaremos logrando nuestros objetivos deseados en eficiencia de la productividad y las incidencias en sus costos de operación.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1 Delimitación Espacial

La investigación se realiza, en la UP Uchucchacua. propiedad de la minera Buenaventura S.A.A Ubicada en la provincia de Oyón, Región Lima.

1.2.2 Delimitación temporal

El tiempo programado para realizar el estudio es de 8 meses de Julio del 2021 al febrero del del 2022.

Aspectos Generales de la Mina

Ubicación y Acceso

Ubicación

La Mina Uchucchacua se ubica en el Distrito y Provincia de Oyón, al este de la región de Lima. Es una operación subterránea descubierta por Compañía de Minas Buenaventura, la cual produce Ag, Pb y Zn desde 1975. Cuenta con varias minas en explotación, en las cuales se ha realizado una extensiva evaluación geológica analítica por estratigrafía, micropaleontología y petrografía en las rocas carbonatadas de la formación Jumasha (Cretácico Superior), con el objetivo de definir y explicar su potencial mineral. Los resultados han proporcionado niveles prospectivos bastante atractivos para la exploración y explotación, y ha permitido

entender mejor los procesos de mineralización, los cuales son cruciales para la definición de las reservas minerales de la mina.

figura 1 Unidad Minera Uchucchacua-Fuente Google Maps.



Plano General de Ubicación Minera Uchucchacua

Mina Uchucchacua es una de las diversas unidades mineras de la Cia. Minas Buenaventura S.A.A., la cual está ubicada en la provincia de Oyon, en el Departamento de Lima, a una altitud de 4.500 m.s.n.m. aproximadamente 265 kilómetros al noreste de la ciudad de Lima a una altura entre 4,000 y 5,000 m.s.n.m.

Rutas de Acceso

Se puede llegar a la mina por carretera sin asfalto, 145 kilómetros aproximadamente de longitud, el cual conecta con la carretera Panamericana. En los últimos años la carretera Churín – Oyón ha sido mejorada y asfaltada y tiene aproximadamente 29 kilómetros de longitud

Principales Productos (en orden de importancia):

Concentrado de Zn: Ag

Sub-Producto: Zinc

Concentrado de Pb - Ag: Ag

Sub-Producto: Pb

Barras Dore: Plata

Minas y Tipo de Minado en la UP. Uchucchacua

En mina Socorro, en el nivel 3850 se utiliza el siguiente equipo de perforación:

a) Atlas coopco boomer S1D: El equipo Boomer S1 D es una máquina de perforación hidráulico de un brazo, adecuado para la construcción de galerías y túneles. Utiliza un motor diesel para el traslado a los diferentes frentes de desarrollo para la construcción de taladros, que luego serán cargados con explosivos y con ello romper la roca presente en las labores en donde esta máquina realizara el trabajo.

Ahora veamos algunos conceptos como lo son:

Voladura: La voladura desde mi punto de vista es una operación unitaria de la minería, el cual genera grandes presiones en las rocas, estas presiones producen dos efectos, los cuales son la fragmentación y el desplazamiento, para la aplicación de una buena voladura se requiere un buen diseño y operación de los taladros quienes son los encargados de alojar a los explosivos seleccionados bajo una ingeniería de explosivos que permiten la elección del mejor explosivo.

Voladura controlada. Este es un método que refiere al desacoplamiento de un taladro y no producir lo que generalmente se requiere con una voladura, sino una pared que delimita la zona volada con lo zona no afectada. En minería subterránea se aplica para no dañar demasiado el macizo rocoso y no tener altos costos en movimiento de material y sostenimiento, que a causa de una mala voladura siempre son producidas. Lo que se produce en una voladura controlada es

una grieta de tensión, por esta se infiltran los gases y provocan un plano de corte de acuerdo con el diseño realizado.

Mina subterránea Socorro, Carmen, Huantajalla y Casualidad. Mina Uchuchacua con sus diferentes bocaminas se dedica a la explotación de diferentes minerales que contienen metales como el Zn, Ag, y Pb, que bajo un planeamiento estratégico hace que esta operación sea rentable, a pesar de los altos costos en sostenimiento que son los que minería subterránea producen los más altos costos.

Fragmentación.

En minería es un parámetro sumamente importante a medir, ya que nos da la respuesta de una voladura es decir si se tiene un target, supongamos de 4” y al realizar un análisis de fragmentación esta nos da un valor superior vamos a concluir que la voladura no está resultando de la manera en que se requiere, al contrario si se tiene una medición menor al target se producirá un ahorro en costos de chancado, pero al exceder demasiado también se tendrá problemas en la chancadora produciendo así un costo mayor

Equipos de carguío y acarreo.

- a) Equipo de carguío: Scoop Cat R1300G. Un equipo de carguío es esencial para el desarrollo del proyecto minero, ya que es el encargado de cargar el mineral y/o desmonte a los equipos de acarreo, en este caso el equipo R1300G bajo un análisis de planeamiento y costos se seleccionó debido a su bajo costos por tonelada, asegurando de esta manera una alta productividad a un costo menor, que es lo que lo hace sumamente importante para el desarrollo de una operación

- b) Equipo de acarreo: Dumper Atlas Coopco MT este quipo al igual que el anterior se seleccionó por una alta productividad, tiene una capacidad de 20 toneladas diseñadas exclusivamente para minería subterránea.

Equipos de sostenimiento.

- a) Bolter Sandvik DS311: La minería subterránea necesita de un sostenimiento, para ello una máquina de sostenimiento es necesario, que garantiza que las labores se sostendrán de una manera adecuada, bajo los parámetros geomecánicas requeridos, esta máquina es operada por un especialista encargado de hacer realidad el diseño de sostenimiento adecuado.

Capacidad de Planta (TMS por día): 2,722

Producción Histórica – Mineral Minado (TC)

2021 – 757,945

2020 – 550,718

2019 - 1,335,018

2018 – 1,387,775

2017 - 1,086,124

2016 - 1,013,395

2015 - 1,017,117

2014 - 950,430

2013 - 850,463

2012 - 810,280

Producción (Oz)

2021-Plata – 3,732,391

2020 – Plata – 5,000,312

2019 – Plata – 10,640,913

2018 – Plata – 15,420,102

2017 - Plata - 10,090,337

2016 - Plata - 9,269,718

2015 - Plata - 10,555,566

2014 - Plata - 11,417,199

2013 - Plata - 9,873,772

2012 - Plata - 9,692,300

Cash Cost (US\$ / Oz)

2018 – 10.41

2017 - 16.27

2016 - 12.65

2015 - 9.75

2014 - 6.54

2013 - 4.62

2012 - 4.50

Ley de Cabeza (Oz / TC)

2021 – 6.45

2020 – 10.10

2019 – 9.06

2018 - 12.48

2017 - 13.04

2016 - 12.93

2015 - 13.98

2014 - 16.00

2013 - 16.02

2012 - 16.04

Certificaciones

- ISO 14001
- ISO 9001
- OSHAS 18001 / ISO 45001

GEOLOGIA GENERAL

Clima

En la zona de Uchucchacua, el clima como se conoce es frio y seco durante los meses de abril a diciembre, tornándose lluvioso de enero a marzo, pero ahora sabemos que el clima es muy variante cambiando día a día.

Relieve

La topografía de la zona muestra en la parte central del distrito minero de Uchucchacua la divisoria continental de los Andes, angosta y abrupta que llega hasta los 5,200 m.s.n.m., hacia el Oeste de este lineamiento suceden quebradas en “V “y “U “flanqueadas por altos picos y al este una porción de la planicie altiplánica interceptada por numerosas quebradas y picos sobre los 4,800 m.s.n.m. La vegetación propia del área es escasa y constituida mayormente por ichu, variando a otras especies en las quebradas y valles encañonados, allí se realiza una incipiente agricultura.

Recursos

- Recursos Humanos: En Buenaventura los recursos humanos son los más esenciales e importantes para el desarrollo de la compañía y las empresas contratistas, esta empresa al ser peruana conoce de cerca el ambiente laboral, en especial de la minería ya que es un ambiente laboral sumamente absorbente

para cualquier colaborador, la minería necesita de los recursos humanos ya que son los que hacen realidad el negocio minero.

- Recursos Naturales: Lo único existente es el ichu que sirve de vegetación para los animales de la zona, que es uno de los negocios que más abunda en la zona ya que es un recurso importante.
- Recursos Animales, allí se presenta de animales como porcino, ovino y auquénidos en poca cantidad, que sirven de consumo local para los pobladores cercanos.

Buenaventura desde el año 2002 realiza encuestas de manera constante para evaluar mejoras en todas las áreas y conllevar a un mejor clima laboral.

La consultora internacional Mercer en el 2018 realizo la medición en las oficinas para encontrar mejoras en los procesos.

El clima laboral según la consultora internacional fue de 60%, que es bueno en el sector minero peruano, bajos las encuestas de anteriores años el progreso ha sido de manera constante desde el año 2012 donde se obtuvo un 43%, desde entonces han demostrado un crecimiento sostenido a lo largo del tiempo.

La consultora internacional concluyo que los trabajadores de Buenaventura tienen un alto compromiso con la compañía del 70%, mientras que la satisfacción de sus puestos de trabajo alcanzo un 67%, bajo los resultados obtenidos.

Geología regional

Uchuchacua es un depósito hidrotermal, exigentico del tipo de relleno de fracturas las que se conoce como vetas, las cuales fueron canales de circulación y reemplazamiento metasomatico con soluciones mineralizantes que luego formaron cuerpos de mineral. La presencia de intrusivos ácidos, como diques y stocks,

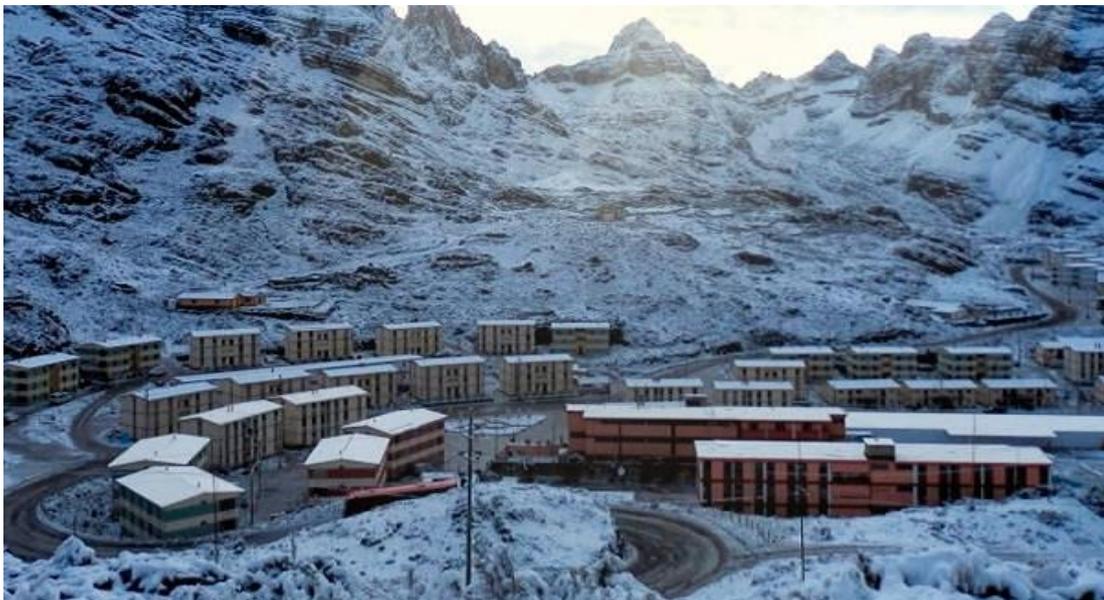
sugiere la existencia posible de concentraciones u ore bodies del tipo metasomatismo de contacto, en especial del metal de zinc.

La empresa minera Buenaventura en su afán de la mejora continua está considerando una serie de modificaciones en su unidad minera de Uchuchacua, ubicada en las regiones de Pasco y Lima, mejoras que ayudaran a optimizar los procesos y con esto mejorar la productividad reduciendo costos atreves de una serie de nuevos procesos.

figura 2 Ubicación de la mina



figura 3 Plano de ubicación de la unidad minera





Mina Uchucchacua dentro del mapa del Perú

Fuente: Mapa Político del Perú, elaboración propia.

Geología

La unidad minera de Uchuchacua presenta un yacimiento del tipo argentífero con metales tipo base con alto contenido de manganeso que esta hospedado en rocas carbonatadas pertenecientes a la formación Jumasha del cretáceo superior, que están relacionados al intrusivo del mioceno.

Esta formación consiste en cuerpos y vetas de reemplazamiento asociados a sistemas de estructuras NE-SW, E-W y NW-SE. Entre las que destacan las fallas de Uchuchacua Socorro, cachipampa, Rosa y Sandra y demás. Su mineralogía es cambiante y compleja con la ocurrencia de plata (Ag) en sulfuros y sulfosales, con abundante calcosilicatos y abundita de manganeso, el zinc y plomo se incrementa en las inmediaciones de los cercanos intrusivos. Actualmente se labora en la mina Huantajalla, Carmen-Casualidad y Socorro.

Geología local

La predominancia de las rocas sedimentarias del cretáceo se observa en la columna estratigráfica, sobre estas se tienen a los volcánicos terciarios, e instruyendo a los anteriores se mira dos tipos de intrusivos, coronando la secuencia se observa depósitos morrénicos y depósitos aluviales

Conocer la geología de la mina es esencial ya que esto nos da una idea de cómo se formó el yacimiento presente en la unidad minera de Uchuchacua, con esto ya se puede obtener la geología económica, es decir realizar un planeamiento estratégico para una explotación sostenida a lo largo del tiempo que ofrezca una rentabilidad como cualquier otro negocio.

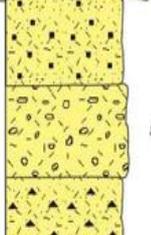
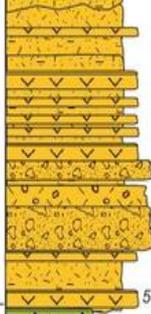
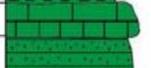
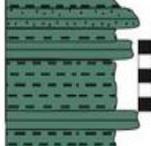
Eratema	Sistema	Serie	Unidad Litoestratigráfica	Espesor (m)	Columna	Descripción Litológica	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO				Depósitos aluviales, coluviales, fluviales, fluvioglaciares.	
		PLEISTOCENO					
	NEÓGENO	PLIOCENO	Grupo Lloclla	300		Depósitos fluvioglaciares, con clastos de rocas intrusivas y volcánicas. ----- DISCORDANCIA EROSIONAL -----	
			Fm. Fortaleza	700		Intercalaciones de tobas de cristales ricos en cuarzo y tobas liticas. ----- DISCORDANCIA ANGULAR Y EROSIONAL -----	
		MIOCENO	Formación Calipuy Superior			Tobas ----- LIGERA DISCORDANCIA ANGULAR -----	
		PALEÓGENO	OLIGOCENO	Grupo Calipuy	Formación Calipuy Inferior	1200 - 3000	
	Intercalaciones de lavas y tobas						
	EOCENO					Intercalaciones de aglomerados, brechas y tobas	
	PALEOCENO					Intercalaciones de lavas y tobas ----- DISCORDANCIA ANGULAR -----	
	MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	Grupo Casma	300		Secuencias volcanoclasticas y limoarcillitas. Lavas almohadilladas.
INFERIOR				Fm. Carhuaz	400		Secuencias de areniscas grises intercaladas con lutitas y limoarcillitas rojizas.
			Fm. Santa	50		Niveles de caliza	
			Fm. Chimú	350-800		Secuencias de arenisca cuarzosa blanca con estratificación cruzada, niveles superiores presenta conglomerados de arenisca cuarzosa blanca.	
Fm. Oyón			100		Areniscas en capas delgadas intercaladas con capas de carbón y restos de plantas.		
JURÁSICO		SUPERIOR	Grupo Chicama	600		Secuencias de areniscas grises y blancas intercalados con lutitas y niveles de carbón. Presenta resto de plantas fósiles.	

figura 4 Columna estratigráfica Uchuchacua

figura 5 Planeamiento Minas Uchucchacua

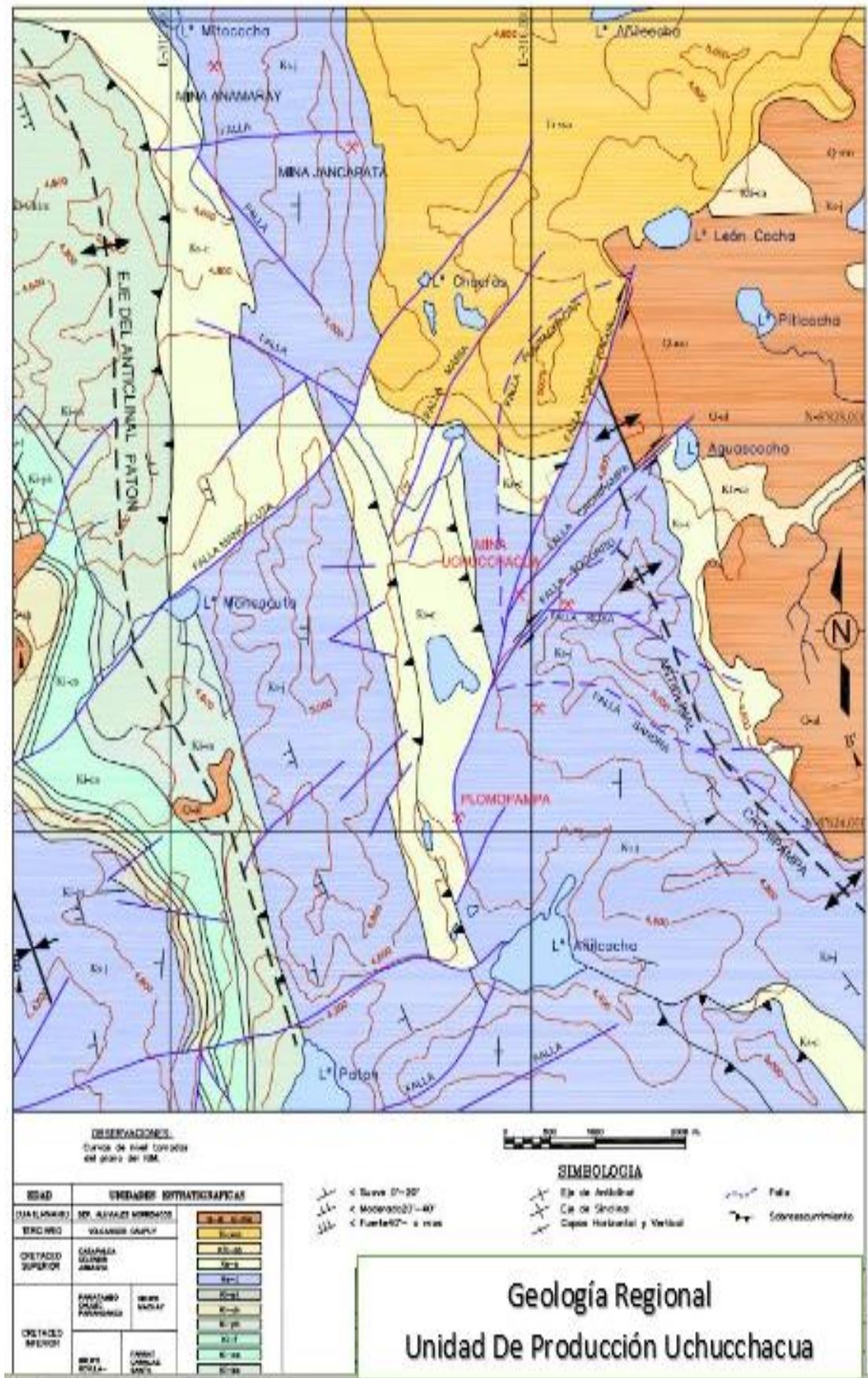


Tabla 1 Estimación de la Calidad de rocas para diseño de malla

Tipo de roca	Rango RMR	Rango Q	Calidad en base al RMR
II	>60	>5.92	Buena
IIIA	51 – 60	2.18 – 5.92	Regular A
IIIB	41 – 50	0.72 – 1.95	Regular B
IVA	31 – 40	0.24 – 0.64	Mala A
IVB	21 – 30	0.08 – 0.21	Mala B
V	<21	<0.08	Muy mala

Fuente Área: Geología. UP. Uchucchacua

Métodos de explotación

Minado:

Actualmente Uchucchacua tiene tres minas en explotación los cuales son, Huantajalla, Socorro y Carmen, y la producción diaria se retira a través de los piques Master y Luz.

