

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MINAS



**RENDIMIENTO DE JUMBOS SANDVIK FRENTE A LOS
TIEMPOS IMPRODUCTIVOS DE PERFORACIÓN DE GALERÍAS
DE LA CONTRATA AESA. - UNIDAD MINERA SAN RAFAEL.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ANTONIO BELLIDO CALSINA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



TESIS

RENDIMIENTO DE JUMBOS SANDVIK FRENTE A LOS TIEMPOS
IMPRODUCTIVOS DE PERFORACIÓN DE GALERÍAS DE LA CONTRATA
AESA. - UNIDAD MINERA SAN RAFAEL.

PRESENTADA POR:

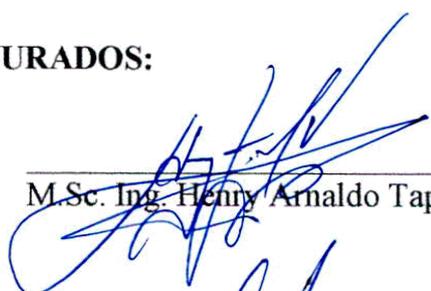
Bach. ANTONIO BELLIDO CALSINA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

APROBADA POR LOS JURADOS:

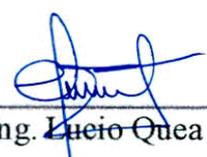
PRESIDENTE:


M.Sc. Ing. Henry Arnaldo Tapia Valencia

PRIMER MIEMBRO:


Ing. Arturo Rafael Chayña Rodríguez

SEGUNDO MIEMBRO:


M.Sc. Ing. Luceo Quea Gutierrez

DIRECTOR / ASESOR:


M.Sc. Ing. Esteban Marín Paucara

Área : Ingeniería de Minas.

Tema : Desarrollo de labores mineras y otras excavaciones.

Puno – Perú

2018

DEDICATORIA

A mi madre, quien con su apoyo incondicional a permitido cumplir mis objetivos como profesional y a mi padre que desde el cielo ilumina mi camino para llegar a donde estoy, de tal forma a mis hermanos: Wilbeth, Marleny, Marina y Fermina que me guiaron con su apoyo en mi desarrollo personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi alma mater, Universidad Nacional del Altiplano Puno, a los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas quienes me brindaron sus conocimientos y experiencias a través de mis años de estudio, los cuales perduraran en mi vida profesional.

Agradezco también a mis hermanos: Wilbeth y Marleny que ellos fueron la pieza clave de mis estudios y por haberme guiado de una manera eficiente.

Gracias a Dios por guiar mis pasos diariamente, permitiéndome aprender de mis errores con entereza y aplomo; a mis padres que con su amor, perseverancia y comprensión apoyaron a que sea consecuente con mis ideales y firme con mis decisiones.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Pregunta general.....	3
1.2.1. Preguntas específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	3

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación.	4
2.2. Marco teórico de la investigación	8
2.2.1. Perforación de rocas y minerales	8
2.2.2. Perforadoras hidráulicas.....	9

2.2.3. Ventajas de las perforadoras hidráulicas.....	9
2.3. Jumbos mineros.....	10
2.3.1. Descripción.....	10
2.4. Definiciones conceptuales.....	11
2.4.1. Vida económicamente útil del equipo.	11
2.4.2. Mantenimiento.	11
2.5. Condiciones de perforación.....	12
2.6. Fundamento de perforación rotopercutiva.	14
2.6.1. Percusión.....	15
2.6.2. Rotación.....	15
2.6.3. Empuje.....	15
2.6.4. Barrido.....	16
2.7. Equipo hidráulico jumbo sandvik DD311.	17
2.7.1. Especificaciones del jumbo sandvik.....	17
2.8. Perforación con jumbo en la galería.	19
2.9. Factor de disponibilidad.....	20
2.9.1. Disponibilidad mecánica.....	20
2.9.2. Disponibilidad de uso.	20
2.10. Determinación del rendimiento del equipo de perforación.....	20
2.10.1 Rendimiento.....	20
2.10.2. Velocidad de perforación.....	24

2.10.3 Velocidad de penetración.....	24
2.11. Estudio de tiempo.....	24
2.11.1. Elementos del estudio de tiempos.....	25
2.12. Estudio de tiempo de operación.....	25
2.12.1. Tiempo productivo:.....	26
2.12.2. Tiempo improductivo:	26

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Metodología de la investigación	27
3.1.1. Tipo de investigación.....	27
3.1.2. Diseño de investigación.....	28
3.2. Revisión, recopilación y elaboración de información preliminar	28
3.3. Población y muestra	29
3.3.1. Población.....	29
3.3.2. Muestra.....	29
3.4. Operacionalización de variables.....	29
3.5. Técnicas de recolección de datos	30
3.5.1. Técnicas.....	30
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos.....	30
3.5.3. Hoja de reporte diario de perforación jumbo.....	31
3.5.4. Materiales.....	31

CAPÍTULO IV**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Consolidación de reportes.....	32
4.2.	Identificar los tiempos improductivos en la perforación.	33
4.2.1.	Demoras no productivas.....	41
4.3.	Determinar el rendimiento de los jumbos hidráulicos	42
4.4.	Determinar el rendimiento de los jumbos mediante la evaluación de los tiempos improductivos.....	48
4.4.1.	Análisis de los jumbos	49
4.5.	Discusión.....	50
	CONCLUSIONES	52
	RECOMENDACIONES.....	53
	REFERENCIAS.....	54
	ANEXOS	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.5.1: Condiciones de perforación.	13
Figura N° 2.6.1: Funciones principales de perforación.	14
Figura N° 2.6.2: Funciones principales de perforadora sandvik.....	16
Figura N° 2.7.1: Equipo de perforación hidráulico sandvik DD311.	18
Figura N° 2.7.2: Dimensiones de un jumbo sandvik DD311.	19
Figura N° 4.1.1 Datos obtenidos en el campo	32
Figura N° 4.2.1: Clasificación de tiempos.	35
Figura N° 4.2.2 Clasificación de tiempos improductivos.....	36
Figura N° 4.2.3: Clasificación de tiempos productivos.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 3.4.1: Variables e indicadores	30
Tabla N° 4.2.1: Demoras operativas no variables.	34
Tabla N° 4.2.2: Clasificación de categorías de tiempo.....	37
Tabla N° 4.2.3: Resumen de tiempos productivos e improductivos.....	39
Tabla N° 4.2.4: Resumen de tiempos productivos e improductivos.....	39
Tabla N° 4.3.1: Determinación de rendimiento jumbo N° 24	43
Tabla N° 4.3.2: Determinación de rendimiento jumbo N° 25	44
Tabla N° 4.3.3: Determinación de rendimiento jumbo N° 27	45
Tabla N° 4.3.4: Determinación de rendimiento jumbo N° 28	46
Tabla N° 4.3.5: Determinación de rendimiento.....	47
Tabla N° 4.4.1: Consolidación de datos conocidos.	48

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 4.2.1 Demoras operativas no variables	34
Gráfico N° 4.2.2 Tiempos productivos e improductivos	38
Gráfico N° 4.2.3 Porcentaje de tiempos productivos e improductivos.....	40
Gráfico N° 4.2.4 Demoras no productivas.....	42
Gráfico N°4.3.1 Rendimiento de perforación por jumbo	47

RESUMEN

El presente estudio de investigación titulado: *Rendimiento de jumbos Sandvik frente a los tiempos improductivos de perforación de galerías de la contrata AESA. - Unidad Minera San Rafael*, realizado en el distrito de Antauta, provincia de Melgar, departamento Puno del año 2018, cuyo objetivo es evaluar el rendimiento de los jumbos Sandvik hidráulico y la determinación de los tiempos improductivos en la perforación de los frentes de galerías de la contrata AESA. El tipo de investigación que describe de modo sistemático las características de una población, situación o área de interés. Los datos recogidos se llevarán a una base de datos de manera cuidadosa para poder analizar minuciosamente los resultados a fin de extraer los tiempos improductivos, la evaluación del rendimiento de los jumbos se determinará por frentes perforados en un mes, para este propósito se tomó como muestra 04 jumbos en forma aleatoria. La investigación consistió en determinar los tiempos improductivos, el cual resultó que la espera de frentes de trabajo fue 26 % y traslado de equipo o escolta fue 8 % ambos con respecto a todas las categorías del tiempo. Los rendimientos de los jumbos evaluados fueron: jumbo N° 25 perfora un promedio de 2,48 frentes/día al mes, dando como resultado 83 % de rendimiento, siendo el jumbo con menor rendimiento, el jumbo N° 27 perfora un promedio de 3,35 frentes/día al mes, superando el 100 % de su rendimiento, logrando ser el jumbo con mayor eficiencia en rendimiento.

Palabras Claves: Rendimiento, perforación, tiempos improductivos y jumbo.

ABSTRACT

The present research study entitled: Performance of Sandvik jumbo against unproductive times of drilling galleries of the AESA contract. - San Rafael Mining Unit, carried out in the district of Antauta, province of Melgar, department Puno in the year 2018, whose objective is to evaluate the performance of Sandvik hydraulic jumbos and the determination of unproductive times in the drilling of gallery fronts of the AESA contract. The type of research that systematically describes the characteristics of a population, situation or area of interest. The collected data will be taken to a database in a careful way to be able to analyze meticulously the results in order to extract the unproductive times, the evaluation of the performance of the jumbo will be determined by perforated fronts in a month, for this purpose 04 jumbo was taken as a random sample. The investigation consisted in determining the unproductive times, which resulted in the waiting of work fronts was 26 % and transfer of equipment or escort was 8 % both with respect to all time categories. The yields of the evaluated jumbo were: jumbo N° 25 perforates an average of 2.48 fronts/day per month, resulting in 83 % yield, being the jumbo with the lowest yield, jumbo N° 27 perforates an average of 3.35 fronts/day per month, surpassing 100 % of its yield, achieving to be the jumbo with greater efficiency in yield.

Key Words: Performance, drilling, unproductive times and jumbo.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La unidad minera San Rafael está localizado en el departamento de Puno, a una altitud entre los 4 500 y 5 200 msnm en la cordillera oriental de los andes del Perú, es uno de los principales productores de estaño en el mundo que aplica el método de explotación tajeo por subniveles (“sub level stoping”), y tiene una producción la planta concentradora de 2 850 t/día. En los últimos años la industria minera ha crecido y posibilita su viabilidad económica de las empresas que buscan equipos modernos de gran rendimiento para llevar a cabo los trabajos de manera eficiente en el mejor tiempo posible; MINSUR S.A., a la vanguardia de la tecnología con la planta Ore Sorting. Que realiza la separación del mineral del desmonte mediante sensores que detectan la densidad del mineral dentro del sorter. Con una capacitada de 200 t/h. El presente trabajo de investigación está constituido por los siguientes capítulos: Capítulo I: Planteamiento de problema: Se describe la realidad problemática situacional de la operación, además de la medida propuesta para su solución, también se describen los objetivos generales y específicos de la investigación. Capítulo II: Revisión de literatura: se muestra y se describe los

antecedentes y sustento teórico de la investigación, los cuales servirán como base para la obtención de los resultados del rendimiento de jumbo y de esa manera poder alcanzar los objetivos deseados de la investigación. Capítulo III: Resultados y discusión: se aprecia el diseño metodológico de la investigación, se describe la población y muestra de la investigación, también se describe el material objeto de estudio y la operación de variables. Capítulo IV: Resultados y discusión. Se ponen en evidencia los resultados de la investigación, así como la discusión, los cuales permiten obtener conclusiones y sugerencias finales. Por último, en la parte final las conclusiones y recomendaciones del estudio, la bibliografía referida con sus respectivos anexos.

1.1. Planteamiento del problema

La necesidad de realizar este trabajo de investigación es evaluar el rendimiento de los jumbos Sandvik hidráulico frente a los tiempos improductivos en la perforación de los frentes de galerías; con la finalidad de disminuir los tiempos improductivos, de tal manera mejorar el rendimiento del jumbo Sandvik.

En la práctica hay muchas demoras no productivas, que usualmente no se monitorean de forma muy eficiente por lo que el resultado es desfavorable para la perforación. Estos factores necesitan ser evaluados, para de esta forma reducir tiempos en el ciclo de minado. Alguno de estos factores en la perforación son: Traslado de equipo, falta de energía, falta de agua, falta de ventilación, esperando frente de trabajo, esperando escolta y cambio de accesorios. De tal manera que, mejoraran el ciclo de perforación. El rendimiento de perforación de galerías en minería subterráneo influye directamente en las tarifas unitarias, ya que de ello depende el grado de rentabilidad de la empresa encargada de realizar dicho trabajo

y el rendimiento de la planta. Una mala planificación de movimiento de los jumbos trae consigo equipos parados al inicio de la guardia, originando horas muertas en el ciclo de trabajo. Este enunciado está bajo las siguientes interrogantes:

1.2. Pregunta general

¿Cuál es el rendimiento de los jumbos Sandvik hidráulico frente a los tiempos improductivos en la perforación de los frentes de galerías de la contrata AESA. – Unidad Minera San Rafael?

1.2.1. Preguntas específicos

- ¿Cuál es el rendimiento de los jumbos Sandvik en la perforación de los frentes de galerías de la contrata AESA. – Unidad Minera San Rafael?
- ¿Cuáles son los tiempos improductivos en la perforación de los frentes de galerías de la contrata AESA. – Unidad Minera San Rafael?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar el rendimiento de los jumbos Sandvik hidráulicos mediante la evaluación de los tiempos improductivos en la perforación de frentes de galería de la contrata AESA.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento de los jumbos Sandvik en la perforación de los frentes de galerías de la contrata AESA. - Unidad Minera San Rafael.
- Identificar los tiempos improductivos en la perforación de los frentes de galerías de la contrata AESA. - Unidad Minera San Rafael.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación.

Según Peralta A. (2013). En sus conclusiones indica. Crear o generar key performance indicators “KPIs” indicadores clave de desempeño, aún más confiables, utilizando los datos que se presenta en el siguiente estudio mientras estos datos sean representativos, En su problemática de tiempo neto de perforación según los estudios realizados en promedio es de 06 horas, con el equipo puesto en la labor, preparado y con las conexiones de agua, aire y energía eléctrica, los tiempos de demoras operativas, demoras inevitables, tiempo improductivo, para la mejora se realiza recolectar reportes llenados por los mismos operadores que contienen información relevante como horómetros, ubicación, longitudes de perforación, consumos etc. Los cuales son entregados a mina para su posterior llenado a la base de datos. De la misma forma que en el caso de los métodos BF-SARC y en función a las velocidades de penetración obtenidas, ahora podremos determinar las velocidades de perforación para avances.

Según Calapuja B. (2 014). El rendimiento de la perforadora jumbo es de 52 taladros/guardia con una utilización de 69 % y el tiempo de perforación con la perforadora jumbo boomer 282 de un frente de un promedio de 40 taladros es de 1 hora 35 minutos y 38 segundos. Utilizando el modelo de holmer se calcula el burden y espaciamiento para una sección de 4,0 m. x 4,0 m. Los taladros de corte, arrastre, contorno, (techo y hastiales) y taladros de tajeo suman un total de 40 taladros para esta sección.

Según Octavio O. (2 013). Se obtuvo una mejora en la disponibilidad, rendimiento y utilización de los equipos de carguío, acarreo y perforación gracias al cambio tecnológico. Con respecto a palas se mejoró en 3 % la disponibilidad operativa, en 4 % la utilización efectiva y 4 % en rendimiento en promedio. En Volquetes mejoró en 4 % la disponibilidad operativa, en 3 % la 80 utilización efectiva y 5 % el rendimiento en promedio con respecto al sistema de control de mina anterior. Con respecto a las perforadoras con el nuevo sistema de control minestar mejoró en 4 % la utilización efectiva de las mismas.

Según Echevarría M. (2 015). En promedio un ciclo tiene 15 horas de pérdidas operativas, valor que representa del orden del 150 % de lo estimado en la etapa de evaluación de la propuesta por parte del contratista. Dentro de este valor, las más significativas y que en definitiva se transforman en un problema los atrasos por las instalación de servicios auxiliares (colocación de redes de aire, agua, drenaje y ventilación), por desplazamientos del personal desde las instalaciones hasta el lugar de trabajo, por averías y/o fallas en los equipos, por falta de información de la condición mecánica de los equipos a la salida del turno que termina, por falta de claridad respecto a la ubicación de los equipos a la salida de los turnos.

Según Sandvik, (2 006). La AXERA 5 está diseñada para su uso en trabajos de minería, preparación y perforación de túneles. Se trata de una perforadora hidráulica de funcionamiento independiente que puede operar en orificios verticales, horizontales e inclinados. Durante la operación de perforación, no permita que el personal permanezca de pie entre el compartimiento de perforación y la zona perforada, la máquina no debe encontrarse nunca en una zona cuyo techo no haya sido saneado cuidadosamente.

Según Abarca L. (2 012). La estructura, de la roca constituye en el frente de explotación, la propiedad que más afecta la perforación. La intersección de los planos de las estratificaciones presentes, presencia de fallas, fisuras con espaciamentos relativamente grandes y presencia de aberturas. Todos estos aspectos afectan la rectitud de los taladros, baja el rendimiento de la perforación y causa inestabilidad en las paredes de los taladros. En el tiempo de perforación existen demoras por concepto de maniobras entre taladro y taladro, esto se debe a que la superficie del frente no es uniforme producto de un mal avance y a que el operador debe calcular la posición del taladro, lo cual también se evitaría si se demarca la malla continuamente.

Según Zapata I. (2 011). Los tiempos productivos totales de la empresa servicios San Antonio Internacional en los trabajos reacondicionamiento y recompletación de pozos durante el período (2 009 - 2 010), alcanzaron un porcentaje promedio de 93 %, estando 2 % por debajo de lo estimado. Las actividades por “Reparaciones del taladro”, se observa una disminución considerable del tiempo en esta actividad, en donde se alcanzó 44,90 días improductivos en el año 2 009 y se produjo 16,23 días improductivos.

Según Campos M. (2 006). La evaluación de los tiempos improductivos durante la etapa de perforación, para prevenir la ocurrencia de eventos no deseados en las áreas operacionales AMA y AMO; Distrito Gas Anaco”. Esta investigación consiste en un minucioso análisis de los tiempos improductivos durante la etapa de perforación, ocurrido durante los períodos (2 000 - 2 002) y (2 003 hasta junio del 2 005), el cual permitirá conocer el porcentaje (%) Improductivo, para cada período de estudio, además reducir las causas que originan dichos tiempos no productivos permitiendo así proponer mejoras y posibles soluciones que minimicen los tiempos no productivos, debido a que estos tendrán una injerencia directa en el incremento del costo original planificado del pozo

Según Diego G. (2 016). Las características de la perforación condicionan mucho los resultados, por lo que este tipo de tecnologías aplicada a pequeña escala (barreras de voladura en bancos cortos, bulonaje, taladros de pequeño diámetro), no aportan mucha información y es por el que su uso en estas aplicaciones es más limitado. Para los diseños de voladura no ha supuesto un gran avance, ya que es preciso conocer la geología antes de realizar los trabajos.

Según Fernández T. & Javier Á. (2 016). Se determinó que reemplazando las perforadoras jackleg por jumbo hidráulico, se logró optimizar el avance lineal incrementándose en un 27 % durante los últimos meses, producto de ello se pudo dar cumplimiento al programa de avance lineal, ya que se logró obtener un avance superior a 400 m mensuales. Se tuvo éxito debido a que se incrementó la eficiencia en los disparos (m/disp.), y durante los últimos meses la Empresa Especializada New Horus S.A.C., es la numero uno en cuanto a cumplimiento de avance lineal a nivel de Cía. Minera Poderosa

2.2. Marco teórico de la investigación

2.2.1. Perforación de rocas y minerales

La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blast holes. Se basa en principios mecánicos de percusión y rotación, cuyos efectos de golpe y fricción producen el astillamiento y trituración de la roca en un área equivalente al diámetro de la broca y hasta una profundidad dada por la longitud del barreno utilizado. La eficiencia en perforación consiste en lograr la máxima penetración al menor costo. En perforación tienen gran importancia la resistencia al corte o dureza de la roca (que influye en la facilidad y velocidad de penetración) y la abrasividad. Esta última influye en el desgaste de la broca y por ende en el diámetro final de los taladros cuando ésta se adelgaza (brocas chupadas). En el método rotopercutivo las máquinas de perforación empleadas para este propósito ejercen su empuje a través de herramientas de trabajo ubicadas en la cabeza del sistema de desplazamiento, así como, en el fondo del barreno (EXSA, 2 005).

Los equipos rotopercutivos, se clasifican en dos grandes grupos según donde se encuentran colocado el martillo.

a) Martillo en cabeza.

La forma habitual de perforación de una roca rotopercusión es la perforación con martillo en cabeza. El principio de corte se basa en el impacto realizado en el exterior de la perforación de un pistón de acero sobre una barrena o varillaje, que a su vez transmite la energía al fondo del taladro por medio del elemento final.

En éstas perforadoras dos acciones básicas se producen fuera del barreno:

Rotación y percusión. (Rodríguez & Adasme, 2 012)

b) Martillo en fondo.

La percusión se realiza directamente sobre la broca de perforación, mientras que la rotación se realiza en el exterior del barreno El accionamiento del pistón se lleva a cabo neumáticamente mientras que la rotación puede ser neumática o hidráulica.

(Rodríguez & Adasme, 2 012)

2.2.2. Perforadoras hidráulicas.

Las perforadoras hidráulicas constan básicamente de los mismos elementos constructivos que las perforadoras neumáticas. La diferencia estriba en que un motor actúa sobre un grupo de bombas que suministra un caudal de aceite que acciona aquellos componentes. (Sandvik, 2 006).

Cuando tenemos que seleccionar una perforadora hidráulica, tomemos en cuenta las características del martillo:

- Presión de trabajo (Mega pascales).
- Potencia de impacto (kW).
- Frecuencia de golpeo (golpes / min).
- Velocidad de rotación.
- Consumo relativo de aire.

2.2.3. Ventajas de las perforadoras hidráulicas.

- Menor consumo de energía (1/3 de la neumática).
- Menor costo de accesorios de perforación.

- Menor tiempo de perforación.
- Mejores condiciones ambientales para el personal. (menor ruido y menor polución).
- Mayor flexibilidad en las operaciones y mayor facilidad para la automatización.
- Mayor seguridad para el personal que opera el equipo en perforación.
- Mayor capacidad de perforación, mayor diámetro de barreno y mayor profundidad de perforación.
- Menor tiempo de perforación.

2.3. Jumbos mineros.

Los jumbos mineros o de bajo perfil están compuestos por un conjunto de martillos perforadores montados sobre brazos articulados de accionamiento hidráulico para la ejecución de los trabajos de perforación de frente. La función principal de estos equipos es la perforación de frentes de avance o desarrollos horizontales, inclinados y así como también la excavación vertical o radial para fortificación del túnel. El mercado cuenta con distintos equipos subterráneos para poder satisfacer a la industria, incluido también los sistemas de bloqueo de paradas de emergencia que bloquean el motor diésel y eléctrico. Freno de emergencia durante la perforación. (Loyola, 2 015)

2.3.1. Descripción

Los jumbos de perforación son sistemas de explotación cíclicos que se emplean tanto en minería subterránea, para perforación de galerías, sub niveles, estocadas, rampas verticales y horizontales, voladuras de avance en túneles principalmente, como en trabajos de superficie como la apertura de una boca mina. Estos se componen de un conjunto de brazos articulados de accionamiento hidráulico en

los cuales se montan martillos de cabeza (perforación hidráulica). El número de brazos de este tipo de perforadoras varía en función de las características del frente de voladura y los trabajos a realizar. Por otra parte, los jumbos de producción solo cuentan con un brazo y para perforar túneles tienen más de dos brazos. (Cabrero, 2 016)

2.4. Definiciones conceptuales.

2.4.1. Vida económicamente útil del equipo.

El periodo durante el cual ésta puede operar en forma eficiente realizando un trabajo económico, satisfactorio y oportuno, siempre y cuando sea correctamente conservada y mantenida.

La vida útil depende de factores múltiples y complejos, tales como fallas de fabricación, condiciones de trabajo, mantenimiento, pericia y cuidado de los operadores, etc. Normalmente, los fabricantes sugieren valores de la vida útil de los equipos. Sin embargo, esos valores son el resultado de estudios estadísticos desarrollados para condiciones norteamericanas o europeas, y no debe olvidarse que en América Latina se presentan factores de índole económica, social y cultural que influyen profundamente en la eficacia. (Abarca, 2 012)

2.4.2. Mantenimiento.

Es el cuidado regular que necesita los vehículos o maquinarias para funcionar bien, seguras y por largo tiempo, a través de acciones que se efectúan para garantizar la disponibilidad de la unidad, aumentando su eficiencia energética, para poder atender las operaciones con calidad y productividad, así como la conservación del activo fijo asegurar los costos óptimos. (Abarca, 2 012).