Los métodos de explotación utilizados son de Bench & Fill y corte y relleno ascendente, ambos métodos se ajustan al modelo geológico obtenido, y son los que mayor rentabilidad ofrecen en comparativa con otros métodos ya que fueron analizados minuciosamente por experto en el área de planeamiento de mina. El transporte se realiza con locomotoras a través de rieles y carros mineros hacia las zonas de descarguío como los son los piques ya mencionados. El acceso principal es por medio de una rampa descendente, que fue planificada y esta recurre en los menores costos de transporte de material, además es necesario conocer que el desmonte se utiliza en los tajeos para de esta manera subir y seguir con el método de corte y relleno.

Para la ventilación se usa un ventilador principal de 300,000 CFM y ventiladores secundarios para el desarrollo de las labores más profundas encargados de insertar aire a las zonas más profundas.

Para el drenaje se utiliza bombas de agua en seri con capacidades que superan los 750 l/s que evacua el agua hacia el nivel 4120 y sale a superficie a través del túnel paton de más de cuatro kilómetros de longitud.

Ambos métodos son utilizados en esta unidad para la extracción de minerales de forma segura y eficiente. Cada uno tiene sus propias ventajas y consideraciones, y su elección depende de diversos factores, como las características geológicas del yacimiento, la geometría de la zona mineralizada y los requisitos de seguridad.

figura 6 PRODUCCION DE MINERAL -Ley de Cabeza

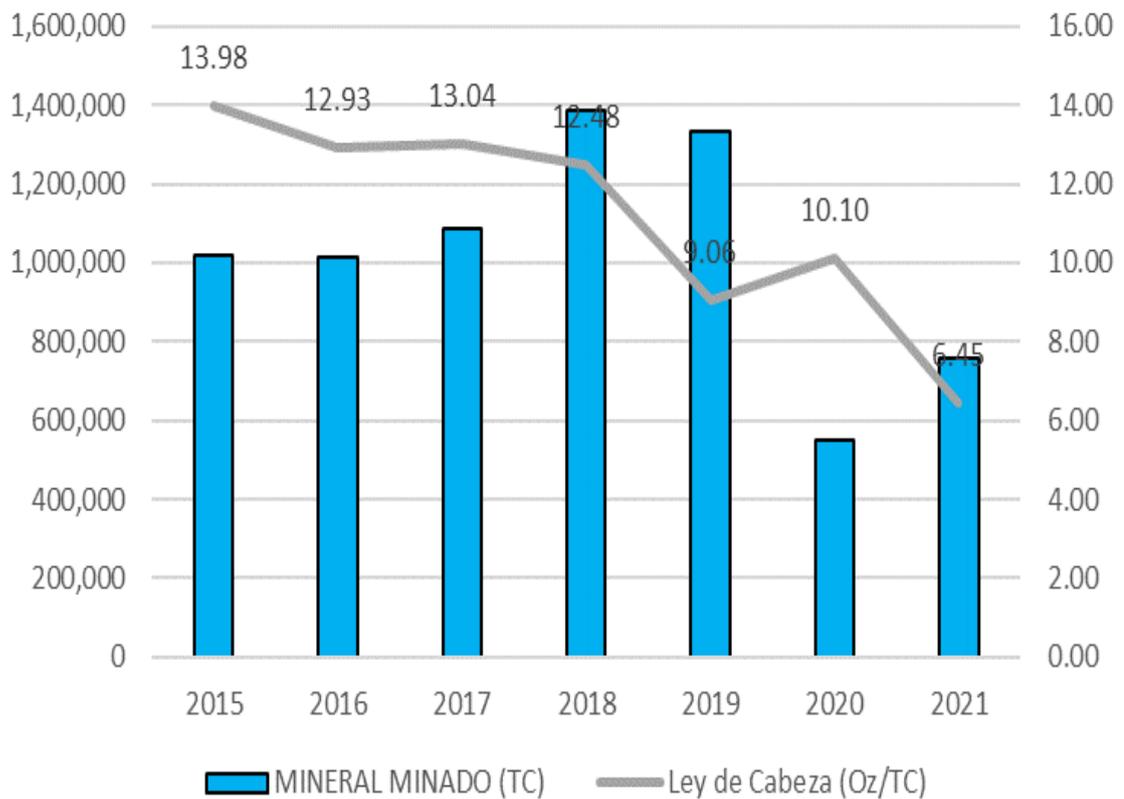


figura 7 Reservas y recursos al están hasta el 31 de diciembre del 2018

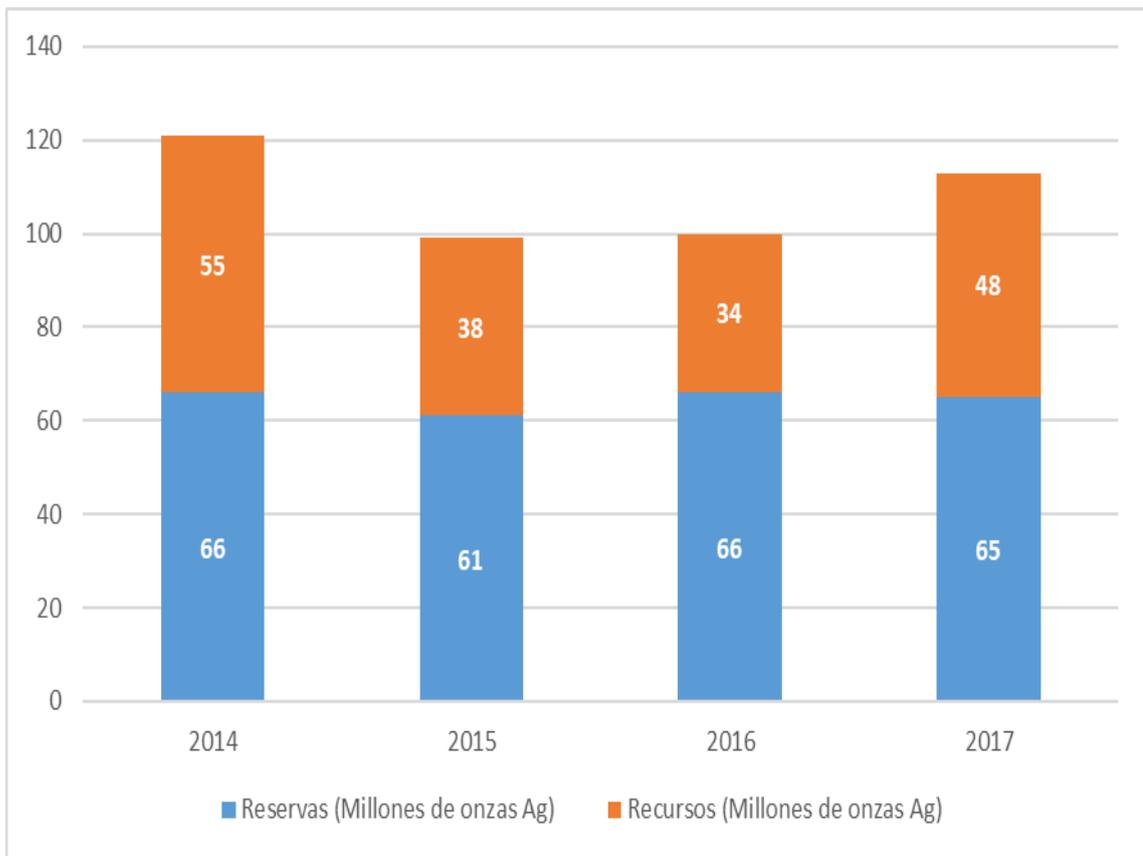
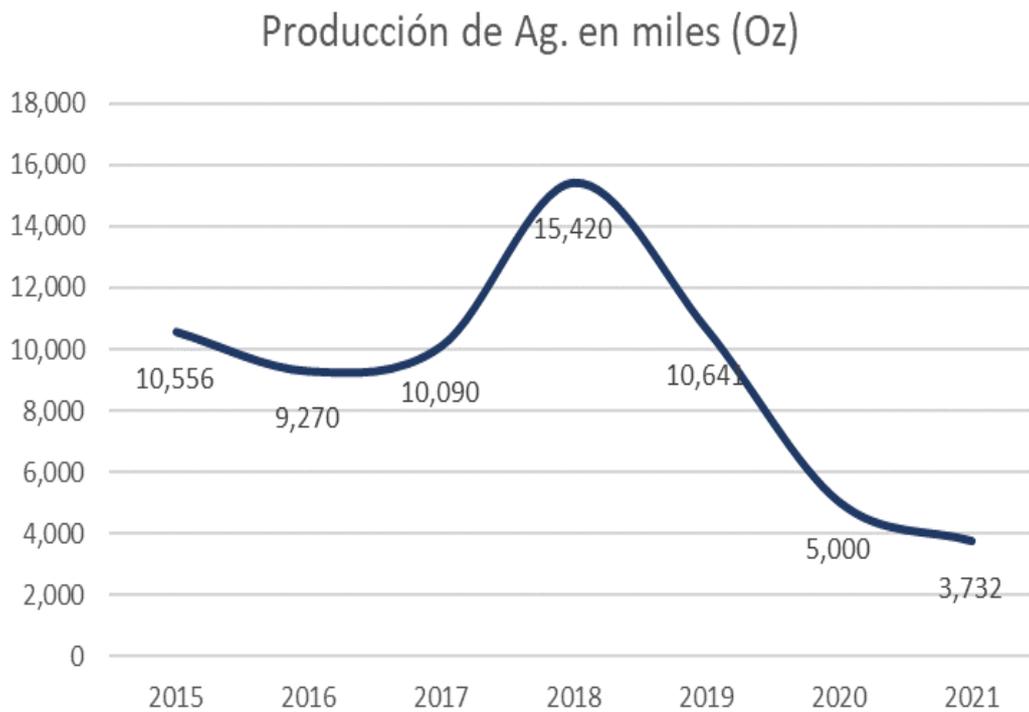


figura 8 Producción de Ag en miles de onzas



Geología económica

La Unidad Minera Uchuchacua junto a su área Socorro es un depósito hidrotermal y epigenético del tipo de relleno de fracturas con presencia de vetas, las cuales fueron canales de circulación y reemplazamiento metasomático de soluciones mineralizantes que luego formaron los cuerpos mineralizados o también conocidos como los ore bodies. El cuerpo en explotación actualmente es el cuerpo Magaly presente en la falla Socorro con minerales con presencia de zinc y plomo.

En el nivel 060 se tiene los blocks 16 y 30 se obtuvo una reserva de 226836 toneladas cortas secas con una ley promedio de 19.3OzAg/TCS, 1.1% de Zn y 0.9% Pb.

El cuerpo Magaly tiene aproximadamente de 8.0 metros mientras que la potencia de falla Socorro es en promedio 5 metros, 60 metros de largo y 200 metros de ancho, este cuerpo se explotara por el método de sublevel stoping.

1.3. Formulación del problema

1.3.1 Problema General

¿Se puede conseguir eliminar los tiempos muertos de las operaciones de perforación frenando el avance controlando las actividades del personal en la Mina Uchuchacua, aplicando la ingeniería de métodos

1.3.2 Problemas específicos

- ¿Cómo la ingeniería de métodos puede mejorar el consumo de tiempos en las operaciones de los operarios de perforación en la Unidad minera de Uchuchacua?
- ¿La falta de control de tiempos en la Unidad trae como consecuencia la baja productividad en la Mina de Uchuchacua?

- ¿Cómo afecta en la productividad la mala posición del operario y al realizar la perforación y por la dureza de la roca en la Unidad minera de Uchucchacua?
- ¿El transporte del personal a los frentes de perforación ocasionan tiempos improductivos ocasionando pérdidas de tiempo y económicos en la unidad Minera de Uchucchacua?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1 Objetivo general

Los Objetivos principales son:

- Elevar los índices de Productividad de la Unidad Minera de Uchucchacua.
- Iniciar el proceso de mejoramiento continuo (MC) en el departamento de Mina.
- Lograr el compromiso del personal de la compañía para lograr las aspiraciones de mejora.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Estimar los tiempos muertos de mina de la guardia de día como la guardia de noche.
- Cuantificar el costo de perjuicio ocasionado por los tiempos muertos.
- Estimar los estándares de; tiempos de perforación por taladro, profundidad del taladro, factor de potencia, productividad por frente o tajeo, y eficiencia en tiempos.
- Definir y determinar las causas que generan los tiempos muertos
- Rediseñar la estructura de bonificaciones.

1.5. Justificación de la investigación

Esta investigación se basa en conocer a profundidad las mejores y peores prácticas en las operaciones unitarias de perforación y voladura de la unidad minera Uchuchacua, para luego realizar unas mejoras continuas en estas operaciones.

Como es de conocimiento las operaciones unitarias de perforación y voladura permiten que el negocio minero se realice de manera sostenida a lo largo del tiempo bajo un planeamiento minero que fue establecido antes en donde se detalló la manera correcta de realizar estas dos operaciones unitarias.

La aplicación de la ingeniería de métodos permitirá obtener mejoras en las operaciones unitarias, con esto se mejorará la productividad, que ayudará a que el negocio minero se aún más rentable de lo previsto en el planeamiento minero establecido.

La ingeniería de métodos y sus herramientas refiere a mejorar las operaciones unitaria de perforación y voladura, que controlaran y ayudaran a obtener el mejor tiempo en que ayudaran a mejorar la productividad que ya fue establecido en la planificación minera, esto ayudara a saber que tan bien está marchando la operación en estas dos operaciones unitarias de la unidad minera Uchuchacua

1.5.1 Justificación Metodológica

El estudio se basa fundamentalmente en vencer las acciones que ocasionan los tiempos muertos en las actividades inherentes a la producción dentro de ella la más importante la perforación y voladura en la Unidad Minera de Uchucchacua.

1.5.2 Justificación Práctica

Un buen estudio de tiempos erradicara los tiempos muertos, la ingeniería de métodos usada como herramienta tiene parámetros de control que justifican su aplicación directa en las operaciones de la mina y adicionando un proceso de capacitación y adiestramiento a los componentes de las actividades mineras.

1.6. Limitaciones de la investigación

La importancia de la Investigación radica en que esta permitirá mantener en el ritmo de producción con la buena programación de los tiempos y eliminando sustancialmente actividades que ocasiona los tiempos improductivos.

Se tiene la limitación de tiempo, espacio ya que la investigación está limitada a la operación Uchuchacua y al año 2022, para cualquier mejora se tendrá este archivo solo como ejemplo ya que todo cambiará con el pasar del tiempo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

El presente trabajo de investigación en su modelo conceptual se realiza los parámetros y antecedentes que están relacionadas con el estudio, así como bases teóricas y definiciones relacionadas con el tema de perforación y voladura.

Sobre este estudio existe poca información de la aplicación de la ingeniería de métodos que fueron aplicados en la minería, pero respecto al tema de perforación y voladura, existe demasiados antecedentes ya que es la esencia del trabajo minero, a continuación, se muestra los antecedentes del trabajo.

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En el estudio titulado “Organización del trabajo a través de ingeniería de métodos y estudio de tiempos para incrementar la productividad en el área de postcosecha de la empresa florícola Lottus Flowers”, el objetivo primordial fue mejorar la eficiencia laboral mediante la aplicación de técnicas de ingeniería de métodos y análisis de tiempo en el departamento de potsocosecha de la empresa florícola Lottus Flowers, todo esto con el fin de mejorar su productividad.

El propósito central de esa investigación consistió en recopilar toda la información necesaria y relevante para respaldar las bases teóricas y científicas de la ingeniería de métodos y el estudio de tiempos. Posteriormente, se llevó a cabo un diagnóstico detallado del entorno inicial de la empresa, empleando diagramas y proceso de recorrido. Con este análisis permitió visualizar las tareas que se realiza en cada estación de trabajo dentro del departamento de postcosecha, que incluían la recepción de rosas, deshoje, clasificación, boncheo, corte de tallos, control de calidad y empaque. También se identificó problemas como, una disposición inadecuada de los puestos de trabajo y retraso en las operaciones debido a los tiempos ineficientes en cuanto a transporte refiere.

Se inició con la medición de tiempos necesarios y suficientes para cada etapa de los procesos en este estudio. A partir del cual se tuvo el diagnóstico inicial de la empresa, la cual revelo que la producción actual era de 11,893 tallos por día, mientras que la demanda era de 12,500 tallos por día. Después de la implementación de mejoras en la disposición física del área de postcosecha, estandarizar los tiempos y aplicar nuevas metodologías de trabajo, se logró reducir el ciclo de tiempo de 2.01 minutos por unidad a 1.79 minutos por unidad, haciéndolo mucho más productivo, lo que resulto en un aumento de la capacidad de producción a 13400 tallos por día y un incremento en la productividad del 12.67%, lo que se cumplió al tener el objetivo de la investigación.

En resumen, el estudio en mención logro optimizar los procesos de producción en el departamento de postcosecha, lo que a su vez contribuyo al aumento de la productividad y permitió satisfacer la demanda requerida por la empresa.

En el estudio titulado “Mejora del rendimiento y la productividad mediante el estudio de tiempos y movimiento en el área de producción de insecticidas de la empresa Agripac del año 2014”, el objetivo central de este estudio consistió en aumentar la eficiencia en el área de producción de insecticidas de Agripac. El enfoque de la investigación se caracterizó por ser cuantitativo y su nivel se consideró descriptivo explicativo; las técnicas utilizadas para recopilar todos los datos incluyeron la observación directa, encuestas y revisión de documentos, se empleó una lista de verificación y cuestionarios como instrumentos.

El propósito fundamental de la investigación fue establecer el tiempo estándar y mejorar la producción por hora, mediante investigaciones de campo que involucraron observación directa, el uso de herramientas de ingeniería de métodos, diagrama de flujo, diagrama de hombres-máquina, encuestas y comparaciones tabulares. A través de estos métodos se identificó factores que inciden en la productividad, tales como la falta de equilibrio en las líneas de producción y la identificación de cuellos de botella, bajo el rendimiento de la máquina envasadora debido a esperas en la carga del producto y la ausencia de métodos de trabajo adecuados. Estas pérdidas de tiempo resultaban muchas veces en pérdidas anuales de hasta \$51,880, que significa demasiado para una empresa como esta.

Además, este estudio permitió señalar áreas críticas en el proceso del envasado del líquido en la planta de procesos. La investigación propuso la implementación de nuevos métodos de trabajo sugiriendo inversiones como elevar el tanque de almacenamiento para eliminar las demoras en el llenado del insecticida, cambiar el etiquetado manual por uno automático y calibrar de manera adecuada la envasadora.