2.5. Condiciones de perforación

Para conseguir una voladura eficiente la perforación es tan importante como la selección del explosivo, por lo que este trabajo debe efectuarse con buen criterio y cuidado. Lamentablemente, la supervisión de la correcta operación de perforación aún no es adecuadamente realizada en muchas minas, lo que permite que ocurran deficiencias en la calidad del trabajo (taladros desviados, más espaciados, de longitud irregular, sobre perforación etc.) que determinan pérdidas de eficiencia de la energía explosiva disponible. Normalmente la calidad de los taladros a ser perforados está determinada por cuatro condiciones: Diámetro, longitud, rectitud y estabilidad. (Jimeno, 1994)

a. Diámetro

Depende del tipo de aplicación en que el taladro será utilizado. Como regla general, el de “menor diámetro factible” será el más adecuado y económico de realizar. A mayor diámetro menor desviación del taladro y a menor diámetro mayor desviación.

b. Longitud.

Influye mucho en la elección de la capacidad del equipo perforador y naturalmente en el avance del disparo, generalmente la longitud se mide en pies perforados (profundidad del taladro).

c. Rectitud.

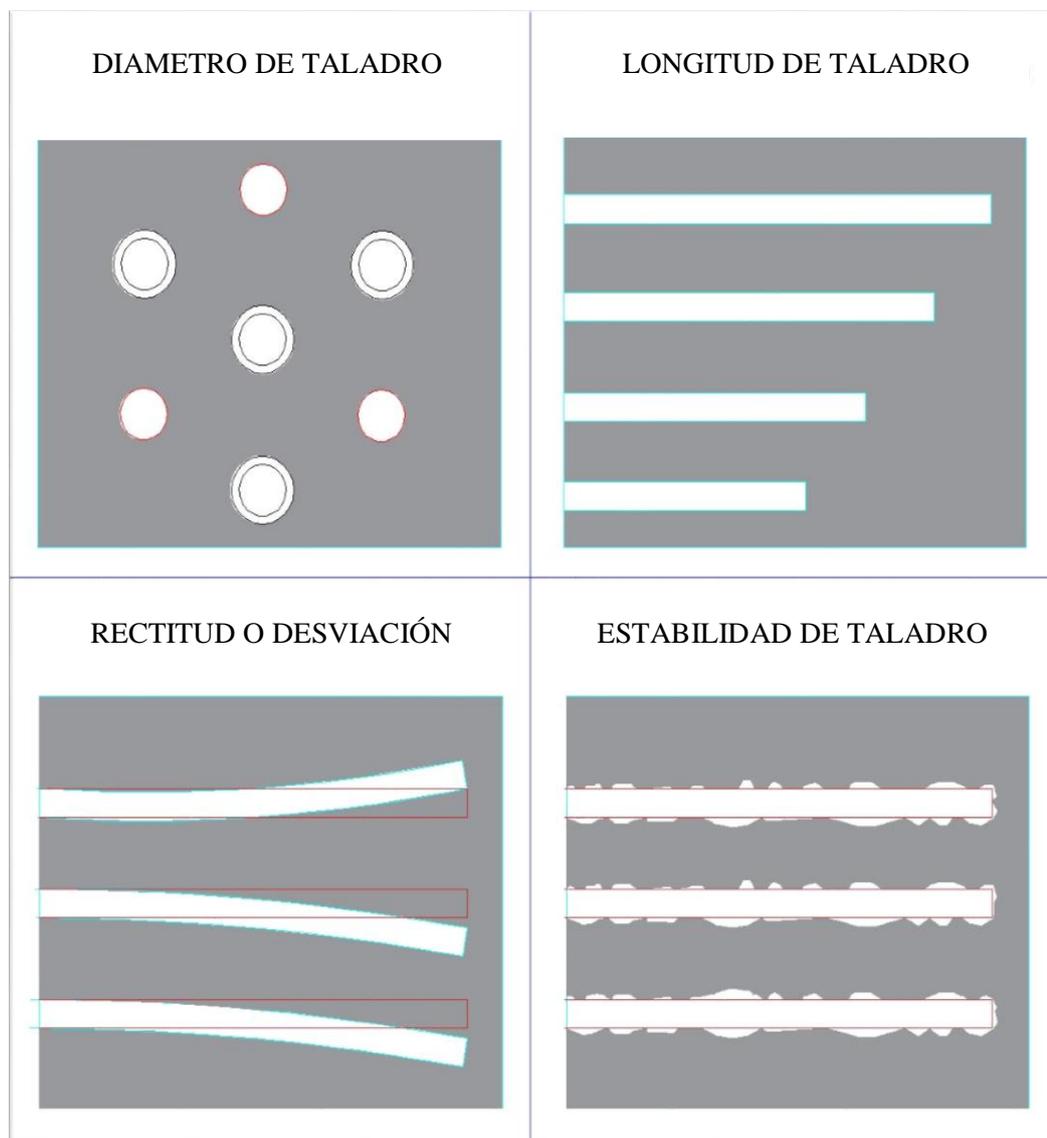
Varía con el tipo de roca, método de perforación y características del equipo perforador. Deben tener la mayor rectitud y alineamiento para que el explosivo sea apropiadamente distribuido. En la mayoría de trazos de perforación el

paralelismo entre taladros es de vital importancia para la interacción de las cargas explosivas en toda la voladura.

d. Estabilidad.

Los taladros deben mantenerse abiertos hasta el momento de su empleo. En terrenos sueltos tienden a desmoronarse por lo que puede ser necesario revestirlos interiormente con tubos especiales para poderlos cargar o hacer otro taladro adyacente al obturado. (Ver Figura N° 2.5.1).

Figura N° 2.5.1: Condiciones de perforación.

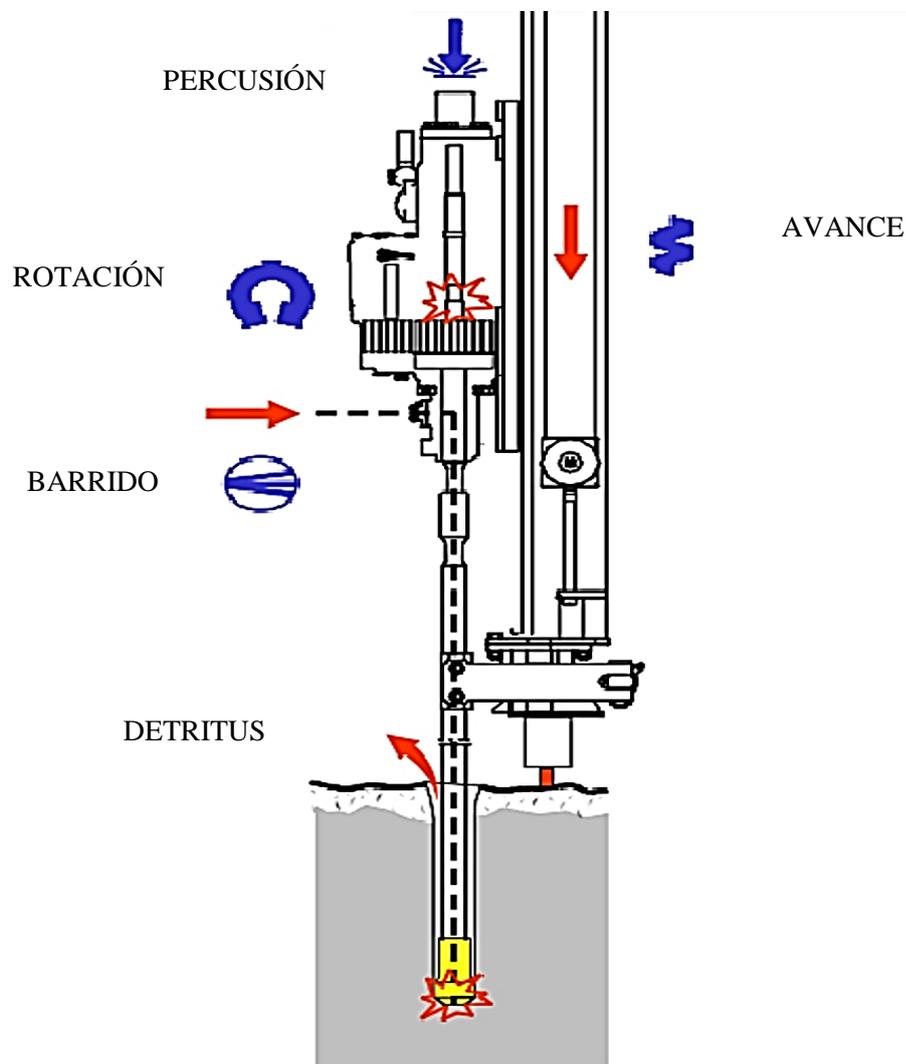


2.6. Fundamento de perforación rotopercutiva.

- Percusión: permite la penetración de la boca de perforación en la roca.
- Avance: mantiene la boca en estrecho contacto con la roca.
- Rotación: hace girar la boca a una nueva posición antes del siguiente impacto.
- Barrido, que limpia los recortes de perforación del barreno.

La energía de impacto generada por el pistón del martillo se transfiere a la roca a través del varillaje. (Jimeno, 1 994). (Ver Figura N° 2.6.1).

Figura N° 2.6.1: Funciones principales de perforación.



Fuente: Sandvik.

2.6.1. Percusión.

Los impactos producidos por el golpeo del pistón originan unas ondas de choque que se transmiten a la broca a través del martillo mediante el barreno. La energía cinética del pistón se transmite desde el martillo hasta la broca de perforación, a través de la barra, en forma de onda de choque el desplazamiento se realiza a alta velocidad.

2.6.2. Rotación.

Con este movimiento se hace girar la broca para que los impactos se produzcan sobre la roca en distintas posiciones. La rotación, que hace girar la boca entre impactos sucesivos, tiene como misión hacer que ésta actúe sobre puntos distintos de la roca en el fondo del barreno. En cada tipo de roca existe una velocidad óptima de rotación los cuales producen el detritus de mayor tamaño al aprovechar la superficie libre del hueco que se crea en cada impacto.

2.6.3. Empuje.

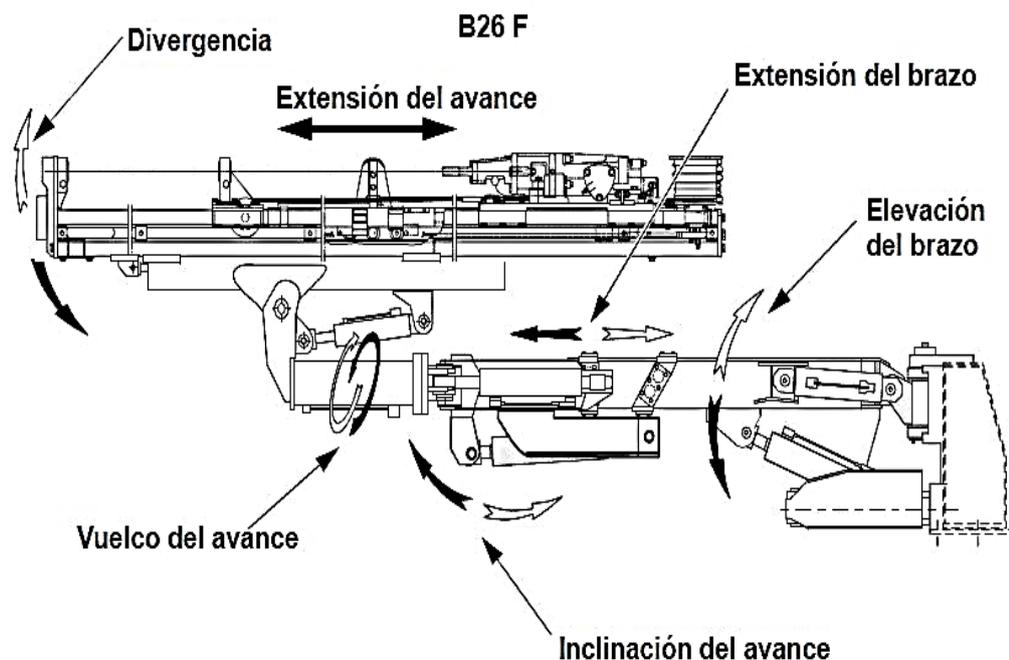
La energía generada por el mecanismo de impacto del martillo debe transmitirse a la roca por lo que es necesario que la necesario que la broca se encuentre en contacto permanente con el fondo de barreno. Esto se consigue con la fuerza de empuje suministrado por un motor o cilindro de avance, que debe adecuarse al tipo de roca y broca de perforación. Un empuje insuficiente tiene los siguientes efectos negativos: Reduce la velocidad de penetración, produce un mayor desgaste de varillaje y manguitos, aumenta la pérdida de apriete del varillaje.