Con todo esto se llegó a recomendar a llevar a cabo un seguimiento riguroso de los indicadores de producción para evaluar el progreso de la implementación de la propuesta, con el objetivo de lograr un NPV de \$1.94 por cada dólar invertido.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Se reconoce que, en el ámbito de la producción minera, la ingeniería de métodos juega un papel fundamental en este entrépito negocio, ya que proporciona los medios para cuantificar y evaluar la producción determinar su viabilidad económica, medir el tiempo para llevar a cabo actividades involucradas, y analizar la relación entre la labor humana y las máquinas que son de gran ayuda en este tipo de negocio.

- Da Vinci, conocido por su diversidad de habilidades que incluían la ciencia, la matemática y la ingeniería, también destacó en la organización el trabajo, concentrándose en investigaciones sobre excavaciones sistemáticas de la tierra con el uso de palas.
- En el año 1280, Walter of Henley redactó un tratado llamado “Le Dite de Hosebondrie”, en el cual brindó consejos a su hijo acerca de la gestión de sus tierras, ganado y trabajadores, todo esto aplicando la ingeniería de métodos.
- Taylor, apodado el “Padre del estudio de tiempos”, se destacó por establecer estándares y capacitar a los trabajadores. Fue el primero en emplear un cronometro para analizar el desempeño laboral, con ello sentó las bases de la administración científica, que incluía el desarrollo de una ciencia para cada elemento laboral, la selección y capacitación minuciosa de todos los trabajadores, la promoción de buenas relaciones laborales y la división eficiente del trabajo.

- Desarrollar un enfoque científico para cada aspecto que conforma una tarea labora.
- Identificar al empleado más competente para desempeñar una tarea específica y proporcionarle una formación completa y rigurosa en esta tarea.
- Fomentar relaciones positivas entre la dirección y el sindicato, con el propósito de colaborar de manera conjunta en beneficio de la producción que repercutirá en los empleados y en los dueños de la operación o negocio donde se aplique esta investigación.
- La subdivisión de las tareas, que permite a cada individuo desempeñar su área de mayor competencia, reduciendo de esta manera el desperdicio de recursos como materia prima y tiempo. Esto también permite identificar la necesidad de contar con personal especializado cuando sea necesario.
- Henry Ford reconocido por su contribución a la productividad y calidad de procesos mediante la implementación de líneas de producción eficientes.
- En la geología minera se requiere un exigente y sistemático control de calidad (QA-QC), eso en la estimación de recursos y reservas geológicas, para que sea verificable en todas las etapas de la toma de muestras, siguiendo normativas como las australianas JORC, que validan la composición metálica y su cotización en la bolsa de valores del LME (London Metal Exchange).
- La aplicación de la ingeniería de métodos en la unidad minera Andaychagua del grupo Volcan Compañía Minera S.A.A, permitió diseñar y supervisar las losas del relleno cementado en sus labores explotadas en sus operaciones, con esto mejorar la productividad del trabajo.

- La ingeniería de métodos en la Unidad Minera de Cobriza se utilizó para monitorear temperaturas y la presión barométrica, empleando un termómetro con sondas de temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo.
- Conforme a “Especialidades Técnicas S.A.C”, la optimización del uso de energía en procesos minero-metalúrgicos es crucial, y la ingeniería de métodos es una herramienta vital para lograr un uso eficiente de la energía, beneficiando tanto a la industria como a la sociedad y también las partes interesadas.
- La Universidad Nacional de Huancavelica (2012)-Llanco Sedano, James Humberto. La investigación titulada: “Evaluación de la voladura basada en las clasificaciones geomecánicas en la CIA consorcio minero horizonte u/p culebrillas”, nos muestra que el ámbito geomecánica es lo más esencial en el diseño de las voladuras.
- La tesis: “Diseño de mallas de perforación y voladura subterránea en la mina San Rafael” de la Universidad Nacional de ingeniería de Lima, Perú; cuyas conclusiones sobre la ingeniería de métodos, si fue posible diseñar mallas de perforación y voladura subterránea para frentes en la mina San Rafael, esta señala que el enfoque de diseño de mallas de perforación basado en esta teoría se aplica exclusivamente a cortes en paralelo. Se logró aplicar la ingeniería de métodos en el análisis de granulometría para prever la fragmentación y evaluar la idoneidad del diseño de malla de perforación y voladura, determinando si este diseño era el más apropiado, con ello se mejoró el diseño en base a la ingeniería de métodos.

2.2. Bases teóricas-científicas

En la industria minera y las operaciones unitarias, se reconoce que la perforación y voladura son actividades de máxima importancia. Por tanto, es esencial dedicar una atención meticulosa al diseño de la malla, que debe estar en consonancia con las propiedades físicas, y geotécnicas del terreno rocoso. Además, el uso de equipos de perforación adecuados con la fuerza y potencia adecuadas es esencial para garantizar la eficiencia en estas dos operaciones unitarias, las cuales son las más esenciales en el negocio minero.

Es relevante mencionar que, si logramos llevar a cabo una perforación efectiva de los taladros en el frente de trabajo, distribuyéndolos de manera sistemática, y cargándolos adecuadamente con los elementos de voladura necesarios y una potencia explosiva adecuada, podemos estar seguros de obtener un resultado positivo en voladura controlada. En todas las unidades mineras del país, se está otorgando un enfoque creciente a este sistema de voladura debido a los riesgos y pérdidas sustanciales asociados con fallas en las voladuras que generan pérdidas peligrosas para la empresa y sus colaboradores.

Lillian Gilbreth y Frank, son los progenitores del estudio de tiempos, y movimientos. Ellos fueron esposos que eran seguidores apasionados de Taylor. Los esposos Gilbreth fueron en usar las filmaciones para el estudio de manos y cuerpo. Desarrollaron un micrómetro para el registro de tiempo de hasta $1/2000$ de segundo, colocaron en el campo de estudio y por medio de fotografías se determinó de cada personal el tiempo que empleaba en realizar cada movimiento. Esto permitió identificar y eliminar movimientos incensarios a simple vista. Ellos idearon un sistema de categorización para identificar 17 movimientos

fundamentales de las manos a los que llamaron Therbligs, como buscar, seleccionar y sostener.

Fran Gilbreth dedicó minuciosamente al estudio de movimientos y estas técnicas siguen siendo aplicadas en la actualidad. Mientras examinaba cuidadosamente las tareas relacionadas, con la colocación de ladrillo, identificó tres actividades diferentes para llevar a cabo esta tarea, y notó que, incluso utilizando el método más eficiente, se requería 18 movimientos para colocar un solo ladrillo. Sin embargo, a través de un análisis detallado Gilbreth pudo simplificar este proceso, reduciendo la cantidad de movimientos necesarios a tan solo 4 a 5 para la colocación de ladrillos, en el caso de ladrillos interiores, logró reducir la cantidad de movimientos necesarios de 18 a solo 2.

Taylor (1856-1915): Fue un ingeniero y economista que abogó para la implementación de la gestión científica del trabajo. En 1878, inició en la industria del acero con sus primeras investigaciones, la que marco el comienzo de una serie de estudios analíticos sobre los tiempos de ejecución y la compensación laboral. Sus principales objetivos incluían la determinación científica del trabajo estándar, la promoción de un cambio de mentalidad y la creación de trabajadores más eficientes, conceptos los cuales se derivan de su obra maestra “Shop Management”. Para esto se resumen los principios establecidos en este trabajo:

- Estudio de Movimientos.
- Estudio de Tiempos.
- Estandarización de herramientas.
- Creación de un departamento de planificación.
- Aplicación del principio de administración por excepción.
- Uso de tarjetas de instrucción para los trabajadores.

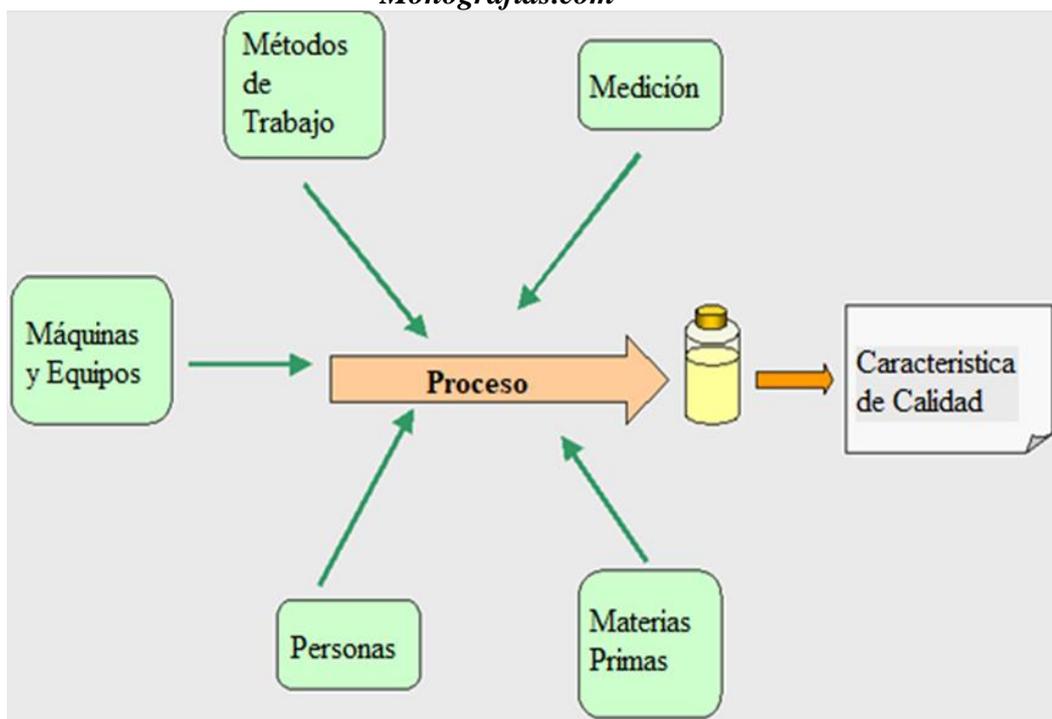
- Desarrollo de reglas de cálculo para el corte del metal.
- Implementación del sistema de ruteo.
- Empleo de métodos de determinación de costos.
- Selección de empleados según sus habilidades.
- Ofrecimiento de incentivos en caso de completar el trabajo en el tiempo establecido.

2.3. Definición de términos básicos

Marco Conceptual

Proceso: Se refiere a la ejecución de un programa, inicialmente se puede considerar como un proceso simple como un flujo de ejecución, conocer la diferencia entre programa y proceso es fundamental para conocer el concepto de un proceso, y conocer la diferencia es fundamental, la diferencia entre ambas radica que un proceso es una actividad específica que incluye un programa, interacciones de entrada y salida, este concepto nos ayudara a comprender el presente trabajo.

figura 9 Siete herramientas de la calidad Administración y Finanzas Monografias.com



- **Sistema Operativo:** Es el software que se ejecuta en conjunto con cualquier aplicación. Un software que funciona como intermediario entre un usuario y hardware de una computadora, Los programas muchas veces nos ayuda a gestionar los recursos del sistema informático.
- **Competencia:** Refiere al enfoque mediante la cual se aplica la jurisdicción en situaciones específicas relacionadas con la cantidad, territorio, turno, ubicación geográfica y secuencia, la competencia ocurre día a día que nos ayuda a seguir adelante, la competencia es la palabra que nos da a conocer nuestras capacidades en comparación de los demás.
- **Calidad total:** La calidad total es ofrecer un producto o trabajo que cumpla con altos estándares, esto se logra tras una larga capacitación en los procesos y en los trabajadores que se tiene en la operaciones, alcanzar una calidad total en minería se basa muchas veces en la calidad de la tri norma las cuales son conocidas de seguridad, medio ambiente y calidad, que ayuda a que el producto minero sea de calidad total, ya que estas tres normas son aceptadas internacionalmente, y para una empresa o compañía minera que cuente con estas tres normal en minería es símbolo que tiene una calidad total
- **Evolución histórica del concepto de calidad,** con el pasar del tiempo el concepto de esta palabra a sufrido demasiados cambios ya que como se sabe los tiempos jamás serán los mismas, en minería aún más evoluciona al pasar el tiempo, tanto de que ahora se describe cada entapa que se tenía de la calidad:

Tabla 2 Aplicaciones Iso. 9000

Etapa	Concepto	Finalidad
Artisanal	Hacer las cosas bien independientemente del costo o esfuerzo necesario para ello	<ul style="list-style-type: none"> - Satisfacer al cliente - Satisfacer al artesano, por el trabajo bien hecho - Crear un producto único.
Evolución Industrial	Hacer muchas cosas no importando que sean de calidad (se identifica producción de calidad)	<ul style="list-style-type: none"> -Satisfacer una gran demanda de bienes - Obtener beneficios
Segunda Guerra Mundial	Asegura la eficacia del armamento sin importar el costo, con la mayor y más rápida producción (Eficacia + Plazo = Calidad)	Garantizar la disponibilidad de un armamento eficaz en la cantidad y el momento preciso.
Postguerra (Japón)	Hacer las cosas bien a la primera	<ul style="list-style-type: none"> -Minimizar costos mediante la calidad - Satisfacer al cliente - Ser competitivo
Postguerra resto del mundo	Producir, cuanto más mejor	Satisfacer la gran demanda de bienes causada por la guerra
Control de Calidad	Técnicas de inspección en producción para evitar la salida de bienes defectuosos	Satisfacer las necesidades técnicas del producto
Aseguramiento de la Calidad	Sistema y procedimientos de la organización para evitar que se produzcan bienes defectuosos	<ul style="list-style-type: none"> -Satisfacer al cliente - Prevenir errores - Reducir costos - Ser competitivo
Calidad Total	Técnicas de administración empresarial centrada en la permanente satisfacción de las expectativas del cliente.	<ul style="list-style-type: none"> - Satisfacer tanto al cliente como interna - Ser altamente competitivo - Mejora continua

- **Benchmarking:** Es un proceso en la que se identifica lo mejor que se realiza en cada actividad o proceso, se analiza para después incorporarla a una empresa envista y espera de una mejora.
- **Perforación en rocas:** La minería es una actividad que necesita de la perforación con el único fin de crear taladros que almacenaran explosivos para triturar las rocas, para después acarrearlas a la desmontera o la chancadora, pero esta operación de perforación tiene métodos los cuales son:
 - Rotativa
 - Percutiva
 - Rotopercutiva

Los cuales se definen por la perforadora, el varillaje que es el elemento encargado de la transmisión de la energía, la broca o bit que es la que se encuentra en contacto directo entre el terreno y el equipo de perforación, y el barrido que es el encargado de la limpieza en el taladro.

- **Sobreproducción:** Es cuando se produce más de lo requerido o planeado antes del tiempo previsto, que no siempre implica ganancias si se lleva de mala manera.
- **Tiempo de espera:** Es definido como los tiempos en la que la sincronización no es la perfecta, existen varios tiempos de espera en la minería como tiempo de espera en una pala, tiempo de espera en la chancadora, tiempo de espera en colas y demás, creando de esta manera pérdidas en costos las cuales afectan a esta operación y negocia de la minería.
- **Transporte:** Es definido al traslado de los equipos, personas, que en minería es de suma importancia, para lograr lo planificado, una demora operativa de transporte de carga de mineral valioso puede ser considerado como una falla

en las operaciones, las cuales afectarán a lograr lo planificado, trayendo consigo retrasos que se convertirán en costos innecesarios afectando el negocio.

- **Procesamiento:** En minería se reconoce al procesamiento como la conversión y/o transformación de un mineral en un metal valioso, o incluso en concentrados de esta, que es lo que mayormente en la minería peruana se realiza. Estas operaciones lo realizan los ingenieros metalurgistas.
- **Producción defectuosa:** Es definida cuando el producto final no cumple los requisitos de calidad para los cuales fueron diseñados, esto no solo afecta al quien adquiere el producto sino también al quien realiza un producto, por ejemplo en la minería se requiere un concentrado de cobre que tenga bajos contaminantes, ya que como sabemos hoy en día se penaliza por los contaminantes, y los compradores de concentrado no querrán comprar este producto defectuoso afectando en mayor cantidad al producto en este caso la empresa minera.
- **Depósito:** Es definido como el cuerpo mineralizado que se ha delimitado a través de un modelo geológico, que se basó en las perforaciones diamantinas realizadas, en la cual se definió como una zona mineralizada con contenidos de metal que puede pagar las operaciones necesarias para la obtención del concentrado y además obtener una ganancia para quien invirtió en el negocio minero, este depósito se evaluará para obtener mejores resultados de inversión.
- **Ley de corte:** La defino como el número que diferencia entre mineral y desmonte, que es calculada a través de cálculos matemáticos que tienen en cuenta los costos de operación, el costo del metal, y las ganancias requeridas.

- **Proyecto:** En minería la definimos como un prospecto para iniciar las perforaciones diamantinas, para continuar con las demás operaciones unitarias, este proyecto sirve para conocer el depósito, y los posibles riesgos a las cuales nos enfrentaremos día a día si en caso este proyecto resulta tener una ganancia monetaria una vez procesado el mineral, con esto se hace sustentable el proyecto minero, haciendo que los inversionistas recuperen su dinero con ganancias.
- **Explotación:** Es la actividad en donde se centra la ingeniería de minas, que tiene el propósito y fin de extraer de la naturaleza el mineral de interés, para esto como ya se explicó anteriormente se necesita de varios estudios que definirán si el negocio es rentable.
- **Explosivo:** Es una sustancia que fue fabricada para el uso industrial, principalmente la minería, ya con este material se hace posible la operación unitaria de la voladura, hoy en día operaciones mineras están empezando a usar emulsiones gasificables que son explosivos que no se necesita que más de un aditivo el N-30.
- **Taladros:** Son huecos cilíndricos que fueron diseñados con el único fin de almacenar en estas los explosivos, las cuales se encargaran de remover el material para luego continuar con las demás operaciones unitarias.
- **Personal de perforación:** Son personas que fueron capacitados en esta operación unitaria o muchas veces quienes tienen más experiencia en comparación a las demás personas, se tiene trabajadores desde ingeniero hasta ayudantes quienes ayudan a que esta operación se realice de manera segura.
- **Posiciones para la perforación:** Los trabajadores que fueron capacitados tienen escritos en sus PETS los procedimientos de su trabajo, los cuales le

ayudaran a cumplir su objetivo de realizar un taladro de manera segura teniendo en cuenta todas las demás operaciones de la minería.

- **Avance lineal:** En el ámbito minero esta es definida como el avance que se tiene en el diseño de las galerías y/o demás labores subterráneas, que depende demasiado de las dos operaciones primordiales de la minería las cuales son la perforación y la voladura, que se realizan con trabajadores altamente capacitados, La ingeniería y planeamiento diseñan las minas en base a ratios de avance por ejemplo 3 metros de avance en labores horizontales, está en las operaciones se debe de cumplir sin restricción alguna.
- **Dureza de la roca:** La dureza es la capacidad para ser rayado, y en minería es necesario conocer para saber a qué tipo de material nos enfrentaremos, y la calidad y cantidad de explosivo a usar en base también a las dimensiones de la perforación que es diámetro y la longitud del taladro.
- **Defectos de la perforación:** En la minería se tiene defectos en la perforación básicamente por el mal embotellamiento de la broca hacia el terreno, otra es las desviaciones de los taladros que dependen en gran medida del tipo de roca a la que nos enfrentamos en esta operación.
- **Taladro de alivio:** Es diseñada con el único fin de crear una cara libre adicional, se usa mayormente en la minería subterránea ya que como se sabe los frentes solo cuentan con una cara de alivio y es necesario crear uno adicional.
- **Desviaciones de paralelismo:** En la perforación es necesario mantener el paralelismo en los taladros para no afectar diseño del burden y el espaciamiento, que se nota la diferencia en el fondo del taladro que afectara el resultado de la voladura, creando muchas veces lo conocido como TOES, esto

hace que el carguío en la parte inferior de los taladros sea defectuosa ya que las palas las cuales fueron diseñadas para el carguío tienen que excavar este TOE lo cual es una defecto de la operación anterior en este caso la voladura.