2.6.4. Barrido.

El fluido de barrido permite extraer el detrito del fondo del barreno con el que se consigue el avance en la perforación y que resulte eficaz, es necesario que el fondo de los barrenos se mantenga constantemente limpio evacuando el detrito justo después de su formación. Si esto no se realiza, se consumirá una gran cantidad de energía en la trituración de esas partículas aumentando en desgastes, pérdidas de rendimientos y riesgo de atascos.

NOTA: Barrido insuficiente, nos puede traer, mayor riesgo de que la barra o broca se atasque (en fisuras), poca eliminación de detritus implica menor impacto, menor velocidad de penetración, mayor desgaste diametral de la broca y mayor daño en los aceros de perforación.

Figura N° 2.6.2: Funciones principales de perforadora Sandvik



Fuente: Sandvik.

2.7. Equipo hidráulico jumbo Sandvik DD311.

El equipo de perforación del jumbo está compuesto por un conjunto de martillos perforadores montados sobre brazos articulados de accionamiento hidráulico para la ejecución de los trabajos de perforación por el frente. El chasis sobre el que se montan los brazos puede ser automotor o remolcable. Este equipo se emplea para practicar agujeros para introducir la carga de explosivos para excavar un túnel. El jumbo posee un sistema operativo computarizado, con sus mandos a través de un ordenador. (Sandvik, 2 006)

El Sandvik DD311 es un jumbo de avance compacto y versátil para aplicaciones de perforación frontal, perforación transversal y perforación de barrenos para empernado en minería subterránea. Garantiza la productividad gracias a su perforadora de alto desempeño HLX5, controles de fácil uso, y mantenimiento rápido y fácil. La unidad está disponible tanto en versión electrohidráulica como full Sandvik, acomodándose a un amplio rango de condiciones de mina.

2.7.1. Especificaciones del jumbo Sandvik

El modelo DD311 es el sucesor del probado equipo jumbo de avance de Sandvik DD310, con incluso mayor disponibilidad de servicio y mayores características de comodidad para el operador. El diseño modular de la serie Sandvik DD311 de Jumbos de avance hacen que el entrenamiento, operación y mantenimiento de la flota sean muy fácil. El equipo está específicamente diseñado para entregar un acceso seguro a todos los puntos de servicio, permitiendo además que la mayor parte del mantenimiento se pueda realizar desde el nivel del suelo. El acceso es más fácil a todos los componentes principales, incluyendo la capacidad de abrir y cerrar tapas fácilmente. Además, no hay posibilidad de acceder involuntariamente

a piezas o componentes giratorios en el equipo y se ha prestado especial atención al acceso y salida mediante un contacto de tres puntos de seguridad, superficies antideslizantes y todos los pasamanos y escalones pintados con un color de seguridad. El DD311 también cuenta con dos luces frontales tanto para traslado como operación del equipo, dos luces traseras de operación y dos luces traseras de traslado, así como también dos luces de trabajo extras como opcionales.

Figura N° 2.7.1: Equipo de perforación hidráulico Sandvik DD311.

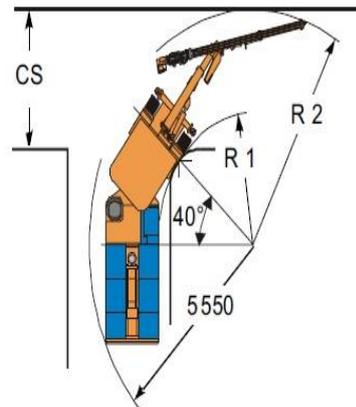
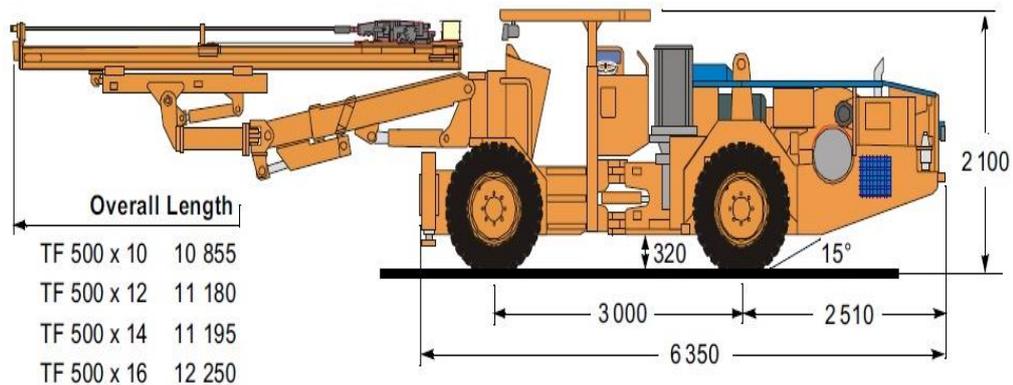


Fuente: (Axera 5)

El DD311 cuenta con protección contra fuego al venir fabricados con materiales retardantes del fuego y tener disponibles varios sistemas de supresión de fuego, desde extinguidores manuales hasta sistemas automáticos. El equipo garantiza comodidad y seguridad en su operación gracias a la certificación FOPS/ROPS tanto en la opción con canopy o la opción con cabina cerrada. En ambos casos el operador goza de la ergonomía dada por un asiento ajustable, un sistema de reducción de vibraciones para garantizar un traslado cómodo y un acceso a controles muy fácil. La opción con cabina cerrada, además cuenta con aire acondicionado. El DD311 también cuenta con la opción de implementar

instrumentación para una perforación precisa de acuerdo con el plan prediseñado, ayudando a minimizar la sobrevoladura, mejorar la extracción y asegurar una voladura exitosa. Además, el equipo viene preparado para implementar la opción de operación automatizada o semiautomatizada para control teleoperado a distancia. (Sandvik, 2 006)

Figura N° 2.7.2: Dimensiones de un jumbo Sandvik DD311.



TURNING RADIUS

	R 1	R 2	CS
TF 500 x 10	3 260	5 655	3 290
TF 500 x 12	3 260	5 800	3 435
TF 500 x 14	3 260	5 945	3 580
TF 500 x 16	3 260	6 070	3 705

All dimensions in mm

Fuente: (axera 5).

2.8. Perforación con jumbo en la galería.

Coloque la máquina longitudinalmente a lo largo de la galería a la misma distancia de ambos muros laterales. Para una estabilidad óptima y para conseguir orificios perfectamente paralelos, el chasis debe hallarse en línea con la galería perforada. Detenga la máquina a fin de que la distancia entre la máquina y la superficie a perforar = longitud del avance de la broca + 300 mm (aprox. 1 pie). Esta posición

permitirá al avance de la broca acceder a las guías de broca que están directamente alineadas con la máquina. A fin de conseguir una estabilidad óptima, no eleve excesivamente el chasis al colocarlos. Al colocar los gatos de estabilización, preste atención a que nadie se encuentra cerca.

2.9. Factor de disponibilidad.

2.9.1. Disponibilidad mecánica.

$$DM. = \frac{Horas\ Operativas}{Horas\ Operativas + (Reparacion + Mantenimiento)} \times 100 \%$$

Fuente (Bellido, 2 015)

Se entiende por disponibilidad de un equipo, por el porcentaje de este equipo de estar disponible para trabajar, restando las demoras por reparación y mantenimiento.

2.9.2. Disponibilidad de uso.

Es el porcentaje de tiempo disponible que la máquina opera o perfora en un frente, restando las demoras por operación, personal, otros.

2.10. Determinación del rendimiento del equipo de perforación.

2.10.1 Rendimiento.

La producción o rendimiento de una maquina es el número de unidades de trabajo que realiza en la unidad de tiempo, generalmente una hora.(Bellido, 2 015)

$$Rendimiento = \frac{Unidad\ de\ trabajo}{Hora} \times 100 \%$$

El cálculo de rendimiento del equipo de perforación se calcula en función de los diferentes parámetros de comparación, tomando como datos los resultados

obtenidos en el estudio de tiempos en operación, con el propósito de establecer el trabajo que desarrolla el equipo y el operador durante la guardia.

a) Rendimiento teórico:

Se determina como promedio ponderado en condiciones concretas de utilización de los equipos de perforación, considerando: demoras en el arranque, levantamiento del castillo o pluma, cambio de barras, perforación propiamente dicha y traslado de taladro a taladro.

b) Eficiencia de perforación:

El rendimiento o eficiencia de perforación se puede calcular mediante la siguiente relación. (Bellido, 2 015)

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ neto\ de\ perforación}{Tiempo\ efectivo\ de\ perforación}$$

c) Tiempo de perforación de jumbo

Esto permite determinar los rendimientos de excavación para cada tipo de roca (m/día). Para el estudio de ciclos se hace necesario el uso de fórmulas empíricas, recolectadas en campo y muchas de ellas proporcionadas por la empresa, para estimar los tiempos para cada operación unitaria del ciclo. A continuación, se describe el formulismo empleado en la determinación de ciclos mineros. (Sánchez, 2 012)

$$t = \frac{mpv}{vp \times (1 + (n - 1) \times 0.9)}$$

Donde:

t = Tiempo de perforación (min)

mpv = Metros perforados por voladura

vp = Velocidad de perforación de perforadora (m/min)

n = Numero de brazos del jumbo

Se ha considerado para la determinación del tiempo de perforación, que sólo uno de los brazos operará al 100 % de la velocidad de perforación estimada, mientras que el resto de los brazos operará a un 90 %.

Tiempo de movimiento del brazo del jumbo

$$t = \frac{(ntc + ntv) \times 0.76}{n}$$

Donde:

t = Tiempo de traslado (min)

ntc = Número de taladros cargados

ntv = Numero de taladros vacíos

n = Numero de brazos del jumbo

El tiempo que demora el brazo en trasladarse de un taladro a otro equivale Alrededor de 0,76 min de acuerdo a la experiencia práctica que se ha recogido en campo.(Sánchez, 2 012)

Tiempo de perforación de cueles

$$t = \frac{mptv}{vd \times 0.8}$$

Donde:

t = Tiempo de perforación de taladros vacíos (min)

mptv = Metros totales perforados de taladros vacíos

v_p = Velocidad de perforación

La perforación de taladros vacíos o taladros para la cara libre considera que la velocidad de perforación deberá ser considerada a un 80 % de la velocidad estimada de perforación, debido a que estos taladros son de mayor diámetro, en este caso de 110 mm. (Sánchez, 2 012)

d) Carguío de explosivos

La preparación de los cebos se realizará usando el punzón de cobre, en el caso que el Jumbo aún está en perforación se procederá a preparar el cebo a una distancia no menor de 20 metros en un refugio, en ambos casos la preparación se realizará separadamente solo la cantidad necesaria para cargar el número de taladros en el frente de voladura.

$$t = \frac{ntc \times tct}{N}$$

Donde:

t = Tiempo de cebado de taladros.

ntc = Número de taladros cargados.

tct = Tiempo de cebado de un taladro (min)

N = Número de trabajadores que efectúan la tarea.

De acuerdo a la experiencia recogida el “ tct ” es de 0,5 min y el cebado se ejecuta con punzones de cobre, el número de trabajadores que participan en ésta es 03.

Tiempo de carguío del frente.

$$t = ntc \times \sqrt{l_p} \times 0,3$$

Donde:

t = Tiempo de carguío del frente

ntc = Numero de talados cargados

lp = Longitud del taladro

Fórmula empírica, determinada de acuerdo a experiencia en campo, que relaciona el número de taladros a cargar con la longitud de los barrenos. (Sánchez, 2 012)

2.10.2. Velocidad de perforación.

Es la relación de metros perforados por el tiempo neto de perforación y se expresa de la siguiente forma.

$$V_p = \frac{\text{Metros perforados}}{\text{Tiempo de perforación}}$$

2.10.3 Velocidad de penetración.

Es el ratio de la profundidad perforada por cada hora de rotación. Se calcula de la siguiente forma.

$$VP_n = \frac{\text{Metros perforados}}{\text{Tiempo de rotación}}$$

2.11. Estudio de tiempo

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y en la que se analizan los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida. (Nieto, 2 011)

2.11.1. Elementos del estudio de tiempos.

Los elementos por naturaleza en el ciclo de trabajo los podemos clasificar en los siguientes tipos:

- a) **Elementos de repetición o ciclo:** Son aquellos que se presentan una o varias veces en un ciclo de la operación o del trabajo estudiado. En este caso la perforación de un frente, carguío de taladros, acarreo, sostenimiento, etc.
- b) **Elementos constantes:** Son elementos que se localizan en varias operaciones de la planta y que tienen características semejantes ósea son aquellas cuyo tiempo de ejecución es siempre igual.
- c) **Elementos variables:** Son aquellos cuyo tiempo de ejecución cambia según ciertas características del producto o proceso como de dimensiones, peso, calidad etc.
- d) **Elementos casuales o contingentes (cíclicos):** Son los que no aparecen en cada ciclo de trabajo sino a intervalos tanto irregulares pero que son necesarios para la operación generalmente en forma periódica.
- e) **Elementos extraños:** Son los observados durante el estudio y que al ser analizado no resultan no ser una parte necesaria del trabajo. (Nieto, 2 011)

2.12. Estudio de tiempo de operación.

El estudio de tiempo de operación consiste en la determinación de los tiempos de duración de las etapas de perforación, duración del ciclo de perforación y rendimientos. Las mediciones de los tiempos se realizan con el propósito de: medir el trabajo que desarrolla el equipo y el operador durante toda la guardia, Esta medición de tiempo se realiza para todo el ciclo de minado. (Octavio, 2 013)

2.12.1. Tiempo productivo:

Es el período de aquellas actividades de los equipos, que contribuyen al progreso de rehabilitación, perforación del pozo de acuerdo a lo planificado o de eventos adicionales no contemplados en la planificación, que surgen a requerimiento del cliente. (Zapata, 2 011)

- Productivo neto: Es el tiempo en que la maquina realiza su trabajo para el que está hecho, Perforación de frentes y desquinche.
- Demoras operativas: Son los realizados momentos antes del uso del equipo y después de acabada la operación, inspección de labor, salida de personal y otros.
- Demoras inevitables: Demoras que se dan por el personal antes de realizar su trabajo en la labor, se toman en cuenta en el análisis si se encuentran dentro de las horas de la jornada laboral. (Baldeón, 2 011)

2.12.2. Tiempo improductivo:

- Improductivo inevitable: Son las actividades que debe hacer el personal sea por necesidad o procedimiento de trabajo pero que no contribuyen directamente al tiempo productivo.
- Improductivo evitable: Demoras no operativas que el personal asume para continuar con su labor.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación.

El tipo de investigación será descriptivo, en la que se describirá en forma sistemático las características de una población, situación o área de interés. Aquí se recogerá los datos mediante un reporte diario de los operadores del jumbo, sobre la base de una hipótesis o teoría, se expondrá y resumirá la información de manera cuidadosa para poder analizar minuciosamente los resultados a fin de extraer los tiempos improductivos, productivos y poder determinar el rendimiento de los jumbos Sandvik.

Se llegará a evaluar el rendimiento de los jumbos Sandvik hidráulicos para luego poder determinar los tiempos improductivos en la perforación de los frentes de galerías y así incrementar el rendimiento de perforación de los jumbos Sandvik.

3.1.2. Diseño de investigación.

La presente investigación utiliza un diseño no experimental, será una investigación cuantitativa porque es el más adecuado para determinación del rendimiento de los jumbos Sandvik en la perforación de los frentes de galerías de la contrata AESA. Esta identificación de los tiempos improductivos en la perforación de los frentes de galerías de la contrata AESA., de la Unidad Minera San Rafael. Realizando el análisis estadístico de numerosos datos tomados en campo y finalmente se medirá los resultados.

En el estudio de rendimiento de jumbos Sandvik y tiempos improductivos de perforación de galerías de la contrata AESA. – Unidad Minera San Rafael, se tomarán como muestra 04 jumbos: jumbo N° 24, jumbo N° 25, jumbo N° 27 Y jumbo N° 28, Para determinar los tiempos efectivos de trabajo se emplea utilizar un reporte diario de control de horas perforadas. El jumbo N° 26 no se considera por que se encuentra fuera de la unidad por un tema de mantenimiento. Esto se aclara viendo que hay una correlación del número de jumbos. Se realiza la investigación de todos los jumbos que realizan la perforación en la zona alta de la mina San Rafael, En interior mina de San Rafael está dividido en dos zonas, zona alta y zona baja.

3.2. Revisión, recopilación y elaboración de información preliminar

Se realizó una planificación según las metodologías a aplicar para ejecutar el proyecto de investigación, se recopiló y revisó información bibliográfica relacionada al tema de investigación. Se hizo una revisión bibliográfica para tener una visión del estado de conocimiento en relación al diseño y planeamiento de minado subterráneo para incrementar el rendimiento de perforación.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población.

En esta investigación, la población está constituida a los Jumbos Sandvik de la contrata AESA. De la Unidad Minera San Rafael y personal involucrados como Perforistas, ayudantes perforistas y obreros. Correspondiente al año 2017 fecha que se realizó la investigación.

3.3.2. Muestra.

Es la esencia de un subgrupo de la población de jumbos Sandvik hidráulicos de la contrata AESA. De la cual se recolectan los datos y deben ser representativas de dicha población. Por lo cual seleccionaremos el personal involucrado como operadores, ayudantes y equipos de perforación hidráulico Sandvik como muestra principal.

3.4. Operacionalización de variables.

$$X \Rightarrow Y$$

Dónde: X = Variables independientes.

Y = Variables dependientes.

Variables independientes.

Rendimiento de los jumbos Sandvik en la perforación de los frentes de galerías de la contrata AESA. – Unidad Minera San Rafael.

Variables dependientes.

Tiempos improductivos en la perforación de los frentes de galerías de la contrata AESA. – Unidad Minera San Rafael.

Tabla N° 3.4.1: Variables e indicadores

Variables	Indicadores	Escala de medición
Variables independientes.		
Rendimiento de los jumbos sandvik en la perforación de los frentes de galerías de la contrata AESA. – Unidad Minera San Rafael.	<ul style="list-style-type: none"> • Taladros • Avance frentes 	de <ul style="list-style-type: none"> • Pies/día • Frentes/día
Variables dependientes.		
Tiempos improductivos en la perforación de los frentes de galerías de la contrata AESA. – Unidad Minera San Rafael.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos improductivos • Tiempos productivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Horas/mes • Horas/mes

3.5. Técnicas de recolección de datos

3.5.1. Técnicas.

Para sustentar el presente trabajo se recopilará información técnica secundaria, relacionada al título del proyecto, publicados en artículos, libros, tesis de grados, revistas, informes especializados, páginas de Internet relacionadas con rendimiento de jumbos y tiempos improductivos, de esa manera realizar el análisis estadístico.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos.

Los instrumentos utilizados que se utilizó en el presente estudio fue el formato de reporte diario de jumbo. Los informes mensuales

3.5.3. Hoja de reporte diario de perforación jumbo.

La hoja de reporte diario se entrega al operador cada mañana juntamente con las herramientas de gestión. Teniendo esta hoja un código de contenidos de disponibilidad de tiempo, en donde se clasifican los tiempos improductivos y tiempos productivos. (Ver Anexo N° 3).

3.5.4. Materiales.

Los materiales empleados en el trabajo de investigación son los siguientes:

- Material de escritorio.
- Material de papelería.
- Material bibliográfico.
- Equipos de cómputo (Laptop).
- Excel y Word
- Asesoría para el desarrollo de la investigación

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Consolidación de reportes

La disponibilidad de tiempo para la recolección de datos en campo fue de 30 días calendarios en la unidad. Los datos obtenidos fueron un total de 2 252 datos, 04 reportes diarios y 240 reportes al mes. Estos reportes obtenidos son de la zona alta de la mina San Rafael viendo que en la mina se dividen en dos zonas y lo más idóneo de obtener datos es de una sola zona. Los reportes fueron ordenados y digitalizados en una base de datos de Excel según el código que clasifica a los tiempos correspondientes, de esa manera poder identificar las horas improductivas y determinar el rendimiento de los jumbos. (Ver Anexo N° 4).

Figura N° 4.1.1 Datos obtenidos en el campo



4.2. Identificar los tiempos improductivos en la perforación.

Realizaremos la Identificación de los tiempos improductivos en la perforación de los frentes de galerías de la contrata AESA. - Unidad Minera San Rafael. Como el primer objetivo específico de la investigación. Mediante los reportes obtenidos de cada uno de los operadores de jumbo, estos tiempos son clasificados según la categoría de trabajo para poder identificar el tiempo improductivo más relevante en la perforación con equipo jumbo Sandvik hidráulico. (Ver Figura N° 4.2.2)

Disponibilidad de tiempo.

La disponibilidad de tiempo de los jumbos se ejecuta por la cantidad de jumbos y multiplicado por el número de horas efectivas de trabajo y la cantidad de días trabajadas Todos estos datos son variables según a la fecha y el número de equipos utilizados. El número de horas efectivas de trabajo es el resultado de la resta de las 24 horas por día menos las demoras operativas no variables.

$$DT = N^{\circ} \text{ Jumbo} * 17 \text{ horas} * N^{\circ} \text{ de dias}$$

$$DT = 4 \text{ Jumbos} * 17 \text{ horas} * 30 \text{ días}$$

$$DT = 2040 \text{ horas/mes}$$

Según la Tabla N° 4.2.1: Demoras operativas no variables. Se muestran las actividades establecidas por los estándares de la empresa y las normas legales establecidas, estas actividades no pueden variar por un tema de productividad, legal, seguridad y salud ocupacional. Estas horas suman un total de 07 horas por día, de tal manera que en la mina San Rafael se tienen tres turnos de disparo, en tal razón el jumbo debe retirarse del frente 20 min antes de la voladura.

Tabla N° 4.2.1: Demoras operativas no variables.

Demoras operativas no variables	horas/guardia	horas/día
Capacitación	0:15	0:30
Reparto de guardia	0:10	0:20
Refrigerio	1:00	2:00
Ingreso a mina	0:25	0:50
Check list	0:10	0:20
Salida de mina/otros demoras	1:00	2:00
Retiro antes de la voladura	*. 0:20 + 0:40/2	1:00
	3:30	7:00

- 24 horas – 07 horas/día = 17 horas/día

17 horas/día, horas efectivas de trabajo del equipo jumbo para poder calcular los tiempos improductivos y el rendimiento del jumbo.

Gráfico N° 4.2.1 Demoras operativas no variables

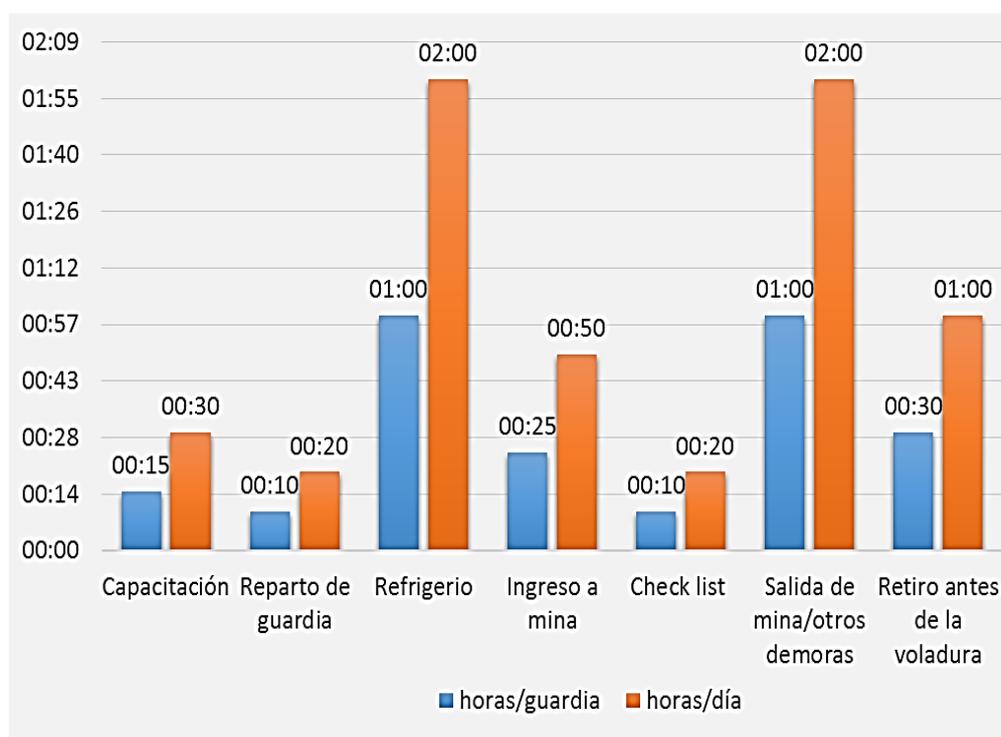
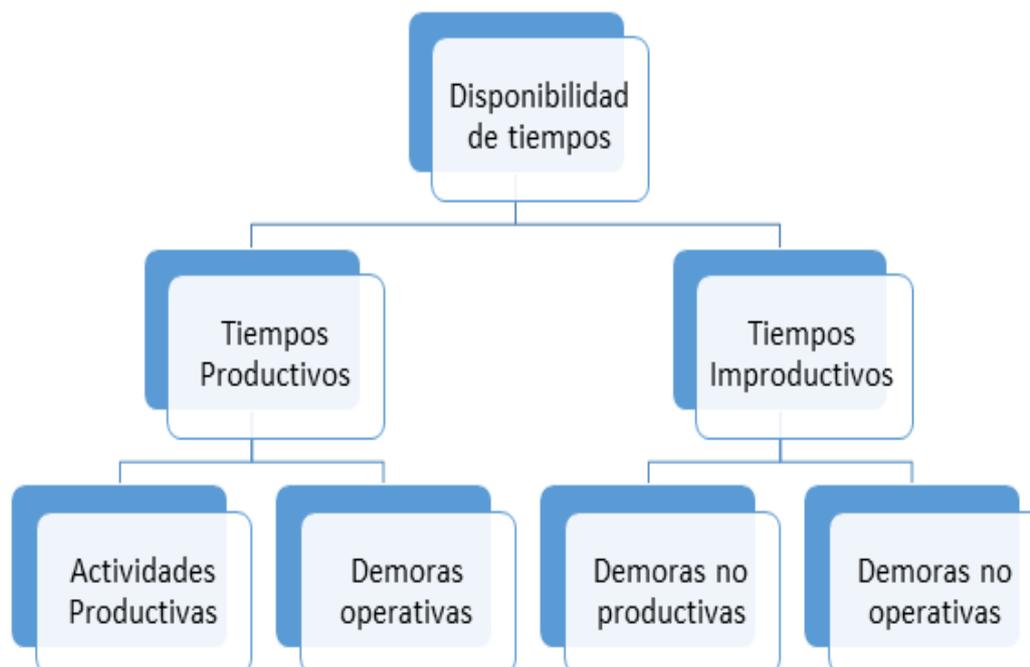


Figura N° 4.2.1: Clasificación de tiempos.