- **Factor de volabilidad:** Barton y Lunde fueron los encargados de crear este factor descrito en el formulismo matemático como “Kv” en la fórmula de Pearce, que se obtiene a partir del RQD corregido que es multiplicado por un coeficiente de alteración que tiene en cuenta la resistencia de las discontinuidades, que está en función del tipo de relleno que está presente en las fracturas, en la voladura es usado ampliamente ya que es un parámetro que nos indica que tanto este material al cual nos enfrentamos sea capaz de fracturarse con los explosivos que se tiene hoy en día, y con ello realizar todos los demás cálculos.

Tabla 3 Resistencia de las discontinuidades

Resistencia de las discontinuidades	Factor de corrección
Alta	1.0
Media	0.9
Baja	0.8
Muy baja	0.7

Fuente: Barton, N, Lien, R., and Lunde, J.

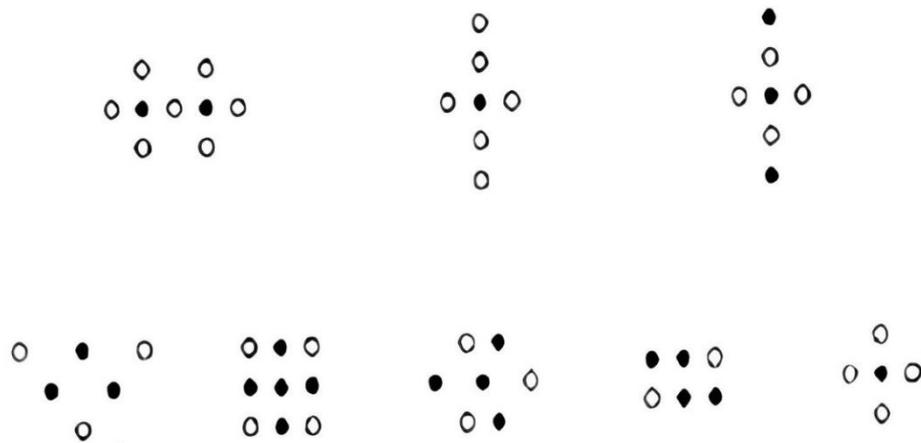
- **Calculo y diseño de voladura en galerías y túneles:** Existen varios autores que trataron este tema del diseño de mallas de perforación y voladura que dependen de muchos factores como:
 1. Equipo de perforación
 2. Tipo de roca
 3. Condiciones geográficas.
 4. Presupuesto de la empresa.

Estos van a definir cómo será el diseño de perforación y voladura, que luego será un elemento fundamental para las operaciones, cumplir con este diseño será fundamental, ya que permitirá obtener los mejores resultados en las operaciones de perforación y voladura, además no solo es necesario con el diseño sino también concientizar a los trabajadores de estas áreas de que se obtendrá los mejores resultados si se cumple con este tipo de diseño.

- **Esquema de voladura:** La voladura tiene que realizarse de una manera tal que no afecte las operaciones posteriores como lo son el carguío y el transporte. Para ellos es necesario y fundamental conocer a que tipo de roca nos enfrentamos y con ello realizar el diseño de la voladura que ayudara a obtener los resultados que fueron planeados Tanto en minería subterránea como en minería superficial es esencial obtener este tipo de mejoras hoy en día y cumplir con ello lo recomendado por los expertos de la operación unitaria de la voladura.
- **Arranque cilíndrico:** Este tipo de arranque es el más usado en la minería subterránea, ya que se puede crear una cara libre adicional con dos o tres taladros de mayor diámetro de 65 a 175mm que son perforados con brocas escariadoras, en primer lugar se realiza un taladro normal con el diámetro de todos los demás luego se usa otra broca adicional al que se le llama escariadora, con este se crea el taladro de mayor diámetro, este ayudara a que el explosivo libere su energía creando con este una cara libre adicional, el explosivo rompe hacia este taladro desacoplado de mayor diámetro, con esto no habrá lugar a arranques quemados sino que se tendrá un mejor trabajo en comparación a lo anterior. Estos arranques hoy en día la minería es en el desarrollo de frentes horizontales estos son los más usados.

- **Arranque de Hagan:** Los problemas presentes por arranques en paralelo en la voladura son la detonación por simpatía y la desensibilización ya que muchas veces el paralelismo en las rocas no se logra en la mayoría de las operaciones, esto se puede notar en los taladros adyacentes los cuales no detonan, muchas veces al no cumplir el burden y espaciamiento estos se desvían haciendo que en el fondo del taladro se inicie el explosivo por simpatía al estar cercano uno de otro, y quedando muchas veces lo famosos conocidos bancos, por el contrario si estos no están cercanos, pueden no iniciarse, este es el caso del ANFO que puede desensibilizarse por precompresión dinámica, para no crear gases críticos como el naranja o el negro por una mala estabilización con el petróleo, hoy en día se usan las emulsiones gasificantes que solo con el N-30 se puede modificar la densidad y con esto la VOD.
- **Arranques quemados:** Este tipo de arranques se perforan paralelos con el mismo diámetro sin los conocidos escariadores, algunos son cargados con los explosivos mientras que los demás los cuales no son cargados ayudan a crear caras libres pero estas al tener el mismo diámetro no funcionan como tales sino como taladros no cargados que afectarán el proceso de la voladura, Con estos los avances son reducidos y no se supera los dos metros y medio de avance por disparo, que a comparación de los 4 a 5 metros de avance de hoy en día son demasiados bajos.

Figura 10 Tipos de arranque quemados



Fuente: Manual de perforación y voladura- López Jimeno

- **Avance por disparo:** El avance esta en función del tipo de explosivo y del tipo de perforación realizado, según formulismo matemáticos el avance está condicionado al diámetro del taladro no cargado y la desviación de los taladros cargados, la desviación para estos cálculos debe estar por debajo del 2% y se debe alcanzar el avance lineal de al menos un 95%, con ellos Lopez Jimeno y su hermano Emilio dieron a conocer un formulismo

$$X=0.95*X*L$$

Los arranques de cuatro secciones la distancia alcanzada del avance puede calcularse de la siguiente manera.

$$L = 0.15 + 3401\phi_2 - 39.4\phi_2^2$$

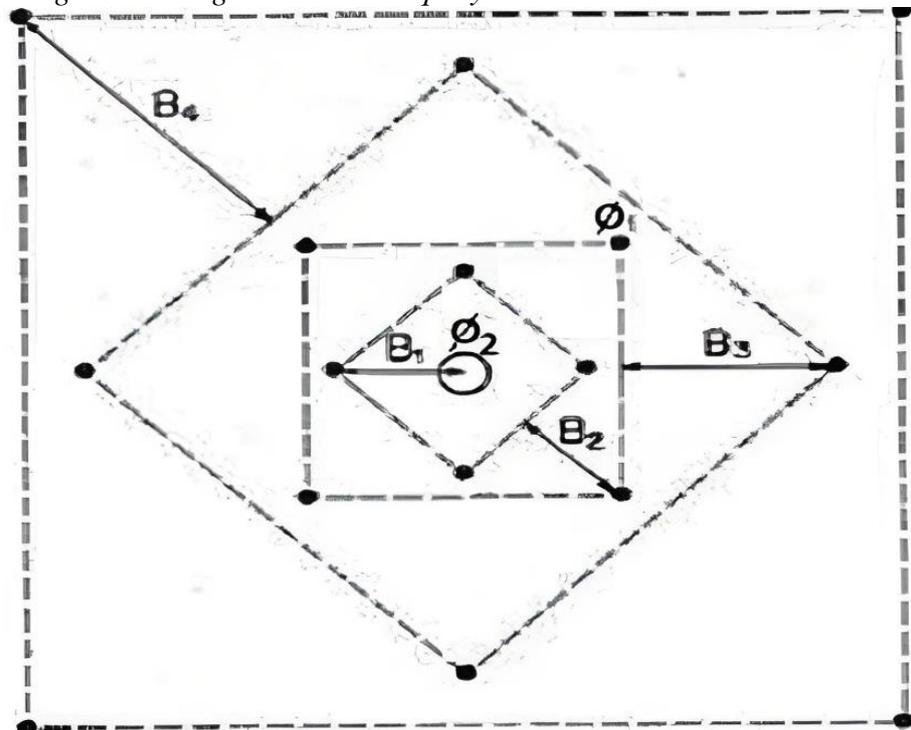
ϕ = Diámetro del taladro no cargado (m)

$$\phi_2 = \phi_2' X \sqrt{NB}$$

Del cuál: ϕ_2' Es el diámetro del taladro no cargado de menor diámetro que el anterior.

- **Arranque y corte de cuatro secciones:** Según el esquema geométrico general de un arranque de cuatro secciones con taladros de paralelos se indica en la figura la distancia entre el taladro central vacío y los taladros de la primera sección, no debe exceder de “1.7” para obtener una fragmentación y salida satisfactoria de la roca (Langefors y Kilhstrom, 1963), las condiciones de fragmentación varían mucho, dependiendo del tipo de explosivo, características de la roca y distancia entre el taladro cargado y el vacío.

Figura 11 Diagrama de arranque y corte de cuatro secciones



Fuente: Manual de perforación y voladura- López Jimeno

En el caso de un burden mayor a “2” la salida del ángulo es pequeña por lo que se producirá una deformación plástica de la roca entre los taladros que fueron diseñados. Muchas veces si no se calcula de manera adecuada el burden y el espaciamiento se tendrá problemas en el resultado de la voladura.

- **Diseño de arrastres.** Bajo formulismos matemáticos este se calcula en función del ángulo de realce o la inclinación del taladro, esta debe de ser precisa en las operaciones para no tener problemas en la voladura, ya que como

es conocido un refrán “Una buena perforación garantiza una vuela voladura, mientras que una mala perforación es seguro que resultara en una mala voladura”, entonces con este refrán se tiene en cuenta según Lopez Jimeno un avance de 3m un ángulo de 3°, que es igual a decir 5cm/m es lo suficiente, que claro dependerá del equipo y del operador de esta.

- **Diseño del taladro central:** Para el calculo de este taladro es igual al empleado en el arrastre, y se aplican distintos factores de fijación y relación en cuanto a burden y espaciamiento.

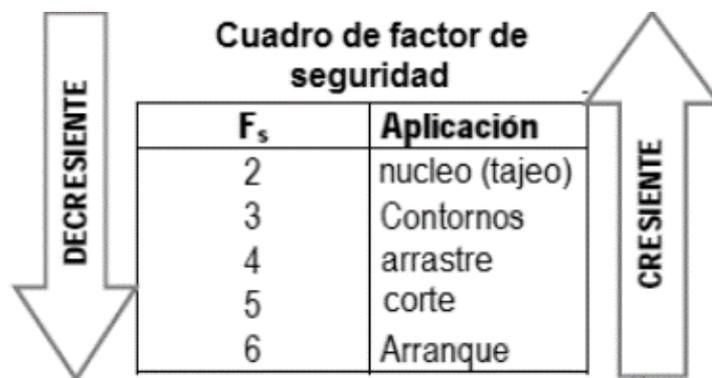
Tabla 4 Factor de fijación

DIRECCIÓN DE SALIDA DE LOS TALADROS	FACTOR DE FIJACIÓN “F”	RELACIÓN S/B
Hacia arriba y horizontalmente	1.45	1.25
Hacia abajo	1.20	1.25

Fuente: Manual de perforación y voladura – López Jimeno

- **Cálculo del factor de seguridad en la voladura subterránea:** El factor de seguridad es inversamente proporcional al burden y espaciamiento es decir mientras mayor burden y espaciamiento se tiene en el taladro, el factor de seguridad será mas bajo, y al contrario si el burden es bajo el factor de seguridad resultara demasiado alto.

figura 12 Cuadro de factor de seguridad



Fuente: Nueva teoría para calcular el burden, “IV CONEINGEMMET

- **Análisis de Fragmentación:** Es el grado de fragmentación que se analiza después de la voladura que estará de acuerdo con el tamaño de fragmentado que se requiere en planta concentradora y no requiera de una voladura secundaria.

El análisis granulométrico es una operación a escala laboratorio que determina el tamaño de las partículas y su distribución es una muestra de mineral conformada por granos mineralizados de diversos tamaños, las distintas proporciones separadas indican el grado de finura de dicha muestra tal grado esta expresado en porcentaje en peso retenido en determinada malla.

Definición de términos

- **Tiempos Improductivos:** Son aquellos tiempos “muertos”, que ocasionan la inactividad de la operación, así como la falta de materiales, por ejemplo, Hay dos clases de tiempos improductivos, el que es imputable a la organización y el imputable al trabajador, el primero es el tiempo en que permanecen inactivos las personas, las máquinas o ambos por deficiencias de la organización, el segundo corresponde al tiempo durante el cual la máquina, los individuos o ambos permanecen inactivos por causa que se le imputan al factor Humano.
- **Rendimiento:** Es un factor que en minería es medido a diario, se puede tomar como un KPI que nos ayuda en la toma de decisiones por ejemplo el rendimiento de un scoop que carga 20 ton/hr. Este es el rendimiento del scoop, que nos indica la máxima capacidad de carguío de esta.
- **Estándar:** En minería se aplica este término a los estándares de gestión de los procesos productivos en las empresas mineras aplicándose por ejemplo en la automatización de los procesos de perforación y voladura, planes mineros y control de flotas de carguío y acarreo.

- **Costos operativos o de producción mina:** Los costos de operación se definen como aquellos generados en forma continua durante el funcionamiento de una operación minera y están directamente ligados a la producción, pudiéndose categorizarse en costos directos e indirectos.
- **Costos directos:** Conocidos como costos variables, son los costos primarios en una operación minera en los procesos productivos de perforación, voladura, carguío y acarreo y actividades auxiliares mina, definiéndose esto en los costos de personal de producción, materiales e insumos, equipos.
- **Costos indirectos:** Conocidos como costos fijos, son gastos que se consideran independiente de la producción. Este tipo de costos puede variar en función del nivel de producción proyectado, pero no directamente con la producción obtenida.
- **Perforación:** Es la acción de apertura en el macizo rocoso huecos u orificios denominados taladros, con una distribución adecuada, a fin de alojar la carga explosiva u otros fines (sostenimiento, drenaje, etc.) con la ayuda de máquinas denominadas perforadoras.
- **Taladro:** Se denomina taladro al hueco u orificio producto de la perforación.
- **La Distribución de la carga explosiva:** Es la cantidad de explosivo y accesorios de voladura que se reparten del polvorín a las diferentes labores de trabajo previo una generación del vale de salida de explosivos.
- **El Factor de Potencia y/o Factor de carga:** Es la relación entre el número de kilogramos de explosivos empleados en una voladura determinada y el número de toneladas a romper producto de esa voladura o el volumen correspondiente en metros cúbicos a romper. Las unidades son kg/TM o kg/m³.

- **Malla de perforación:** Distribución adecuada de los taladros en un frente, la distribución de los taladros se hace con un previo cálculo del burden y espaciamiento, para una voladura eficiente.
- **Explosivos:** Este término alcanza un rango muy amplio de químicos. Un explosivo es un compuesto químico o una mezcla de compuestos químicos a los cuales cuando se les da un estímulo correcto o incorrecto ellos sufren una reacción química violenta exotérmica. “Tecnología de explosivos” pág. 2 – Víctor Ames Lara.
- **Anfo:** Es un agente explosivo de bajo precio cuya composición es 94.3% de Nitrato de Amonio y 5.7% de gas-Oil, que equivalen a 3.7 litros de este último por cada 50kg de Nitrato de Amonio.
- **Mecha lenta:** Es un accesorio para voladura que posee capas de diferentes materiales que cubren el reguero de pólvora.
- **Mecha rápida:** Es un accesorio (cordón) que contiene dos alambres, uno de fierro y el otro de cobre; uno de los cuales está envuelto en toda su longitud por una masa pirotécnica especial, y ambos a la vez están cubiertos por un plástico impermeable.
- **Operación unitaria:** a una parte indivisible de cualquier proceso de transformación donde hay un intercambio de energía del tipo de físico, de una materia prima en otro producto de características diferentes.
- **Velocidad de detonación:** La velocidad de detonación es la característica más importante de un explosivo, mientras más alta sea su velocidad de detonación mayor será su potencia. A la detonación se le entiende como la transformación casi instantánea de la materia sólida que lo compone en gases

- **Espaciamiento:** Es la distancia entre taladros cargados con explosivos de una misma fila o de una misma área de influencia en una malla de perforación.
- **Burden:** Es la distancia entre un taladro cargado con explosivos a la cara libre de una malla de perforación. El burden depende básicamente del diámetro de perforación, de las propiedades de la roca y las características del explosivo a emplear.
- **Cara libre o taladro de alivio:** Permite que las ondas de compresión producto de la voladura se reflejen contra ella, originando fuerzas de tensión que permiten producir la fragmentación de la roca.
- **Disparo soplado:** Hacen referencia a las voladuras que fueron ineficientes, ya que en ellas algunos de los taladros cargados no explotaron o ninguno de los taladros cargados de la malla de voladura explotó.
- **Tiros cortados y soplados:** Hacen referencia a las voladuras que fueron ineficientes, ya que en ellas algunos de los taladros cargados no explotaron o ninguno de los taladros cargados de la malla de voladura explotó.
- **Paralelismo:** En perforación de minería se denomina al paralelismo geométrico entre las direcciones de las rectas de los taladros que perforan una misma estructura mineralizada o sección.
- **Labores permanentes:** Son aquellas labores mineras que serán de larga duración o duración permanente durante la vida de la mina, y en las que se requieren aplicar el sostenimiento adecuado que garantice un alto factor de seguridad, pues en estas labores se tendrá un tránsito constantemente de personas y equipos y la construcción de diversas instalaciones.

- **Labores temporales:** Son labores que requieren un sostenimiento ocasional y menor que en las labores permanentes, pues estas labores serán rellenadas luego de ser explotadas.
- **Macizo rocoso:** conjunto de matriz rocosa y discontinuidades. Presenta carácter heterogéneo, comportamiento discontinuo y normalmente anisótropo, consecuencia de la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad, que condicionan su comportamiento geomecánica e hidráulico.
- **Geomecánica:** Se ocupa del estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamientos mecánicos de los materiales rocosos. Básicamente este comportamiento geomecánica depende de los siguientes factores: Resistencia de la roca, grado de fracturación del macizo rocoso y la resistencia de las discontinuidades.
- **Matriz rocosa = Roca matriz = Roca intacta:** material rocoso sin discontinuidades, o bloques de roca entre discontinuidades. (Se caracteriza por su densidad, deformabilidad y resistencia; por su localización geográfica; y por su litología, ya sea ésta única o variada).
- **Discontinuidad:** cualquier plano de origen mecánico o sedimentario en un macizo rocoso, con una resistencia a la tracción nula o muy baja.
- **Yacimiento:** Depósito natural de rocas o mineral rentable, donde generalmente se abre una mina. Es una zona o área donde se encuentra acumulaciones naturales de recursos minerales en la tierra, es un sitio geológico en el que se ha concentrado depósitos de minerales valiosos, como metales, minerales industriales o combustibles fósiles a lo largo de millones de años. Un yacimiento minero puede ser explotado mediante la extracción y

procesamiento, de los minerales presentes para su posterior uso comercial o industrial.