También se pueden identificar las disponibilidades de los tiempos productivos e improductivos de los cuatro jumbos Sandvik, representados en horas trabajadas durante un mes. (Ver Tabla N° 4.2.2).

Tiempos improductivos.

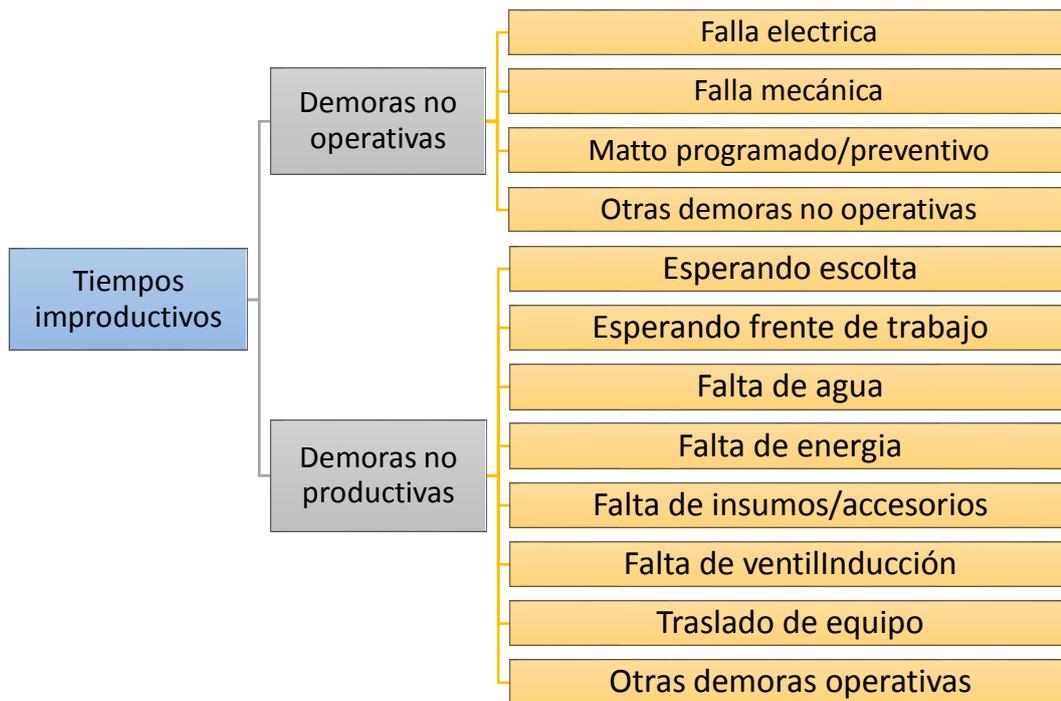
Los tiempos improductivos se dividen en demoras no productivas y demoras no operativas. Siendo materia de investigación en esta tesis, viendo que los tiempos improductivos traen como consigo el bajo rendimiento de los jumbos.

$$TI = \sum Demoras\ no\ productivas + \sum Demoras\ no\ operativas$$

$$TI = 908:32\ horas/mes + 46:57\ horas/mes$$

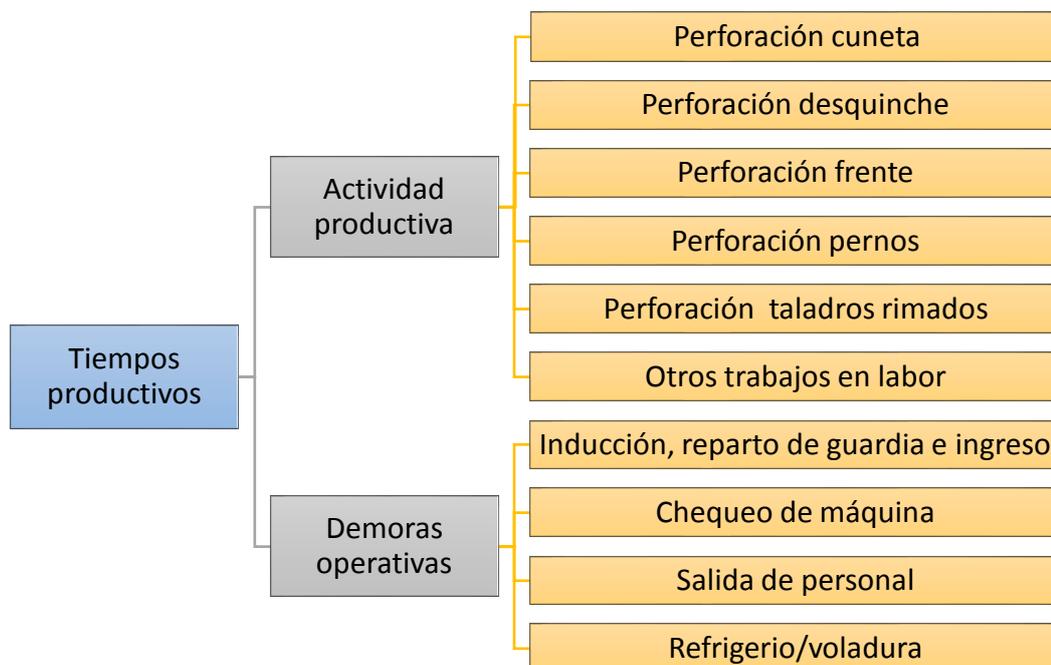
$$TI = 955:29\ horas/mes$$

Figura N° 4.2.2 Clasificación de tiempos improductivos.



Tiempos productivos.

Figura N° 4.2.3: Clasificación de tiempos productivos.



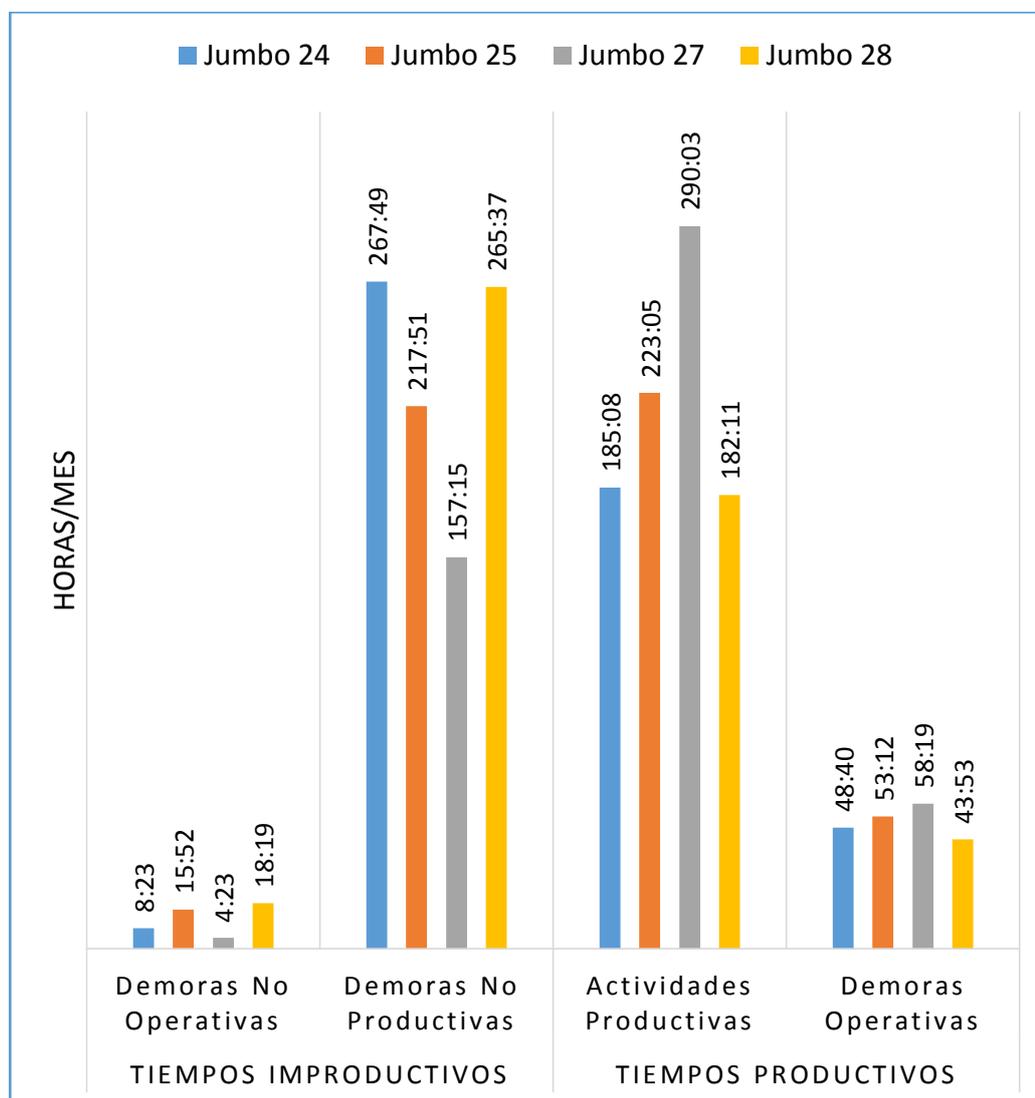
$$TP = \sum \text{Actividad productivas} + \sum \text{Demoras operativas}$$

Tabla N° 4.2.2: Clasificación de categorías de tiempo.

		Jumbo 24	Jumbo 25	Jumbo 27	Jumbo 28
TIEMPOS IMPRODUCTIVOS	Demoras no operativas				
		Horas/mes	Horas/mes	Horas/mes	Horas/mes
	Falla eléctrica	0:00	0:00	0:00	2:02
	Falla mecánica	3:58	7:22	2:15	3:07
	Mantenimiento programado/preventivo	2:55	8:00	1:20	9:20
	Otras demoras no operativas	1:30	0:30	0:48	3:50
	Demoras no productivas				
		Horas/mes	Horas/mes	Horas/mes	Horas/mes
	Esperando escolta	9:02	12:14	0:40	0:45
	Esperando frente de trabajo	146:24	86:09	124:04	183:48
	Falta de agua	0:00	4:03	0:00	0:00
	Falta de energía	1:05	4:18	0:25	0:00
	Falta de insumos/accesorios	0:50	0:00	0:00	0:00
	Falta de ventilación	2:20	0:00	0:00	4:15
Otras demoras operativas	55:19	48:32	10:45	44:57	
Traslado de equipo	52:49	62:35	21:21	31:52	
TIEMPOS PRODUCTIVOS	Actividades productivas				
		Horas/mes	Horas/mes	Horas/mes	Horas/mes
	Otros trabajos en labor	14:17	28:50	4:40	0:00
	Perforación cuneta	2:00	0:00	3:05	7:55
	Perforación desquinche	14:42	26:43	13:50	9:32
	Perforación frente	153:50	167:32	267:48	164:44
	Perforación para pernos	0:19	0:00	0:00	0:00
	Perforación Talad. rimado	0:00	0:00	0:40	0:00
	Demoras operativas				
		Horas/mes	Horas/mes	Horas/mes	Horas/mes
Capacitación, reparto de guardia e ingreso a mina	16:03	16:01	11:25	20:58	
Chequeo de maquina	1:42	8:37	3:31	12:13	
Refrigerio/voladura	4:59	1:50	19:24	1:06	
Salida de personal	25:56	26:44	23:59	9:36	
Total Horas/mes		510:00	510:00	510:00	510:00

Tal como se observa en la Tabla N° 4.2.2, se describe la clasificación de los tiempos productivos e improductivos. Se identifican las horas trabajadas en un periodo de un mes, trabajando con 04 jumbos, restando las demoras operativas no variables llega a un total de 510 h/mes.