- **Optimización:** Es una palabra que en el contexto de la planificación industrial y en particular del planeamiento de mina es una descripción de conjuntos de técnicas que con la ayuda de métodos matemáticos y analíticos que facilitan al planeamiento creando modelos matemáticos y el establecimiento de criterios al desarrollo de algoritmos para encontrar un conjunto de valores que nos otorguen u máximo valor bajo un criterio elegido.
- **Planeamiento de minado:** Es una medida esencial en la conducción de cualquier empresa, la necesidad de producir en forma eficiente y al más bajo costo posible exige en forma creciente, no solo una buena organización, sino también un sistema integral de planificación, en el que se considera especialmente la dependencia momentánea y futura entre las diferentes secciones de la empresa. Desde mi punto de vista el planeamiento de minado es la rama donde se ve una perspectiva mayor de toda la mina, con esto podemos saber cómo explotar una reserva minera, la cual puede dar rentabilidad al negocio minero.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El desarrollo del mejoramiento de los tiempos de operación mediante la IM debe mejorar la productividad y reducirá los costos en la Unidad Minera de Uchucchacua.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Estandarizar las operaciones unitarias de perforación y voladura que permitirá tener una mayor eficiencia en la producción y productividad en la Unidad Minera de Uchucchacua.
- El control de tiempos permitirá minimizar los tiempos muertos.
- El proceso de capacitación del personal en esta etapa unitaria debe ser constante de manera que no se incurra en costos adicionales de transporte en las guardias de día y guardias de noche.

2.5. Identificación de variables

El estudio se identifica tres variables que ayudan a solucionar el problema:

2.5.1 Variable Independiente

X₀ = Agilizar los tiempos de transporte del personal a su centro de operaciones.

X₁ = Se debe minimizar y controlar los tiempos muertos

X₂ = Mejorar los tiempos de movimientos del personal.

2.5.2 Variable Dependiente

Y = Tiempos óptimos de perforación de taladros

2.4.2.3. Variable Interviniente

Z = Equipo y capacitación de operadores

2.4.4. Operacionalización de Variables

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 5 Operacionalización de Variables

Tipo de Variable	Nombre de Variable	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente	Xo X1 X2	Agilizar transporte	Horario de trabajo efectivo guardia de día y guardia de noche
		Control de tiempos	Mecanizar los medios de transporte del personal
		Reducir las horas extras	Mejorar la disponibilidad de los equipos de transporte de equipos y accesorios.
Variable Dependiente	Y	Optimizar los tiempos y productividad	Rendimiento de operadores perforistas y ayudantes.
Variable Interviniente	Z	Capacitación y horas de trabajo efectivo	Capacitación y control de minado continuo.

Fuente. Elaboración Propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Investigación aplicada. Depende de los avances de la investigación básica, busca la aplicación y consecuencias prácticas, sobre todo a nivel tecnológico de los conocimientos. Lleva a la práctica los resultados de una ingeniería de métodos.

Por su interés y recurrencia se ubica dentro de la investigación básica aplicada, y por su dependencia es de tipo experimental, analítico, cuantitativa y cualitativa.

3.2. Nivel de investigación

De acuerdo con el concepto de diseño de investigación se ubica dentro de la Investigación no experimental, debido se centra en estudios de como de mejorar una etapa y sus cambios y relacionamiento de las variables del factor análisis de tiempos operativos.

3.3. Métodos de investigación

Método científico - analítico por que se encuadra en el razonamiento mediante el cual, a partir del análisis de hechos singulares, se pretende llegar a

optimizar parámetros de perforación y voladura para establecer lo que se llama voladura controlada.

3.4. Diseño de investigación

Tipo de Investigación	Nivel de Intervención	Control de la Medición	Número de Mediciones	Número de Variables
Experimental	Explicativo	Prospectivo	Longitudinal	Analíticos
Se efectuará muestras para los ensayos en laboratorio que determinarían la resistencia del agregado reciclado y del concreto	Examinar las causas y consecuencias que habrá en el comportamiento estructural con agregados RCD con Microsilíce.	Seguimiento a la dosificación y resistencia e identificación del diseño de mezcla adecuada para obtener una resistencia promedio del concreto reciclado.	Se utilizarán datos obtenidos durante los ensayos o pruebas como: humedad, granulometría y resistencia (28 dc).	Contará con más de un variable: <input type="checkbox"/> RCD <input type="checkbox"/> Microsilíce.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Población se toma en forma general los frentes de operación de la minera Uchucchacua, especialmente en labores del nivel 360.

3.5.2. Muestra

Las muestras son aleatorias del tipo de posición y colocación de los equipos y manipulación de los equipos por los operarios.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se tabulan datos de estándares de los tiempos de movimientos del transporte, perforación y manipuleo de equipos en los tajeos seleccionados de la mina.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Esta tesis de investigación consideró una base de datos del área de validación los datos para la reducción y optimización de costos en aceros de perforación son válidos, debido a que nos facilitaron el área de costos, toda su base de datos y planeamiento de la Compañía Minera a si mismo todos los planos, también fueron asesorados por un técnico de esta.

Confiabilidad Los datos obtenidos para la reducción y optimización de costos en aceros de perforación son de alta confiabilidad, pues estos datos fueron tomados día a día de los avances de perforación en la RPA. +++, con la finalidad de cumplir con el objetivo.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Reportes de control de tiempos de perforación, longitud de taladros, factor de potencia y calidad de roca. La recolección de datos se realiza en las guardias de día y guardias de noche, respectivamente.

3.9. Tratamiento estadístico

Se tabulan y procesan mediante gráficos estadísticos, relaciones de longitud de taladro y porcentaje de avance, diagrama de Pareto para identificar deficiencias de las operaciones debido a los tiempos muertos.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

El proyecto de investigación tiene una metodología valida y rigurosa conduciendo a resultados válidos y fiables con fin de mejorar la valorización de la empresa y minimizar costos en brocas, barras y shank, por lo tanto, se implementó una afiladora de brocas y la reducción de número de taladros. Para el proyecto, (EXSA, 2015)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo

En la Unidad Minera Uchucchacua, se han tomado iniciativas y acciones debido al estancamiento y la crisis en la baja de los metales en los mercados internacionales y los conflictos sociales locales para el futuro para mantener y elevar la producción, el punto crítico de estas acciones radica en la reducción de los costos. En las sucesivas reuniones de Gerencia de Operaciones se han puesto en evidencia la existencia de desperdicio de tiempo que se incurren en la Unidad como se muestra en el diagrama N° 01, obtenida de los muestreos y cálculos de tiempos mediante el IM, lo cual nos lleva a tomar las medidas de control y establecer los parámetros de control con la finalidad de eliminarlos y tomando las medidas adecuadas y posibles que minimicen los tiempos muertos en las operaciones inherentes a la perforación y la voladura de la Unidad Minera de Uchucchacua.

Para tomar las decisiones pertinentes se han realizado observaciones profundas y minuciosas de los detalles que directa e indirectamente influyen en provocar exceso de tiempos muertos y deficiencias en el uso de los equipos de perforación y herramientas, siendo necesario establecer un sistema de control de manera que se pueda determinar rápidamente la productividad y definir las causas que lo provocan las altas y bajas del rendimiento o performance de los equipos y herramientas de perforación.

Para tomar las medidas de control se han realizado observaciones en los tajeos piloto, ejecutado por trabajadores de contrata con resultados menos que espectaculares respecto al personal de la Unidad, estos son alentadores por que se observa que con las mismas condiciones de laboriosidad si se puede mejorar y producir con mayor eficiencia en nuestra unidad, lo que trae como consecuencia los bajos argumentos que pregonan muchos operarios sobre las dificultades de producir o mejorar la producción que son considerados en excusas e incapacidad de solucionarlos.

Análisis actual de la Perforación

La perforación y voladura es una técnica aplicable a la extracción de roca en terrenos competentes, donde los medios mecánicos no son aplicables de una manera rentable. Así, partiendo de esta definición, este método es aplicable a cualquier método de explotación, bien en minería, bien en obra civil, donde sea necesario un movimiento de tierras.

La técnica de perforación y voladura se basa en la ejecución de perforaciones en la roca, donde posteriormente se colocarán explosivos que, mediante su detonación, transmiten la energía necesaria para la fragmentación del macizo rocoso a explotar.

Existe una relación intrínseca entre la perforación y la voladura, ya que puede afirmarse categóricamente que “una buena perforación posibilita una buena voladura, pero una mala perforación asegura una mala voladura”. Se entiende por buena perforación aquella que se ha hecho con los medios y técnicas más adecuadas y que además se ha ejecutado de forma correcta. Asimismo, una buena voladura será aquella que cumple con el objetivo para que fue diseñada.

En la UP. Uchucchacua, la perforación es una necesidad básica de la explotación, pero adolece de cierta deficiencia en cuanto se refiere a los tiempos muertos que se produce en cada una de las actividades simplemente por falta de un programa adecuado de control es por eso por lo que los datos tomados y medidos en la guardia de día y la guardia de noche en promedio de tiempos por actividad desde el ingreso a la mina, hasta la salida de la mina se indican más adelante.

Propuesta de mejoramiento.

La propuesta de la mejora y optimización de los tiempos por cada actividad asignada a la medición nos comprometen a formular la hipótesis planteada, que se discute como se comenta más abajo.

Prueba de Hipótesis

La Hipótesis Nula, denotada como H_0 siempre especifica un solo valor del parámetro de la población si la hipótesis es simple o un conjunto de valores si es compuesta (es lo que queremos desacreditar):

Tamaño de los errores al tomar una decisión incorrecta en una Prueba de Hipótesis

La Hipótesis Alternativa, denotada como H_1 es la que responde nuestra pregunta, la que se establece en base a la evidencia que tenemos. Puede tener cuatro formas. Para nuestro estudio se establece:

Ho Verdadera Ho Falsa

Rechazamos Ho

Error Tipo I Error Tipo I $P(\text{error Tipo I}) = P(\text{error Tipo I}) = \alpha$

Decisión Correcta

No rechazamos Ho

Decisión Correcta Error Tipo II Error Tipo II $P(\text{error Tipo II}) = P$

$(\text{error Tipo II}) = \beta$

Discusión de Resultados

El estudio debe arrojar parámetros de control que se han discutido y analizados en:

- Resultado central
- Limitaciones y fortalezas del estudio
- Discusión – comparar, contrastar- de resultados en comparación a la literatura vigente.
- Implicancias de los resultados.
- Conclusiones basadas en resultados.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Avances en frentes.

PERFORACIÓN Para iniciar el proceso de perforación de los taladros de producción, se deben tener en consideración:

- Perforabilidad y geología estructural del macizo rocoso.
- Tamaño de fragmentación requerida
- Diámetro del taladro y longitud del taladro
- Orientación y espaciamiento entre taladros

- Desviación de perforación Dichos factores determinan el tipo de máquina perforadora, así como el diseño de la malla de perforación de los taladros largos.

Es importante el control del % de desviación de los taladros que debe estar en un rango de 2 % como máximo.

También es importante controlar las irregularidades en la perforación como taladros perforados fuera del diseño, taladros desviados y los taladros cortos.

El mineral presenta una dureza moderada. La fragmentación del mineral proyectado es que el 80 % del mineral roto se encuentre por debajo de 7 pulgadas.

4.2.1. Equipos de Perforación

Equipo de perforación Jackleg. Las especificaciones técnicas son: La potencia con la que desarrolla su trabajo la convierte en una de las perforadoras dentro de los estándares de la perforación de anclaje, debido a la potencia en el torque y el rendimiento por metro perforado.

Son de fácil manipulación, poseen un diseño articulado para un mejor desempeño del trabajo, permitiendo un mayor rendimiento estas características harán que el personal a cargo manipule con mayor facilidad y mejoren los tiempos de operación.

VOLADURA La selección de los explosivos apropiados para la voladura, está relacionado a:

- Tipo de fragmentación de mineral requerido
- Diámetro de taladro de perforación
- Burden y espaciamiento de malla de perforación
- Condiciones geológicas presentes

- Dureza del mineral, la fragmentación, el diámetro de taladro y la malla de perforación se determinó en la etapa previa de perforación.

No hay presencia de fuertes filtraciones de agua en el área de trabajo.

Asimismo, la roca es dura (86 Mpa., de resistencia a compresión) y no hay presencia de cavidades naturales ni minas fuertes que dificulten la etapa de carguío de taladros.

Agente de voladura y accesorios utilizados para el carguío.

- Anfo
- Booster 1/3 libra
- Fulminante no eléctrico MS de 20 m. (De diferentes retardos)
- Cordón Detonante (3P)
- Guía de seguridad (Carmex)
- Mecha rápida.

Carguío El carguío se realiza tapando los taladros que hayan comunicado con un saco de yute el cual permitirá que la energía del explosivo no se libere, luego se procede a introducir el cebo el cual es un booster de 1/3 lb, por la parte inferior o superior, se carga el taladro con el anfo a una presión de 65 PSI, de tal manera que el ANFO pueda confinarse, después de haber cargado la longitud requerida de anfo en el taladro, se procede a colocar el segundo cebo siguiendo el mismo procedimiento como se observa en los gráficos de carguío, dejando un espacio sin cargar que es rellenado con un taco de arcilla de 1.50 m a 2.0 m. Se continúa haciendo pruebas para hacer más eficiente este carguío con la cantidad de cebos adecuados y cantidad de carga adecuada con el uso de equipos que detectan las ondas de detonación de cada taladro y dan un mejor uso de los explosivos y accesorios.

Ritmo de Avances

Actualmente está limitado a cuerpos empinados de mineral donde tanto el mineral como la roca encajonante son competentes y el mineral roto fluye por gravedad.

Los cuerpos de mineral deben ser regulares, porque el método no es selectivo.

El uso eficiente de voladura en gran escala hace de tajeo por subniveles uno de los métodos de más bajos costos de la minería subterránea.

La perforación de los taladros es ejecutada con máquinas perforadoras de taladros largos.

4.2.2. Ingeniería de métodos para perforación

La Ingeniería de Métodos va de la mano con las diferentes ramas de la ingeniería, en la ingeniería de minas esta disciplina se concentra en administrar y supervisar la metodología de trabajo, generalmente de la parte humana, para diseñar estrategias efectivas para incrementar la productividad de una empresa y economizar los recursos.

No solo se encarga de evaluar las tecnologías y procesos empleados en la producción minero-industrial. El método también se encarga de analizar y medir factores como los gastos de dinero y tiempo, la efectividad y capacidad del personal, la fiabilidad de nuevos proyectos, principalmente. Para nuestro estudio emplearemos específicamente para tratar de mejorar una de las operaciones unitarias de la producción minera que es la perforación, ya que de ella depende todo el rendimiento óptimo de la producción en nuestra unidad minera de Uchucchacua, pudiendo alcanzar en toda su amplitud en cada una de las operaciones propias de la explotación minera.

Estas son algunas tareas comunes que se puede realizar con la ingeniería de métodos.

- Conocer y monitorear el funcionamiento de toda la maquinaria de una empresa, en los distintos procesos de producción. Así, podrá ofrecer soluciones y planes de contingencia ante cualquier imprevisto.
- Participa en la estructuración de los presupuestos. También revisa diferentes opciones en el mercado para adquirir materiales a costos ajustados, sin perder la calidad.
- Mide el tiempo y el esfuerzo que se invierte en cada proceso de producción. Igualmente, crea estrategias para aumentar el ahorro de estos dos elementos.
- Evalúa constantemente el desempeño y las capacidades del personal; prepara programas de capacitación; propone ideas para motivarlos; y ayuda a definir el perfil de trabajadores que debe buscar la empresa.

Para el estudio del proyecto en mención, nos centraremos en los detalles de los acápite siguientes cuyos resultados han sido evaluados y se describen detalladamente a continuación.

Determinación de los tiempos muertos.

Por definición planteamos; alcanzar la máxima eficiencia en una línea de producción es uno de los intereses primordiales de las empresas y uno de los problemas más frecuentes que obstaculiza el cumplimiento de esa meta es la aparición de tiempos muertos, razón por la cual se hace necesario identificarlos y eliminarlos como lo menciona Woollam (1986).

El presente estudio tiene como finalidad describir una metodología que analiza las fallas de las máquinas en una línea de producción, mediante la

aplicación de la técnica inteligente conocida como minería de datos con la que se establece, relaciona e identifica las principales causas que generan el mayor número de tiempos muertos en un sistema productivo, para nuestro caso las operaciones de perforación de los frentes de producción. Que se establecen aspectos específicos que se han seleccionados como son:

- Estimar los tiempos muertos de mina tanto de la guardia día como de la guardia noche.
- Cuantificar el perjuicio económico de estas pérdidas.
- Estimar los siguientes estándares: Tiempo de perforación por taladro, Profundidad del taladro, Factor de Potencia, Profundidad por frente o tajeo, y eficiencia en tiempos.
- Definir y determinar las causas que generan los tiempos muertos.
- Rediseñar la estructura de las bonificaciones.

Identificación de causas para tiempos muertos

La más importante aplicación de la ingeniería de métodos radica en el estudio de tiempos y movimientos. Es imprescindible que esta etapa del estudio sea la más fidedigna en cuanto a la recopilación de datos y se sigue una metodología (ver Ilustraciones 2 y 3).

METODOLOGÍA

A través de una serie de pasos basados en el desarrollo de la técnica inteligente denominada Minería de datos se busca identificar y analizar las causas que generan los tiempos muertos de una línea de producción, planteada en cinco pasos:

Paso 1. Recolección de información y documentación en una base de datos

Consiste en recolectar en una base de datos las diferentes causas que generan los fallos en la línea de producción, los cuales se extraen directamente de SAP (Systems, Applications, Products in Data Processing), que es un ERP modular que integra toda la información de las áreas de la organización. Los datos fueron recolectados a través de un seguimiento realizado durante un mes en una línea de producción a través del módulo de mantenimiento. Sin embargo, otros datos fueron tomados de las planillas de producción turno a turno como el rol del colaborador que está operando la máquina y las condiciones ambientales del cuarto donde se está produciendo.

Paso 2. Filtrar y estandarizar la descripción de los fallos de la base de datos

Eliminar de la base de datos los espacios que no contribuyen con la determinación y predicción del mantenimiento preventivo, de tal modo que se pueda establecer relaciones, almacenar información y clasificar las variables para realizar los análisis sobre las causas que generan los tiempos muertos en la línea de producción. Adicional a esto se va a identificar a través del diagrama de Pareto, cuáles de los siete procesos relacionados con la línea de producción son los que generan la mayor cantidad de fallos que dan como resultado ineficiencias atadas a los tiempos muertos, ya que como lo menciona Bonet (2005) esta herramienta determina cómo el 80% de los fallos producidos es generado por el 20% de las principales causas.

Paso 3. Aplicación de la minería de datos a partir de la información recolectada

A través del programa WEKA se clasifica y establece las relaciones que existen e interactúan entre las diferentes causas que ocasionan los tiempos muertos. Adicional se debe organizar los datos recolectados de modo tal que puedan ser

cargados al programa en un archivo plano. También se debe definir el filtro a utilizar a partir de los siguientes niveles: instancias o atributos, para este caso se definió atributos discretizados.

Paso 4. Determinación del modelo matemático a aplicar

El modelo por utilizar se basa en una técnica de minería de datos conocido como Árbol de Decisión que permite predecir el valor de la variable específica dependiente, por medio del análisis de las variables independientes. Como lo mencionan Silvente et al. (2013), es fundamental aplicar esta metodología ya que permite analizar los datos para evaluar la información resultante de diversos eventos aportando argumentos para tomar las mejores decisiones a partir de la asociación y agrupación de la información para predecir sucesos futuros. Franco et al. (2013) hacen un aporte importante aclarando que los árboles de decisión pueden ser usados en bases de datos extensas y sin limitación, lo cual permite afirmar que no se tiene restricciones al momento de desarrollar el trabajo propuesto.

Paso 5. Concluir a partir del resultado obtenido

Para concluir que la metodología basada en una técnica inteligente impacta los procesos productivos de la organización, en este caso el mejoramiento de la productividad a través de la identificación y generación de alternativas para la eliminación de los tiempos muertos, se deben confrontar los resultados obtenidos versus la metodología tradicional aplicada en la empresa, basada en el manejo de los datos relacionados con los fallos y con la operación para calcular la eficiencia de la máquina objeto de estudio.

Proceso de medición de tiempos por guardia de trabajo

En el siguiente trabajo se efectuó un estudio de tiempo y la revisión de datos estadísticos existentes.

El estudio fue realizado aplicando el diseño experimental. Para esto se realizó una medición del trabajo durante la perforación del taladro con un número adecuado de taladros de muestras y un análisis de registros pasados para poder medir el comportamiento en cuanto al desgaste de las brocas con veintiséis muestras, en las guardias de día y guardia de noche:

GUARDIA DÍA: lunes 30 de diciembre de 2022, al viernes 19 de enero de 2023

GUARDIA NOCHE: lunes 21 de enero hasta el lunes 28 de enero de 2022

LUGAR: tajos más representativos en el nivel 360 donde labora personal de la Compañía (Los tajos 115,127, 062, y 049).

La más importante aplicación de la ingeniería de métodos radica en el estudio de tiempos y movimientos. Es imprescindible que esta etapa del estudio sea la más fidedigna en cuanto a la recopilación de datos (ver Ilustraciones 2 y 3) de un diagrama de causa efecto.

En los que se detectan los siguientes causas y efectos; donde las

CAUSAS; Serán principalmente:

Exceso de tiempos muertos, por el transporte y movimiento del personal fuera e interior mina.

Falta de Repuestos (logística deficiente); Prevención y disposición de los repuestos y herramientas en orden y puntualidad previsión de existencias bodegas y almacenes

Ausentismo (permisos y descansos médicos, etc.); Faltas injustificadas, incumplimiento con las fechas de reincorporación de los días libres establecidos

Domingos trabajados; Se pretende justificar que los domingos debe ser de mantenimiento y no de operación de producción.

Licencias y permisos con goce de haberes; Se justifica con descansos por enfermedad y cansancio laboral por el sistema de trabajo.

- Paralizaciones Laborales: Tiempos que se pierden por reclamos y solicitud de pedidos sindicales y eventualidades no contempladas como por ejemplo reclamos de pensiones salariales y maltratos de contratistas.

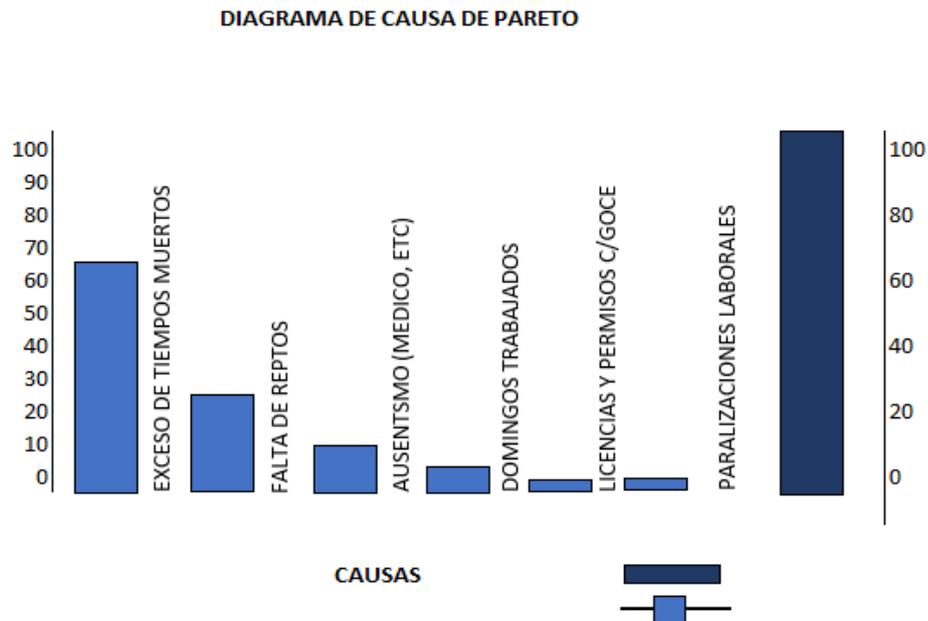


figura 13 Diagrama de causa efecto

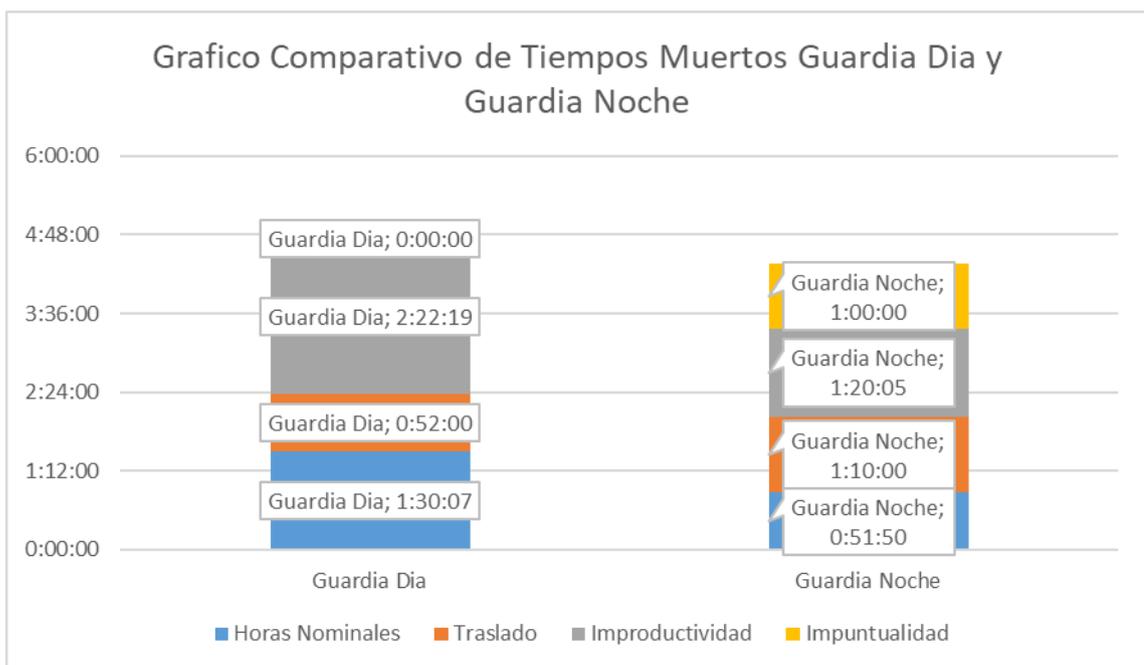


figura 14 Diagrama comparativo de tiempos muertos G-Día/G-Noche

Además, sabemos que la perforación, es una de las actividades a la cual se le debe dedicar especial interés y estudio, para de esta manera obtener una explotación controlada y eficaz de un yacimiento. Entre los factores que intervienen en el avance del barreno en la roca tenemos:

- El peso o presión sobre el elemento cortante.
- La velocidad de rotación del tren de perforación.
- El suministro de aire comprimido.

Proceso de selección de actividades para mejorar

El proceso de desarrollo de estudio es la mejorar la perforación y a voladura mediante la ingeniería de métodos, para ello se han tomado en cuantas actividades inherentes partiendo de los instrumentos básicos de medición.

4.3. Prueba de hipótesis

Instrumentos de Medición

Un Reloj – Cronómetro:

Un Manómetro para medir la presión del Agua/ Aire:

Tablero y Lápiz:

Ordenador manual:

Asimismo, binoculares para el control del personal a distancia (ingreso a Bocamina, Recojo de Lámparas, Vestuario, etc.) además, si es posible, es muy útil el uso de una micro grabadora.

Control de Tiempos

Los parámetros de los tiempos fueron tomados a partir del ingreso a Bocamina, hasta la salida de Bocamina, asumiendo que el tiempo destinado a la permanencia en el vestuario, recojo de lámparas, asignación de labores y caminata a Bocamina es el mismo tanto de día como de noche.

Para nuestro estudio presentamos el siguiente cuadro adjunto que representa a los datos temporales de medición de las actividades primarias de los trabajadores a cargo de la perforación y voladura tomadas y tabuladas de un promedio de 30 muestras:

GUARDIAS	DÍA	NOCHE
Hora promedio de ingreso	7:58 a.m.	7:58 p.m.
Permanencia en cafetín		24 min.
Traslado a labores	40 min.	40 min.
Traslado de preparación	48 min.	55 min.
Tiempo de perforación	1 hr 40 min.	1 hr 39 min.
Traslado a Bocamina / Bodega	39 min.	17 min.
Intermedio	1 hr 25 min.	1 hr 10 min.
Carguío de explosivo a los taladros	1 hr 12 min.	50 min.
Chispeo	3:40 p.m.	2:25 a.m.
Hora promedio de Salida	4:10 p.m.	3:06 a.m.

La principal causa de los tiempos muertos es el transporte, se detectan en el movimiento del personal desde la Bocamina hacia sus labores y viceversa.

La fatiga en la subida se puede considerar similar al trabajo efectuado en la perforación. Como lo mostramos en el cuadro adjunto:

GUARDIA DÍA	GUARDIA NOCHE
Traslado: 50.1 %	Traslado: 30.6 %
Impuntualidad: 31.7 %	Impuntualidad: 26.7 %
Improductividad: 18.2 %	Improductividad: 19.8 %
	Horas Nominales: 22.8 %

Los otros aspectos que ocasionan tiempos muertos que serán controlados son:

- **Existe impuntualidad en el ingreso a Bocamina.** Asimismo, los obreros antes de tiempo hacia superficie, tanto a la hora de almuerzo como al término

de sus labores, la causa, según aducen, es la demora de la movilidad (por eso prefieren caminar), y otra es, en los otros casos, que la movilidad sale a intervalos irregulares, por lo cual para asegurarse esperan dicha movilidad muchos minutos antes (aprox. Desde las 11:10 a.m.)

- Todos los obreros de compañía observados tienen, inconscientemente, **limitados sus parámetros de producción:** 25 taladros por labor y 100 cartuchos de dinamita para la rotura de ese frente perforado.
- Las labores del perforista comienzan desde la preparación del tajeo hasta el final del carguío, mientras que las labores del ayudante se minimizan en el lapso que dura la perforación pues allí su labor no pasa de acomodar el taladro antes de la perforación y de sujetar en algunos casos el soporte del Jackleg. Sin embargo, algunos perforistas que fueron observados DEMOSTRARON que pueden trabajar sin ayudante tanto en la perforación como en el carguío.
- **Las principales causas de deficiencia de perforación** se deben, según los obreros a las siguientes causas, en orden de importancia:
 1. Baja presión de aire. 80 %
 2. Dureza de las rocas y fallas que atascan el barreno. 20 %
 3. Falta de agua. 10 %
- Una de las causas que contribuyen al exceso de tiempos muertos, tanto en la mañana como en la noche es el trajín en ir a recoger los explosivos, **dicha operación tarda alrededor de 40 minutos** (de las labores de la Zona II hacia la Bodega Principal Nv. 360), el ayudante es el que recoge los explosivos y el perforista quien espera para el carguío.

- **En la Guardia Noche solo se han registrado nominalmente 7 horas de trabajo**, el tiempo que se compensa en no salir a superficie en el intermedio se usa para salir más temprano, a las 3:06 a.m.

Control de Perforación por tajeos y Labores

Una vez seleccionada la actividad a mejorar esta se descompone en todos sus detalles, los que tienen que ver fundamentalmente en los siguientes aspectos:

Tipo de Equipo: Para nuestro caso se han utilizado los equipos manuales que se están utilizando en la labor como son las perforadoras neumáticas tipo Jackleg.

Barreno o Broca:

Estamos considerando barrenos integrales de tipo secorok, que nos permite una mejor maniobrabilidad de los fierros, posicionamiento y facilidad de transporte en las labores convencionales que se tiene en la unidad minera.

Condiciones geométricas de las labores:

Este parámetro nos permitirá brindar el mejor manejo de los equipos en condiciones normales que servirá como dato para los objetivos de la investigación. En el cuadro adjunto se detallan los aspectos de trabajo específico de cada parámetro:

Tabla 6 Aspectos de trabajo

FACTORES	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
Equipo	Convierte la energía de su forma original a energía mecánica para hacer actuar el sistema	Perforadora Neumática tipo Jackleg
Barreno o Broca	Transmite la energía desde la fuente hacia la broca, aplica la energía atacando mecánicamente a la roca para lograr la penetración dentro de esta	Barreno de 6'
Condiciones del entorno	También influyen notablemente en los factores de avance. Son en orden de ocurrencia: la presión del Aire, Agua, energía Eléctrica, y el Factor Humano	

Etapas de la toma de tiempos de actividad de perforación

Es el mejor método para la voladura de rocas ya que se dispone de un frente libre para la salida y proyección del material y permita una sistematización de las labores se utiliza para nuestro proyecto interior mina con barrenos de realce y horizontales, en los que influye los aspectos siguientes:

- Posicionamiento del equipo.
- Perforación propiamente dicha.
- Salida de los Barrenos.

Estos aspectos se detallan en el cuadro que se adjunta con sus tiempos promedios tabulados y promediados del sistema de muestras tomadas:

Tabla 7 Tabulados y promediados del sistema de muestras

ASPECTOS	DESCRIPCIÓN	TIEMPO PROMEDIO
Posicionamiento del Equipo de Perforación y Emboquillado	Parte más importante de la perforación, se inicia tan pronto como el barreno sale para perforar el siguiente taladro, hasta el inicio de la penetración.	15 seg.
Perforación	Es el tiempo durante el cual se realiza el barrido el avance y la rotación. Ésta se realiza con barrenos integrales de 6 pies.	220 seg.
Salida	Cuando el barreno empieza a salir del taladro.	11 seg.

Estado de la Perforación y Voladura

En la Unidad minera de Uchucchacua, mina subterránea, la perforación se utiliza en los avances de los frentes de explotación, así como en la construcción de chimeneas y piques.

Esta operación se realiza en húmedo para mantener la calidad del aire, minimizando el riesgo de enfermedades profesionales.

La adición de agua permite además el barrido del mineral molido, la refrigeración de las barras y el sellado de las paredes del tiro en terrenos fracturados, evitando el atascamiento de las barras.

Voladura; en la unidad se debe tener en cuenta aspectos siguientes para el estudio:

- Aislar convenientemente el área a disparar, desde el momento en que se inicien los preparativos de carguío, colocando las señalizaciones de advertencia que corresponda y suspendiendo toda actividad ajena en el sector comprometido.

- Sólo permitir en el área aislada al personal autorizado e involucrado en la manipulación del explosivo. El cebo o prima es el conjunto formado por un explosivo secundario (dinamita), y un fulminante que se inserta en él, utilizado para iniciar la detonación de la carga explosiva.

- Los cebos para la voladura deberán prepararse inmediatamente antes de ser usados, en cantidad no mayor a los necesarios para la voladura que se realizará.

- Esta preparación debe hacerse en las cercanías al área a disparar y el lugar elegido debe estar libre de caídas de rocas y otros riesgos. Para ello se toman en cuenta todas las consideraciones de seguridad con el fin de apoyar en el control de tiempos de esta actividad, considerando la experiencia del personal.

Dentro de las características de los explosivos para nuestro proyecto se han tomado en cuenta principalmente los parámetros:

Factor de Potencia: Es un parámetro importante para efectos de nuestro estudio que se evalúa en el siguiente cuadro:

Tonelaje roto	
Profundidad promedio de taladro en m.	1.69
Área de frente en m ²	3.33
Volumen roto en m ³	5.63
TM ROTAS (3.0 TM/m³)	16.89
Consumo de Explosivos (Kg.)	11.9
F:P. (Kg Explosivo / TM Rota)	0.70 Kg Exp. /TM

El estado de perforación para nuestro estudio considera aspectos importantes que tiene las siguientes características que se describen someramente después del análisis de las observaciones.

Las pérdidas ocasionadas por la mala perforación tienen las siguientes causas:

- **Poca duración del Barreno** por el mal estado de la bocina de la máquina perforadora, (los mantenimientos de las perforadoras generalmente son correctivos), por la mala posición del operario al perforar y por la dureza de la roca.
- **Deficiente distribución de la malla de perforación** en cuanto al espaciamiento y el Burden.
- **Baja eficiencia en el uso de los explosivos**, a esto se debe el excesivo Factor de Potencia.

Actualmente ya que se han implementado el transporte mecanizado, mediante los vagones de pasajeros y la “jaula” ascensor del Pique principal. Sin embargo, con la política de bonificaciones de tendrían los siguientes resultados:

- **Se incrementaría la productividad tanto en perforación y voladura**, con un objetivo mínimo de las actuales 16.79 TM/Disparo a 41.31 TM/Disparo.
- **El costo de Mano de Obra de los perforistas se elevaría** como mínimo en 27 %, mientras que en los ayudantes en 19 %.

- **El costo de Voladura se reduciría** como mínimo de S/. 7.82 a S/. 2.22 por tonelada rota.
- **Se reducirían considerablemente las horas extras** en forma natural.

Determinación del Factor de Potencia para el estudio

El cálculo de factor de carga se ha realizado mediante las fórmulas que son aplicadas para cada experimento planteado anteriormente.

Factor de carga = Carga explosiva (Kg) / Volumen roto (m3)

Donde el volumen roto se ha calculado de la siguiente manera

Volumen roto (m3) = Am * Al * Lp

Donde: Am = Altura de minado (m)

Al = Ancho de labor (m)

Lp = Longitud de perforación (m).

Los resultados los mostramos en el cuadro adjunto anterior.