Gráfico N° 4.2.2 Tiempos productivos e improductivos



Tal como se observa en el Gráfico N° 4.2.2. Dentro de las demoras no operativas se tiene con mayor relevancia el jumbo N° 28 con un total de 18:19 h/mes, dentro de las demoras no productivas tenemos el jumbo N° 24 con un total de 267:49 h/mes, todo estos dentro de los tiempos improductivos. Dentro de las

demoras operativas con mayor relevancia se tiene el jumbo N° 27 con un total de 58:19 h/mes y el jumbo con mayor actividad productiva se tiene el N° 27 llegando a un total de 290:03 h/mes todo esto dentro de los tiempos productivos.

Tabla N° 4.2.3: Resumen de tiempos productivos e improductivos

	Jumbo 24	Jumbo 25	Jumbo 27	Jumbo 28
Categoría de tiempos	h/mes	h/mes	h/mes	h/mes
TIEMPOS IMPRODUCTIVOS	276:12	233:43	161:38	283:56
Demoras no operativas	8:23	15:52	4:23	18:19
Demoras no productivas	267:49	217:51	157:15	265:37
TIEMPOS PRODUCTIVOS	233:48	276:17	348:22	226:04
Actividades productivas	185:08	223:05	290:03	182:11
Demoras operativas	48:40	53:12	58:19	43:53

Tal como se observa en la Tabla N° 4.2.3, Se tiene un resumen de los tiempos improductivos, sus demoras no operativas y no productivas. De igual manera de los tiempos productivos.

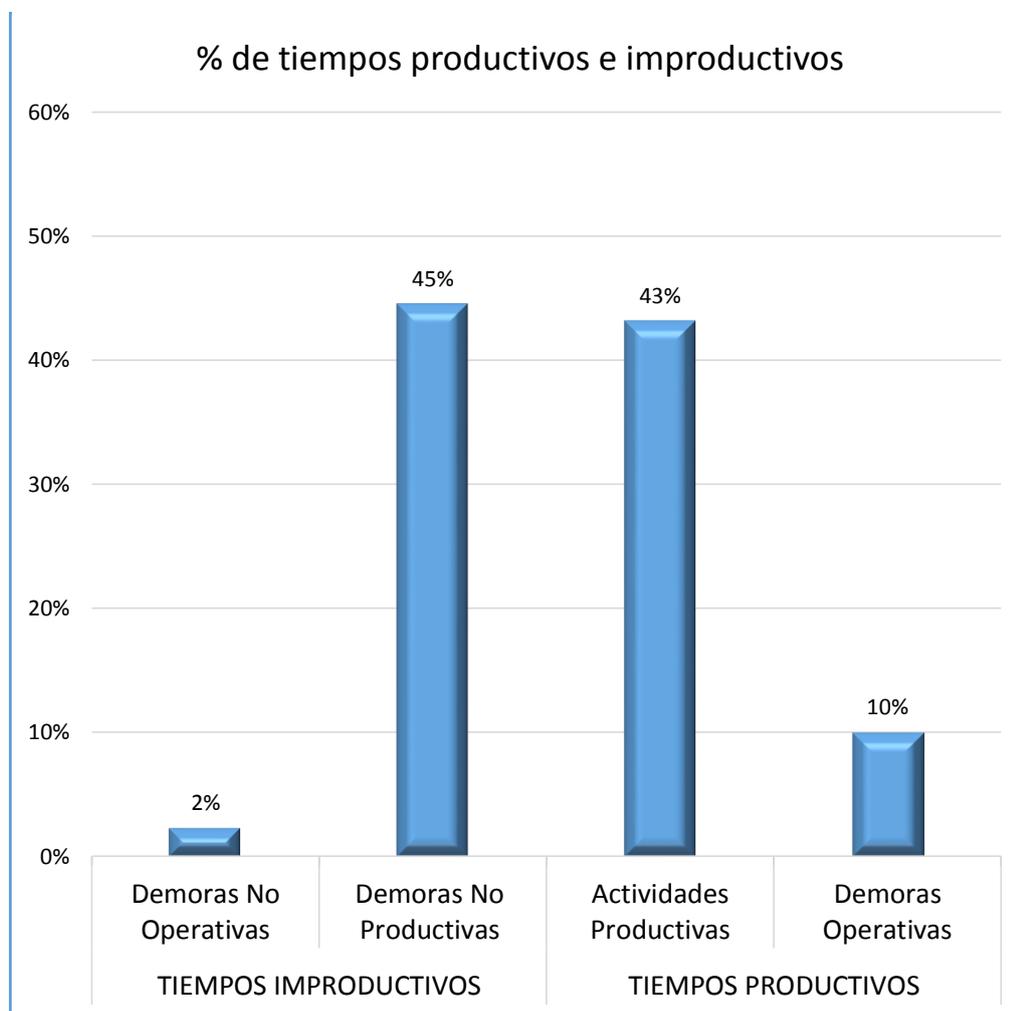
Tabla N° 4.2.4: Resumen de tiempos productivos e improductivos.

RESUMEN	Horas/mes	Horas/mes
TIEMPOS IMPRODUCTIVOS	955:29	47 %
Demoras no operativas	46:57	2 %
Demoras no productivas	908:32	45 %
TIEMPOS PRODUCTIVOS	1 084:31	53 %
Actividades productivas	880:27	43 %
Demoras operativas	204:04	10 %
Total h/mes	2 040:00	100 %

Tal como se observa en la Tabla N° 4.2.3, dentro de la categoría de los tiempos improductivos, se aprecian las demoras no operativas con un total de 46:57 h/mes que representa 2 % de todas las categorías del tiempo. Dentro de esto podemos ver en la Tabla N° 4.2.2 que el tiempo improductivo más relevante se observa en el mantenimiento programado, preventivo y falla mecánica.

Como también se puede observar las demoras no productivas con un total de 908:32 h/mes que representa el 45 % de todas las categorías del tiempo. Dentro de esto con más relevancia se visualiza en la Tabla N° 4.2.2. Que el tiempo de espera de los frentes de trabajo tiene un mayor porcentaje que las otras actividades.

Gráfico N° 4.2.3 Porcentaje de tiempos productivos e improductivos.



Tiempos improductivos: En resumen, tenemos que, el tiempo improductivo total es 955:29 h/mes que representa el 47 % del total de todas las categorías del tiempo. Dentro del cual podemos ver que las demoras no productivas son los más altos, que será objeto de análisis para definir el rendimiento de los jumbos.

Tiempos productivos: Los tiempos productivos suman 1 084:31 h/mes que representan el 53 % del total de todas las categorías del tiempo.

Sumando un total de 2 040 h/mes por los 04 jumbos que representa el 100 % de horas trabajadas al mes. Dentro de los tiempos productivos podemos ver en el Gráfico 4.2.3 Las demoras operativas con 10 % fuera de las demoras operativas no variables.

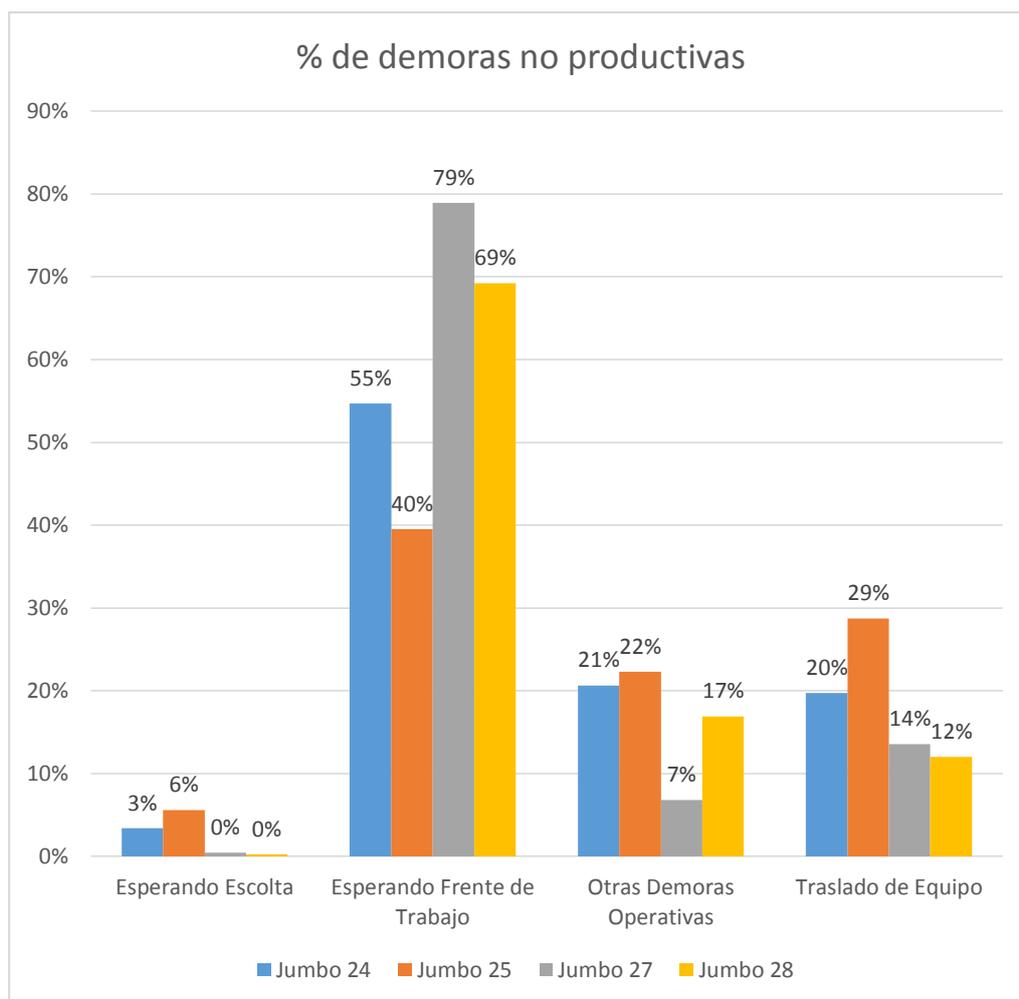
4.2.1. Demoras no productivas

Las demoras no productivas son a causa de una mala planificación por el supervisor, capataz y por mal relevo de las guardias salientes.

De tal manera se determina que hay 45 % de demoras no productivas dentro de los tiempos improductivos, En tal razón se evaluarán nuevamente las horas muertas con respecto a 45 %, que representara al 100 % de las demoras no productivas. Ver Gráfico 4.2.3.

- a. Esperando frentes de trabajo con 79 % del jumbo N° 27 y el menor con 40 % del jumbo N° 25 del total de h/de demoras no productivas.
- b. Traslado de equipo o escolta con 29 % del jumbo 25 y el menor con 12 % del jumbo N° 28 del total de h/de demoras no productivas. Viendo que la escolta se realiza por la rampa principal en la mina San Rafael

Gráfico N° 4.2.4: Demoras no productivas



Tal como se observa en el Gráfico N° 4.2.4. El jumbo N° 27 es el que espera más frentes y como también es el que menos espera la escolta viendo que al equipo realizan el traslado por las rampas auxiliares.

4.3. Determinar el rendimiento de los jumbos hidráulicos

Para poder determinar el rendimiento de los jumbos se toma como base la planificación de los jumbos por día. La empresa AESA., define como rendimiento óptimo, que por jumbo debe perforar 03 frentes por día o dentro de las horas efectivas de trabajo. (Ver Anexo N°5).