Estimado de Tiempos de Muertos

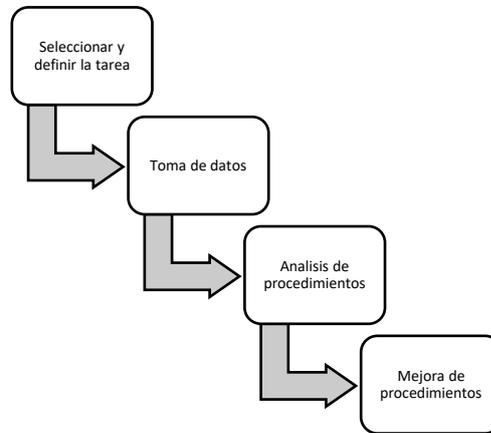
Para poder llevar a cabo el muestreo es necesario:

- 1) Definir el trabajo
- 2) Observar y registrar si la persona está trabajando o no.
- 3) Determinar la proporción de tiempo en la que se realiza a cabo el trabajo.
- 4) Estimar el tiempo estándar de la operación

Según los fundamentos establecidos en la ingeniería minera y la experiencia, el estudio del trabajo para este estudio se basa en varias etapas básicas, en el siguiente orden como se muestra en la figura adjunta. (Figura 14), son importantes para los fines requeridos, ya que las posteriores etapas se refieren a la aplicación de mejoras y esto, ya no logra ser el alcance del presente trabajo, por

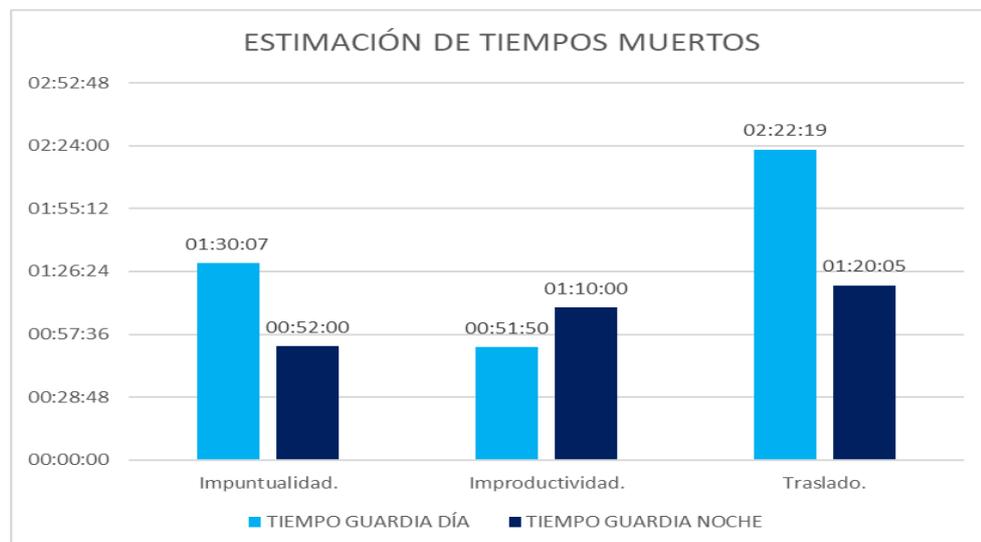
que dependerá de la aceptación de la empresa, para nuestro caso la perforación y voladura.

figura 15 Proceso de Definición tareas



Para el estudio, se muestran en los cuadros adjuntos los resultados medidos en la guardia de día y la guardia de noche comparativamente:

ACTIVIDAD	TIEMPO GUARDIA DÍA	TIEMPO GUARDIA NOCHE
Impuntualidad.	1:30:07	0:52:00
Improductividad.	0:51:50	1:10:00
Traslado.	2:22:19	1:20:05
Horas Nominales: 8:00 Hrs.		
T_{real} día = 8:00 Hrs.		
T_{real} noche = 7:00 Hrs.	0:00:00	1:00:00
TIEMPO TOTAL.	4:44:16	4:22:05



Guardia de Día

Se han tomado los tiempos promedio de observaciones para el estudio que afectan las horas nominales establecidas para las operaciones de perforación y voladura de 8 horas reales, en las actividades principales como son la impuntualidad, Improductividad, y traslado propiamente.

Guardia de Noche

Del mismo modo que para el turno en guardia de noche se han tomado el promedio se han tomado los tiempos promedio de observaciones para el estudio que afectan las horas nominales establecidas para las operaciones de perforación y voladura de establecido en 7 horas reales.

4.4. Discusión de resultados

Rendimiento de labores experimentales

Equipos usados en Uchucchacua. Los equipos de perforación que más éxito han tenido en operaciones de perforación en nuestra mina, en orden de implementación son:

1. Jackleg, Usadas ampliamente por su bajo costo de inversión y capacidad de adaptación para trabajo en tajeos irregulares de perforación horizontal tipo breasting. versátil y fácil de trasladar de una labor a otra, para trabajos de frontoneo y peladas de caja.

Limitación en velocidad de perforación y alcance a la altura de la corona.

2. Upper Drill - Excelentes equipos de perforación vertical de coronas y de gran eficiencia. Actualmente no lo usamos por la calidad de la roca, ya que produce coronas inestables después de un disparo.

Para el estudio se muestran en el cuadro el resumen de las actividades de perforación entre perforista de Empresa (1) y los tajeos seleccionados para la experiencia (2):

La perforación de manera convencional en los tajeos se realiza también con máquinas perforadoras tipo Jackleg marca Montabert utilizando barras cónicas de 6, 8, 10 pies de longitud con brocas descartables de 38 y 32 mm esta última utilizada con las barras de 10 pies, en los tajeos de forma convencional se realiza dos formas de perforación en realce con un ángulo de inclinación de 60° y en breasting cuando se está trabajando en zonas donde el terreno es totalmente inestable. Realizando voladura controlada.

Para la voladura se utiliza los Carmex, usando como cebo dinamitas de 7/8 x 7", 65% y como carga lineal ANFO, en la voladura controlada se realiza utilizando el método de la dinamita espaciada.

- Taladros Cargados 29

DESCRIPCIÓN	EMPRESA (1)	TAJOS (2)
Nº de taladros perforados por día	24.63	32.00
Trabajadores/labor (Perforista + Ayudante)	2	2
Profundidad por taladro (pies)	5.51	5.07
Explosivo usado	Dinamita 45%	Din. 45% / ANFO
Tiempo de perforación	1 hr. 39 min.	2 hr. 21 min.
Tiempo de carguío	0 hr. 50 min.	1 hr. 55 min.
Tiempo de perforación por taladro	3:51 min.	3:55 min.
Tiempo de colocación por taladro	0:15 min.	0:12 min.

- Taladro de Alivio 2
- No. De taladros: 31

Análisis de eficiencia Hombre Máquina

El tiempo ocioso de maquina y el tiempo ocioso de máquina muestran el diagrama de proceso hombre-máquina

Comúnmente, las áreas en mención son un buen sitio para realizar las mejoras que se requiere. Para nuestro estudio el análisis, compara también el costo de un trabajador y máquina ociosa. Lo que indica que los tiempos muertos traen como consecuencia una retracción económica en la producción y la productividad de la unidad minera.

En vista de esto el presente estudio de demuestra en la siguiente tabla los tiempos de cada una de las personas que labora en el frente de trabajo, además de la máquina, así ver que tiempos ociosos se puede reducir o eliminar, que es lo que toda compañía minera busca, para mejorar la productividad y con ello la rentabilidad del negocio minero.

Tabla 8 Proceso hombre-máquina

DESCRIPCIÓN	PERFORISTA	MÁQUINA	AYUDANTE DE PERFORISTA
Perforación, limpieza y desatado de rocas	45 min.		45 min.
Perforación	1hr. 40 min.	1hr. 34min.	14 min.
Recojo de explosivos	40 min.		40 min.
Carguío	50 min.		50 min.
Tiempo total	03hr. 55min.	1hr. 34 min.	2hr. 29 min.
% del Tiempo utilizado	48.96%	19.58%	31.04%

En el presente proyecto con las alternativas implantadas en cuanto se refiere a mejora las operaciones de perforación y voladura, y mejorar esta etapa importante del minado, prioriza la construcción de uno o más comedores en interior mina. El principal requerimiento de los obreros al cual se tuvo la oportunidad de entrevistar fue que este reúna las condiciones necesarias para su salud, sobre todo ventilación.

De este modo se eliminaría el tiempo de traslado al mediodía (aprox. 1hr y 20 min), es decir 590 tareas al mes.

- **Agilizar el transporte de personal hacia sus labores**, mediante la habilitación de la locomotora para pasajeros y la jaula ascensor en el pique principal hacia los niveles de trabajo.
- Con esta medida, aparte de reducir el tiempo de transporte, se controlaría mejor la puntualidad de los obreros.
- **Eliminar los vestuarios y cafetines en interior mina** para evitar que los obreros “hagan tiempo” antes de llegar a sus labores.

Incremento de Productividad por operario

De acuerdo con las necesidades de la mejora que se está proponiendo con el estudio y de acuerdo con las observaciones realizadas en el estudio de métodos, podemos afirmar que es posible elevar nuestra producción, con el mismo personal obrero en mina. ¿Cómo?: Elevando su productividad, de esta forma se crearán los mecanismos para:

1. **Elevar el número de taladros** perforados por tarea
2. **Estimular el uso eficiente de los explosivos** reemplazando sistemáticamente el uso de dinamita con explosivo granulado (Anfo²)
3. **Estimular el mejor uso de sus equipos**, elevando la duración de los barrenos integrales, y propiciando su reemplazo por brocas descartables
4. **Disminuir la dilución** y el exceso de banqueos
5. **Imponer mayores responsabilidades a los jefes de guardia**, capacitando a los capataces para que asuman sus labores como tales de forma tal que puedan controlar los parámetros señalados anteriormente, como son, la malla de perforación, uso de explosivos y técnicas de perforación

La única forma efectiva de lograr estos estímulos es mediante un programa de bonificaciones dentro de las posibilidades, ahora bien, ¿Cómo?, ¿Cuándo? y ¿Cuánto bonificar?, para ello, ha sido necesario el presente estudio de la ingeniería de métodos que nos indica una posible estandarización de estándares y que a partir de las cuales se ejecutará esta política de bonificaciones.

Bonificación de producción

La política de bonificaciones en la Unidad minera de Uchuchacua, es indistinta, pero tratándose de mejorar las actividades de perforación y voladura el estudio propone un tipo de bonificación que muchas veces pueden resultar en una mejora operativa y con ello un aumento del rendimiento de las personas y con ello una mejora de la productividad, pero también se debe de tener en cuenta cuanto será la bonificación para no caer en gastos incensarios, A continuación, se plante los siguientes:

Taladro Adicional

El estudio de tiempos nos ayuda a proponer a incrementar un taladro de operación más que para el caso es de 25 taladros que inciden en los siguientes datos:

<u>Estándar:</u>	25 taladros
<u>Profundidad:</u>	1.68 m
<u>Malla con dinamita</u>	50 cm. x 50 cm.
<u>Malla min. con Anfo:</u>	70 cm. x 70 cm.
<u>Ley de cabeza:</u>	14 Oz. Ag/TM
<u>Precio de OzAg:</u>	S/. 12.69
<u>Mano de obra:</u>	S/. 60.00 (Perforista + Ayudante)
<u>% de bonificación:</u>	100 %

La distribución de la bonificación será de la siguiente forma:

<u>Distribución</u>	
Perforista	61 %

Ayudante	39 %
Total	100%

Por Factor de Potencia

A continuación, se observan los cálculos de los rendimientos de la perforación de la voladura, según el Programa de Perforación y voladura se propone establecer una bonificación por el factor de potencia en el rendimiento de la voladura:

Costo de un cartucho de dinamita	S/. 0.59
Peso de un cartucho de dinamita	122.00 g
Costo de 1 Kg de dinamita	S/. 4.84
Costo de 1 Kg de Anfo	S/. 1.86
Bonificación / Eficiencia	28.00%
Tonelaje Roto	16.89 Tn.

<i>Factor de Potencia</i>	<i>Costo con dinamita</i>	<i>Costo con Anfo</i>	<i>Bonificación c/dinamita</i>	<i>Bonificación c/Anfo</i>	<i>Bonif/Mes al perforista c/dinamita</i>	<i>Bonif/mes al Perforista c/Anfo</i>
0.70	57.18	22.35	0.00	9.75	0.00	S/. 121.88
0.65	53.09	20.78	1.14	10.19	14.29	127.38
0.60	49.01	19.21	2.29	10.63	28.59	132.88
0.55	44.92	17.64	3.43	11.07	42.88	138.37
0.50	40.84	16.07	4.57	11.52	57.18	143.87
0.45	36.76	14.5	5.72	11.95	71.47	149.37
0.40	32.67	12.93	6.86	12.39	85.77	154.87
0.35	28.59	11.36	8.00	12.83	100.06	160.36

Para la evaluación de la bonificación por factor de potencia, debe tenerse en cuenta que el departamento de seguridad debe supervisar bajo responsabilidad los siguientes aspectos:

- Definir las labores aptas para el uso de Explosivo Granulado

- Ventilación exhaustiva en estas labores
- Proporcionar lentes de seguridad a los operarios
- Proporcionar los equipos de respiración y otros de seguridad para cada uno de los operarios.

Por Consumo de Barrenos

El Barreno Integral viene a ser el suministro que más se consume en la perforación, para ello, para estimular un uso más eficiente, se ha propuesto esta bonificación. Sin embargo, estamos extendiendo ahora el uso de brocas descartables como la alternativa económica en la perforación de los taladros de producción. Para ello se han propuesto los siguientes estándares para la bonificación por consumo de barrenos.

En el anexo I, podemos visualizar el resumen de los costos comparativos con dinamita y anfo.

Tabla 9 costos comparativos

Costo del barreno integral	S/. 171.00
Pies perforados por barreno	1,500.00
Pies perforados por taladro	5.50
Por cada taladro se consumirá	0.0037 barrenos
% de bonificación	40 %

Tabla 10 costos comparativos II

<i>Pies perforados por barreno</i>	<i>Ahorros en Soles</i>	<i>Bonificación</i>	<i>Bono al perforista</i>	<i>Bono al Ayudante</i>
1,500	0.00	0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
1,600	11.40	4.56	S/. 2.74	S/. 1.82
1,700	22.80	9.12	S/. 5.47	S/. 3.65
1,800	34.20	13.68	S/. 8.21	S/. 5.47
1,900	45.60	18.24	S/. 10.94	S/. 7.30
2,000	57.00	22.8	S/. 13.68	S/. 9.12
2,100	68.40	27.36	S/. 16.42	S/. 10.94
2,200	79.80	31.92	S/. 19.15	S/. 12.77
2,300	91.20	36.48	S/. 21.89	S/. 14.59
2,400	102.60	41.04	S/. 24.62	S/. 16.42
2,500	114.00	45.60	S/. 27.36	S/. 18.24

Cálculo de Penalidades de Producción

Este tipo de penalidad, se establece para compensar ciertas deficiencias de que se puedan presentar durante la actividad de producción de taladros y efectos de la voladura del material, que está en función directa de los siguientes parámetros, la penalidad por banqueo del material roto, la dilución propia del mineral por efectos de una voladura deficiente, asimismo, la asistencia y supervisión de las actividades de perforación y voladura, y finalmente en función de la seguridad que se debe brindar en el frente de perforación y voladura. El mismo lo podemos expresar mediante un modelo siguiente:

$$\text{BONIF.TOTAL} = \text{SBONIFIC} \times \text{B} \times \text{A} \times \text{S} - \text{D}$$

DONDE:

B = Penalidad por banqueos

D = Dilución

A = Asistencia

S = Seguridad

Penalidades por Banqueo en producción

El afán de producir mayor tonelaje tiene el riesgo de generar bancos en los disparos, siendo necesaria la voladura secundaria, de este modo al tener mediante el sistema logístico los costos por labor podremos cuantificar el costo de la voladura secundaria, este se aplicará como factor a su bono. También esta será expresada mediante el factor establecido que se le brinda a cada condición de resultados del material obtenido y que será necesario realizar una voladura o rotura secundaria en el material inicial. Para ello se tiene los siguientes parámetros.

FACTOR	OBSERVACIONES
1.0	No se han detectado bancos
0.9	El 10% del costo directo total del tajeo es por voladura secundaria
0.8	El 20% del costo directo total del tajeo es por voladura secundaria

Penalizaciones por Dilución del Mineral

En el estudio propuesto y desarrollado, tiene en cuenta la dilución del mineral que no es otra cosa más que la contaminación del mineral con material estéril, con esto se baja la ley del mineral que luego resultara en enormes pérdidas económicas de millones de dólares en ingresos.

El explosivo ejerce una fuerza igual en todas las direcciones, y las rocas con menor resistencia comienzan a desplazarse. Normalmente el movimiento es perpendicular a los contornos del tiempo de inicio de disparo. Las rocas en movimiento actúan a su vez sobre las rocas vecinas, lo que produce un movimiento generalizado de la masa rocosa que en este disturbio se ocasiona la pérdida del valor del mineral, Por lo tanto, en nuestro proyecto se opta por determinar la penalidad por dilución, que se expresa de la siguiente manera

Para reducir las causas evitables de dilución estableceremos una penalidad superior al descuento por Mano de Obra.

Solo se considerará para el caso de dilución el costo de explosivos y de tareas consumidas:

$$D = FP \times TM_{\text{DESMONTE ROTO}} \times \text{Costo}_{\text{explosivo (del Kg.)}} + 0.125 \times \text{Costo de la tarea}$$

Incidencia de los explosivos Utilizados en la Producción

Haciendo un análisis en cuanto a las incidencias en costos de los explosivos como la Dinamita observamos que los costos por tonelada producida en una

voladura por taladros perforados son más altos con las que se obtiene con el uso de Anfo, en mallas de 40 x 40, 50 x 50, 90 x 90 y malla 100 x 100. Que si ajustamos con una ecuación lineal obtenemos la relación de costos óptimos con el uso del anfo. Como observamos en el cuadro adjunto.

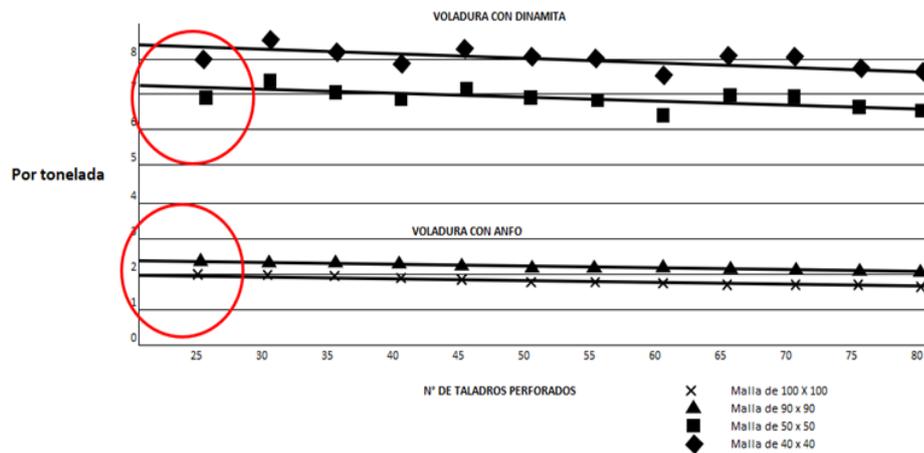


Figura 16 Grafico comparativo de costo de disparo con Dinamita vs Anfo

En los Costos de Disparo

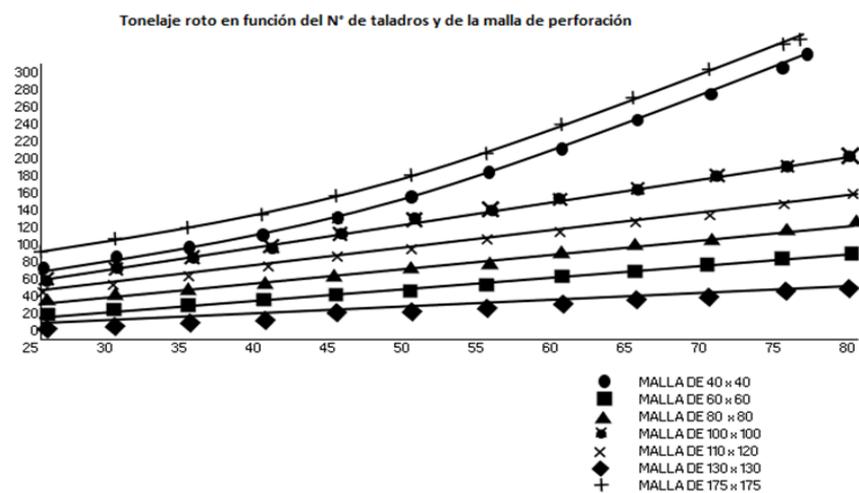


Figura 17 Tonelaje roto función del N de taladros y de la Malla de perforación

Apreciación de los resultados finales

Con todos los ajustes de realizados en el proyecto como son la implementación de los equipos mecanizados de perforación y transporte en la Unidad Minera, así como, el mejoramiento de transporte del personal mediante vagones de pasajeros y las “jaulas” tipo ascensor en el pique principal. Así mismo, estableciendo políticas adecuadas de bonificación se tendrá los siguientes resultados de mejora en el proyecto.

1. Se incrementará la Productividad tanto en la perforación y voladura, con un objetivo mínimo de las actuales: 16.79 TN/Disparo, a 41.31 TM/disparo.
2. Referente al costo de mano de obra de los colaboradores perforistas se elevaría como mínimo de 27%, mientras que de los colaboradores ayudantes en 19%.
3. Referente al costo de Voladura se reduce como mínimo de S/. 7.82 a S/. 2.22, por Tonelada rota.
4. Finalmente, el estudio nos permite reducir considerablemente las Horas extras en forma natural, incentivando la responsabilidad y capacitación permanente.

CONCLUSIONES

Con el desarrollo de la investigación se llega a las siguientes conclusiones

1. Lo más crítico en las operaciones de perforación y voladura es un mal diseño de la malla de perforación, lo que conlleva a grandes pérdidas económicas, en las que se identificó 9 fallas en la voladura en un mes, haciéndolo muchas veces que la operación sea insegura para los colaboradores.
2. Con la aplicación del análisis de IM, se identificó, que la causa de la existencia de tiempos muertos es el traslado de la boca mina a las labores de producción y viceversa, la fatiga en la subida se considera similarmente a la tarea de perforación que se resume en:

GUARDIA DE DÍA		GUARDIA DE NOCHE	
Traslado:	50.1%	Traslado:	30.6%
Impuntualidad:	31.7%	Improductividad:	26.7%
Improductividad:	18.2%	Impuntualidad:	19.8%
		Horas Nominales:	22.9%

3. Al aplicar la IM se mejora se observó, que todos los colaboradores tienen inconscientemente conocimiento sobre los parámetros de producción, que establecen 25 taladros por labor, con 100 cartuchos de dinamita, para el avance por guardia, debiendo ser que estos parámetros manejados por planeamiento del minado.
4. La principal causa en la deficiencia de la perforación radica en los operadores perforistas y ayudantes, que aducen a las siguientes causas en orden de importancia:
 - Baja Presión de aire comprimido 80%
 - Dureza de las rocas y fallas de atascamiento de barrenos 20%
 - Falta de agua. 10%

5. Asimismo, podemos concluir que las causas que contribuyen al exceso de tiempos muertos, en la guardia de día como en la guardia de noche es el trajinar en recoger los explosivos, tardándose un promedio de 40 minutos. Proceso en que el ayudante recoge el explosivo y el maestro perforista espera para el carguío.
6. Con el IM, se ha identificado que, en la guardia de noche solo se han registrado 7 horas de trabajo nominalmente, el tiempo que se compensa en no salir a superficie en el intermedio es usado para salir más temprano a las 3.06 a.m.
7. Al aplicar lo propuesto en esta tesis, se tendrá grandes ganancias monetarias no solo para la empresa sino para los colaboradores responsables que al observar estas implicancias ellos mismo serán quienes querrán integrarse a la política de bonificaciones y penalidades.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda prioritariamente mejorar los comedores en el interior mina, que, para resguardar la salud de los colaboradores, suspendiendo la salida al medio día por alimentos, eliminando así tiempos de traslado aproximadamente de 1. Hora con 20 minutos, es decir 590 tareas al mes.
- Se recomienda prepara y capacitar al personal para los trabajos de perforación en forma continua, ya que la perforación es considerada en minería como una variable operativa que puede cambiarse de acuerdo con las condiciones del frente, criterio del perforista y experiencia del diseñador de la malla.
- Los estándares de Perforación y Voladura determinados para nuestro estudio se han propuesto para fines de analizar los resultados de la prueba piloto, los cuales se han estandarizado por sus resultados, por ello es recomendable aplicar en otros frentes y zona de producción de la unidad minera de Uchucchacua.
- Se recomienda implementar un sistema de monitoreo y seguimiento continuo en el proceso de perforación de taladros. Esto puede lograrse mediante la instalación de sensores y la recopilación de datos seria de inmediato, con ello se podrá evaluar y detectar posibles problemas o desviaciones, con la implementación de estos sensores nos permitirá tomar acciones correctivas de manera oportuna y optimizar aún más este proceso tan fundamental de la minería.
- En cuanto al incremento de la productividad, se debe incrementar mecanismos para elevar el número de taladros por tarea. Con el uso eficiente de explosivos adecuados por planeamiento de voladura, hacer el control de los barrenos y brocas de perforación, minimizar el exceso de banco, imponiendo la responsabilidad en los jefes de perforación y voladura.

- Se recomienda tener en cuenta que el departamento de seguridad asuma la responsabilidad en el control de acertada en los siguientes aspectos:
 - Definir las labores aptas para el uso de explosivos adecuadamente.
 - Controlar la ventilación efectiva en las labores de acuerdo con las normas de SSO. Vigentes.
 - Proporcionar los implementos de seguridad en forma oportuna a los colaboradores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Metodología de Costos de Operaciones en Minería- Universidad Nacional de Ingeniería

Manual del Cronometrador - Cía. Internacional de Consultores S.A.

Estudio de la Productividad Del Minado en la Minería Subterránea – Instituto de Estudios Económicos Mineros.

Aplicación y Control de la Medición del Trabajo - Manual de Ingeniería Industrial
– H.B. Maynard (sec.5 Cap. 3)

Simplificación de Trabajos - Cerro de Pasco – Centromin- Perú. (oct.1995)

Mecánica de Rocas Fundamento e Ingeniería de Taludes - Texto Ramírez Oyanguren, Pedro y Monge Leandro, Alejandro. (2004).

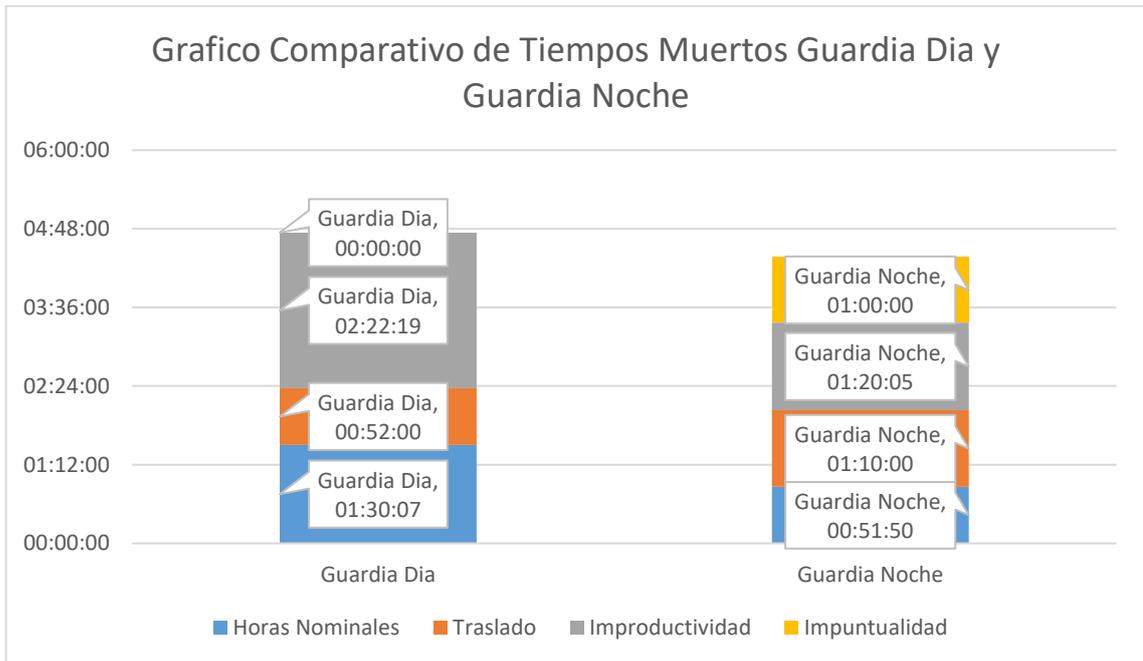
Ingeniería de costos teoría y práctica en construcción - Leopoldo Varela, Alonso. (2009). Texto guía, Universidad Nacional de México: México.

Reducción de los Costos Operativos en Mina, mediante la Optimización de los Estándares de las operaciones unitarias de Perforación y Voladura. - Jáuregui Aquino, Oscar Alberto. (2009). Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú: Lima.

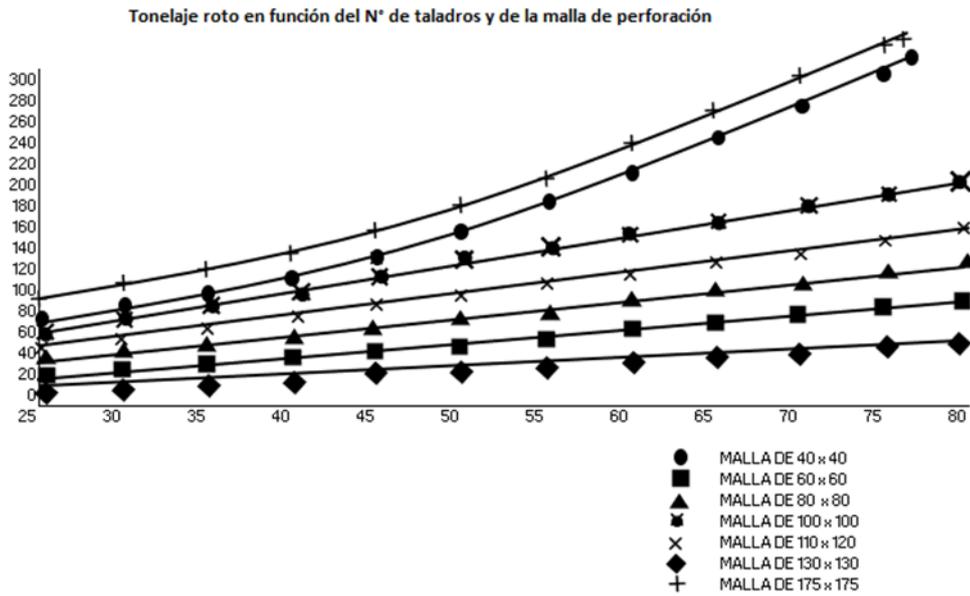
Apuntes de curso para la asignatura de perforación y voladura. - Proaño Cadena, Gastón. (2001). Escuela Superior Politécnica del Litoral, texto guía: Guayaquil Ecuador.

ANEXOS

Anexo 1

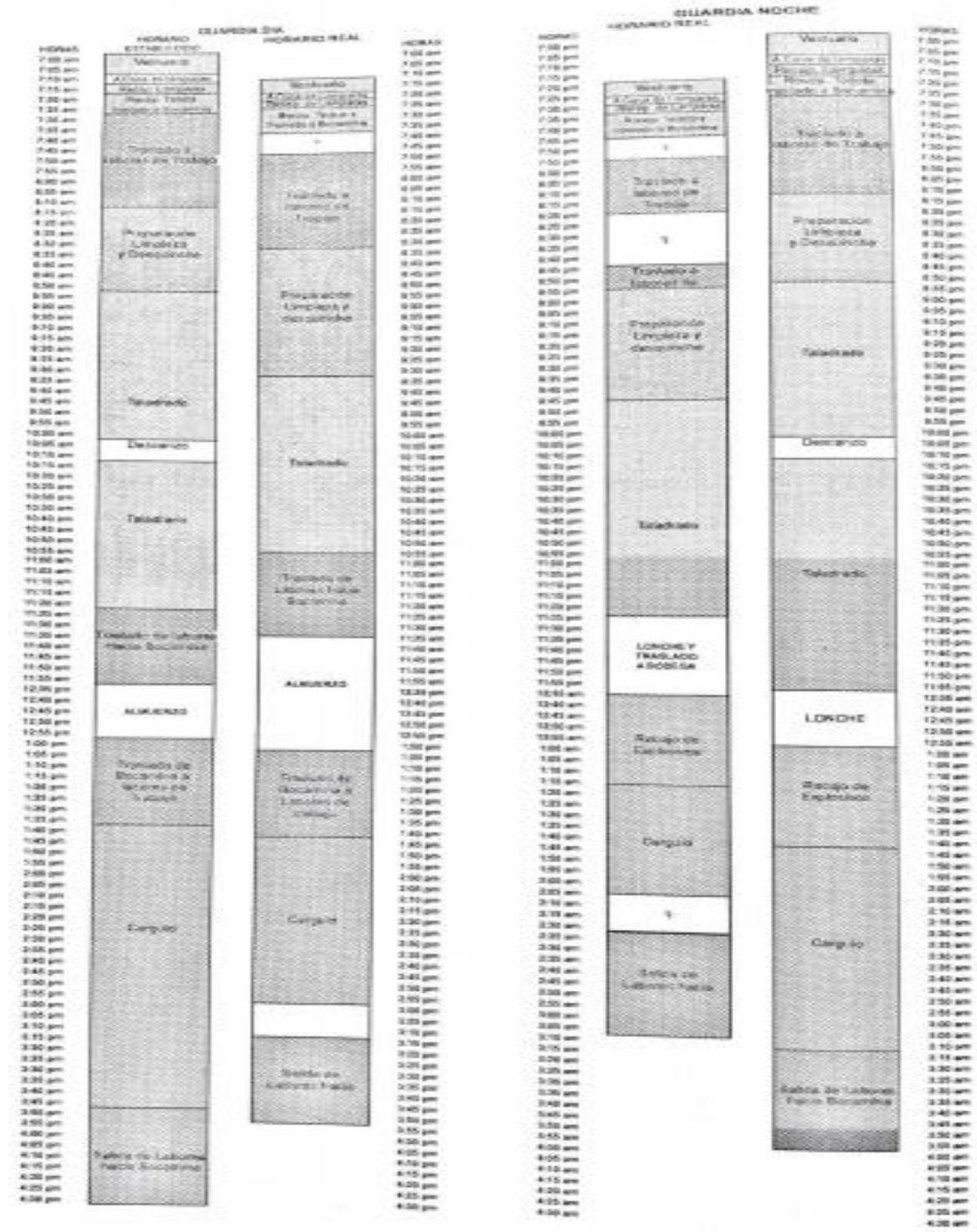


Anexo 2



Anexo 3

Esquema de tiempos en ambas guardías



Fuente Propia.

Matriz de consistencia

Aplicación de la ingeniería de métodos en las operaciones unitarias de perforación para mejorar la productividad – Unidad Minera Uchucchacua” Cía. Minas Buenaventura S.A.

	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	Variables	Dimensiones	METODOLOGÍA
<p>GENERAL ¿Es posible la implementación IM del proceso de perforación en la UM uchucchacua?</p> <p>ESPECÍFICOS <input type="checkbox"/> ¿La implementación del diseño de perforación y voladura permite la reducción del factor de avance Uchucchacua?</p> <p><input type="checkbox"/> ¿La implementación del diseño de perforación y voladura permite incrementar la productividad y mejora los costos de perforación voladura en la Mina Uchucchacua -</p>	<p>GENERAL Optimizar los parámetros de avance mediante la implementación del diseño de perforación y voladura en Galerías del Nivel 3990 de la Mina Uchucchacua.</p> <p>ESPECÍFICOS <input type="checkbox"/> Incrementar la longitud de avance con la implementación del diseño de perforación y voladura en Galerías del Nivel 3990 de la Mina Uchucchacua. <input type="checkbox"/> Incrementar la eficiencia de voladura con la implementación del diseño de perforación y voladura en el Nivel 3990 de la Mina Uchucchacua.</p>	<p>HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN (Hi): La implementación del diseño de perforación y voladura permite la optimización de los avances en Galerías del Nivel 3990 de la Mina Uchucchacua.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS: <input type="checkbox"/> Se reduce el factor de avance con la implementación del diseño de perforación y voladura en Galerías del Nivel 3990 de la Mina Uchucchacua. <input type="checkbox"/> Se incrementa la eficiencia de voladura con la implementación del diseño de perforación y voladura en Galerías del Nivel 3990 de la Mina Uchucchacua.</p>	<p>Variable independiente Diseño de perforación y voladura</p> <p>Variable dependiente Optimizar los avances en las Galerías</p>	<p>Malla de perforación Voladura Factor de avance Longitud de avance Eficiencia de voladura</p>	<p>DISEÑO Aplicada, cuantitativa POBLACIÓN Y MUESTRA Población: Frentes de avance, en Galerías en todos los Niveles en la Mina Uchucchacua. Muestra: Frentes de avance en Galerías 6506 y 6763 sección 3.5m x 3.5m, en el Nivel 3990 de la Mina Uchucchacua. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS Análisis documental ANÁLISIS DE DATOS El análisis estadístico comprendió un análisis descriptivo, utilizando la prueba de t de student para muestras relacionadas con un nivel de significancia del 5%.</p>

EQUIPO	RESEFER 1			
TURNO	DIA			
FECHA	24/01/2022			
ACTIVIDAD ESPECÍFICA	Suma de TOTAL HORAS ACTIVIDAD	HORAS ACTIVIDAD	PORCENTAJE	ACUMULADO
Perforación en mineral	4.7	4.67	44.8%	44.8%
Ingreso - Salida	2.1	2.08	20.0%	64.8%
Refrigerio	1.7	1.67	16.0%	80.8%
Traslado de equipo	0.8	0.75	7.2%	88.0%
Charla	0.8	0.75	7.2%	95.2%
Instalación de equipo	0.3	0.33	3.2%	98.4%
inspección de equipo	0.2	0.17	1.6%	100.0%
Total, general	10.42	10.42		

Anexo 3: Ejemplo de toma de tiempos

PARETO DE ACTIVIDADES RESEFER NRO. 01			
SEMANA DEL: 24-12-21 AL 23-01-22			
ACTIVIDAD ESPECÍFICA	HORAS ACTIVIDAD	PORCENTAJE	ACUMULADO
Perforación en mineral	4.67	45%	45%
Ingreso - Salida	2.08	20%	64.8%
Refrigerio	1.67	16%	80.8%
Traslado de equipo	0.75	7%	88.0%
Charla	0.75	7%	95.2%
Instalación de equipo	0.33	3%	98.4%
Inspección de equipo	0.17	2%	100.0%
Total, general	10.42		

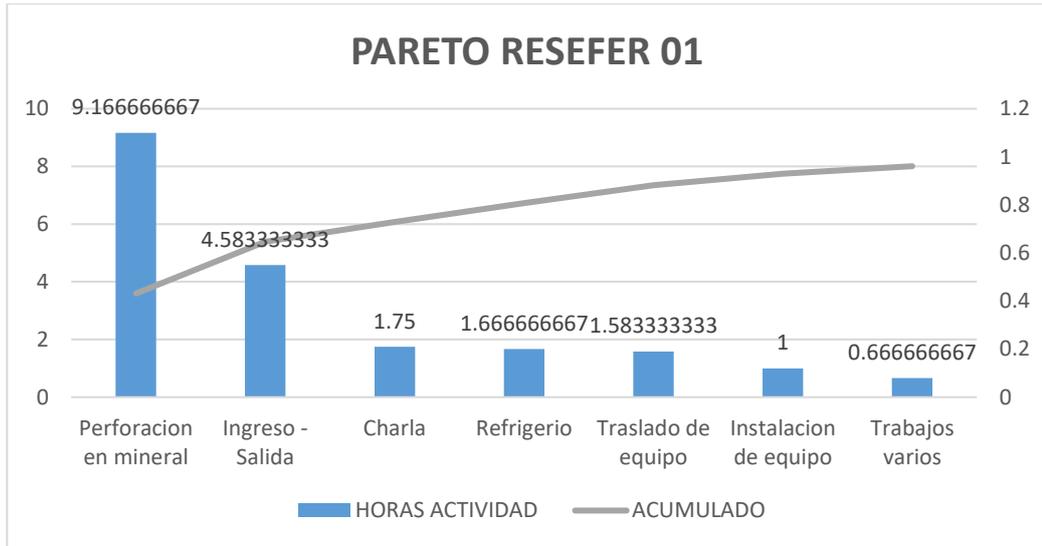


Figura: posicionamiento de operador



Fuente; elaboración propia – Mina Uchucchacua

Figura N° 02: Capacitación ínsito de operadores de perforación



Fuente; Elaboración Propia- Mina Uchucchacua