Tabla N° 4.3.1: Determinación de rendimiento jumbo N° 24

Equipo	Fecha	Pies perforados		Horas perforados		Pies/hora		Frentes /día
		Tal.	Tal.	Tal.	Tal.	Tal.	Tal.	
		102mm	45mm	102mm	45mm	102mm	45mm	
Jumbo N° 24	01/09/2016	156.00	1852.00	0.57	6.81	21.13	250.84	3.24
	02/09/2016	100.00	1094.00	0.24	2.67	34.29	375.09	1.91
	03/09/2016	132.00	1505.00	0.46	5.29	22.96	261.74	2.63
	04/09/2016	200.00	1895.00	0.98	9.33	19.39	183.68	3.31
	05/09/2016	136.00	2061.00	0.40	6.02	21.19	321.19	3.60
	06/09/2016	144.00	2076.00	0.59	8.49	15.85	228.55	3.63
	07/09/2016	188.00	2478.00	0.46	6.04	28.92	381.23	4.33
	08/09/2016	48.00	771.00	0.28	4.53	9.97	160.07	1.35
	09/09/2016	180.00	1677.00	0.68	6.32	25.71	239.57	2.93
	10/09/2016	132.00	1929.00	0.51	7.49	16.50	241.13	3.37
	11/09/2016	48.00	531.00	0.15	1.68	26.18	289.64	0.93
	12/09/2016	100.00	1222.00	0.29	3.54	26.09	318.78	2.14
	13/09/2016	168.00	1901.00	0.56	6.36	24.29	274.84	3.32
	14/09/2016	96.00	594.00	0.68	4.23	19.53	120.81	1.04
	15/09/2016	144.00	837.00	0.85	4.96	24.76	143.90	1.46
	16/09/2016	108.00	594.00	0.56	3.10	29.45	162.00	1.04
	17/09/2016	87.00	1118.00	0.30	3.83	21.05	270.48	1.95
	18/09/2016	144.00	1069.00	0.84	6.24	20.33	150.92	1.87
	19/09/2016	48.00	543.00	0.16	1.84	24.00	271.50	0.95
	20/09/2016	48.00	1137.00	0.19	4.40	10.47	248.07	1.99
	21/09/2016	148.00	1709.00	0.52	5.98	22.77	262.92	2.99
	22/09/2016	96.00	1038.00	0.26	2.82	31.14	336.65	1.81
	23/09/2016	96.00	1427.00	0.34	5.08	17.72	263.45	2.49
	24/09/2016	176.00	1996.00	0.63	7.18	22.52	255.35	3.49
	25/09/2016	196.00	2309.00	0.41	4.84	37.33	439.81	4.04
	26/09/2016	88.00	1429.00	0.32	5.18	16.00	259.82	2.50
	27/09/2016	108.00	1521.00	0.29	4.05	24.92	351.00	2.66
	28/09/2016	152.00	1749.00	0.51	5.89	23.75	273.28	3.06
	29/09/2016	52.00	1035.00	0.21	4.21	11.77	234.34	1.81
	30/09/2016	176.00	2424.00	0.62	8.55	19.20	264.44	4.24
		Promedio				22.31	261.17	2.54

En la Tabla N° 4.3.1 se observa que, el jumbo N° 24 llega a un rendimiento promedio de 2.54 frentes/día, 261.17 taladros de 45 mm de diámetro por hora y 22.31 taladros de 102 mm de diámetro por hora.

Tabla N° 4.3.2: Determinación de rendimiento jumbo N° 25

Equipo	Fecha	Pies perforados		Horas perforados		Pies/hora		Frentes /día
		Tal.	Tal.	Tal.	Tal.	Tal.	Tal.	
		102mm	45mm	102mm	45mm	102mm	45mm	
Jumbo N° 25	01/09/2016	152.00	1995.00	0.54	7.12	19.83	260.22	3.49
	02/09/2016	148.00	1060.00	0.99	7.12	18.23	130.60	1.85
	03/09/2016	135.00	1441.00	0.65	6.93	17.80	190.02	2.52
	04/09/2016	136.00	181.00	1.99	2.65	29.35	39.06	0.32
	05/09/2016	148.00	685.00	1.21	5.62	21.66	100.24	1.20
	06/09/2016	72.00	965.00	0.46	6.13	10.94	146.58	1.69
	07/09/2016	96.00	1103.00	0.35	4.06	21.74	249.74	1.93
	08/09/2016	188.00	2199.00	0.55	6.45	26.86	314.14	3.84
	09/09/2016	48.00	519.00	0.20	2.21	19.86	214.76	0.91
	10/09/2016	144.00	2070.00	0.69	9.97	13.50	194.06	3.62
	11/09/2016	144.00	1473.00	0.55	5.62	23.35	238.86	2.58
	12/09/2016	152.00	1307.00	0.72	6.20	21.98	188.96	2.28
	13/09/2016	200.00	2264.00	0.57	6.43	28.57	323.43	3.96
	14/09/2016	148.00	1650.00	0.45	4.97	27.32	304.62	2.88
	15/09/2016	144.00	1725.00	0.48	5.77	23.04	276.00	3.02
	16/09/2016	96.00	1050.00	0.33	3.59	24.51	268.09	1.84
	17/09/2016	180.00	1638.00	0.68	6.23	26.02	236.82	2.86
	18/09/2016	148.00	1081.00	0.85	6.20	20.99	153.33	1.89
	19/09/2016	144.00	1857.00	0.62	8.04	16.62	214.27	3.25
	20/09/2016	144.00	1065.00	0.73	5.43	23.35	172.70	1.86
	21/09/2016	172.00	1948.00	0.89	10.03	15.76	178.44	3.41
	22/09/2016	152.00	1601.00	0.37	3.88	35.76	376.71	2.80
	23/09/2016	92.00	963.00	0.28	2.89	29.05	304.11	1.68
	24/09/2016	144.00	1647.00	0.66	7.60	17.42	199.23	2.88
	25/09/2016	120.00	1865.00	0.47	7.30	15.45	240.13	3.26
	26/09/2016	176.00	1856.00	0.64	6.77	23.73	250.25	3.24
	27/09/2016	0.00	879.00	0.00	3.67	0.00	239.73	1.54
	28/09/2016	128.00	1549.00	0.50	6.08	19.44	235.29	2.71
	29/09/2016	144.00	1869.00	0.51	6.65	20.09	260.79	3.27
	30/09/2016	96.00	1114.00	0.37	4.30	20.57	238.71	1.95
Promedio						21.09	224.66	2.48

En la Tabla N° 4.3.2 se observa que, el jumbo N° 25 llega a un rendimiento promedio de 2.48 frentes/día, 224.66 taladros de 45 mm de diámetro por hora y 21.09 taladros de 102 mm de diámetro por hora.

Tabla N° 4.3.3: Determinación de rendimiento jumbo N° 27

Equipo	Fecha	Pies Perforados		Horas Perforados		Pies/hora		Frentes /día
		Tal. 102mm	Tal. 45mm	Tal. 102mm	Tal. 45mm	Tal. 102mm	Tal. 45mm	
Jumbo N° 27	01/09/2016	104.00	1168.00	0.76	8.57	11.14	125.14	2.04
	02/09/2016	196.00	1602.00	1.27	10.39	16.80	137.31	2.80
	03/09/2016	203.00	1643.00	1.20	9.72	18.60	150.50	2.87
	04/09/2016	178.00	1461.00	1.20	9.88	16.06	131.82	2.55
	05/09/2016	152.00	1913.00	0.72	9.11	15.46	194.54	3.34
	06/09/2016	280.00	2979.00	0.83	8.82	29.02	308.70	5.21
	07/09/2016	52.00	1976.00	0.17	6.33	8.00	304.00	3.45
	08/09/2016	178.00	1810.00	0.84	8.51	19.04	193.58	3.16
	09/09/2016	136.00	1836.00	0.54	7.29	17.36	234.38	3.21
	10/09/2016	124.00	2032.00	0.48	7.82	14.94	244.82	3.55
	11/09/2016	162.00	2222.00	0.63	8.70	17.36	238.07	3.88
	12/09/2016	88.00	1928.00	0.48	10.47	8.04	176.07	3.37
	13/09/2016	248.00	1936.00	1.20	9.38	23.43	182.93	3.38
	14/09/2016	148.00	1579.00	0.61	6.48	20.89	222.92	2.76
	15/09/2016	52.00	1096.00	0.06	1.24	40.00	843.08	1.92
	16/09/2016	212.00	1502.00	1.03	7.30	25.44	180.24	2.63
	17/09/2016	168.00	885.00	1.22	6.44	21.91	115.43	1.55
	18/09/2016	188.00	1586.00	1.14	9.61	17.49	147.53	2.77
	19/09/2016	220.00	1333.00	1.68	10.16	18.59	112.65	2.33
	20/09/2016	156.00	1839.00	0.48	5.61	25.64	302.30	3.22
	21/09/2016	144.00	1731.00	0.49	5.85	22.74	273.32	3.03
	22/09/2016	156.00	2184.00	0.93	12.99	11.21	156.93	3.82
	23/09/2016	227.00	2842.00	0.94	11.81	17.80	222.90	4.97
	24/09/2016	176.00	2315.00	0.92	12.14	13.47	177.17	4.05
	25/09/2016	196.00	2648.00	0.92	12.41	14.70	198.60	4.63
	26/09/2016	188.00	2110.00	0.76	8.57	20.14	226.07	3.69
	27/09/2016	164.00	2065.00	0.69	8.65	17.57	221.25	3.61
	28/09/2016	212.00	2705.00	0.87	11.14	17.64	225.10	4.73
	29/09/2016	136.00	2023.00	0.54	7.96	16.00	238.00	3.54
	30/09/2016	148.00	2514.00	0.47	7.95	17.58	298.69	4.40
Promedio						18.47	226.14	3.35

En la Tabla N° 4.3.3 se observa que, el jumbo N° 27 llega a un rendimiento promedio de 3,35 frentes/día, 226,14 taladros de 45 mm de diámetro por hora y 18,47 taladros de 102 mm de diámetro por hora.

Tabla N° 4.3.4: Determinación de rendimiento jumbo N° 28

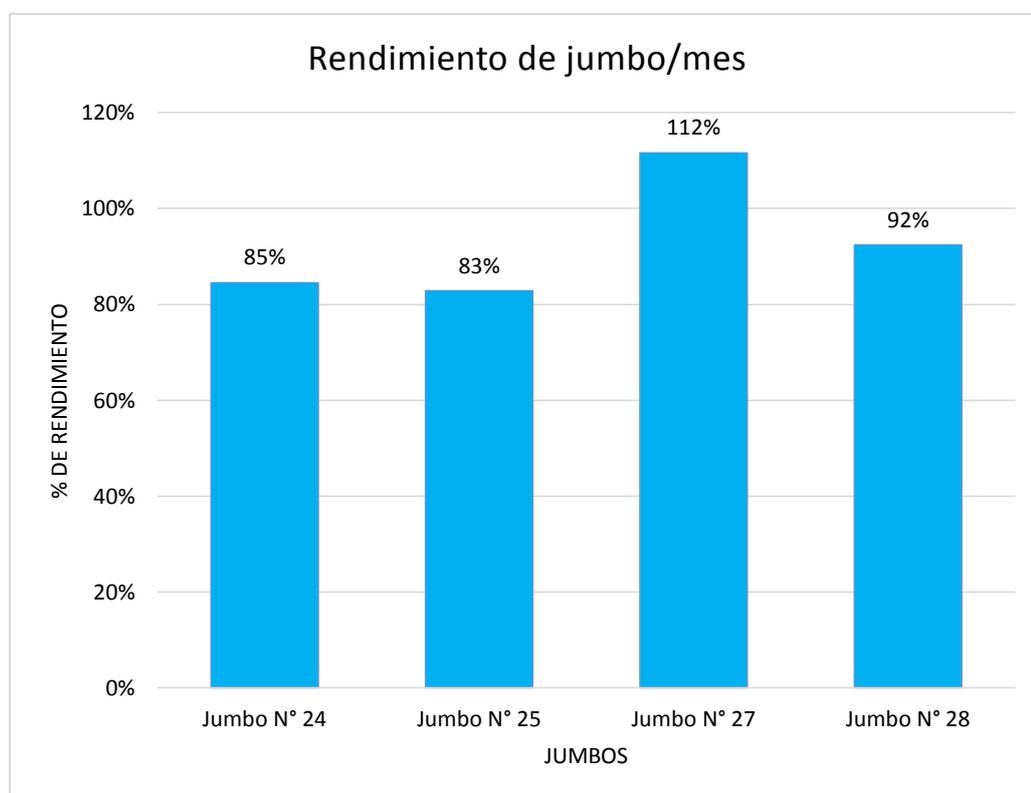
Equipo	Fecha	Pies Perforados		Horas Perforados		Pies/hora		Frentes/ día
		Tal.	Tal.	Tal.	Tal.	Tal.	Tal.	
		102mm	45mm	102mm	45mm	102mm	45mm	
Jumbo N° 28	01/09/2016	128.00	1513.00	0.64	7.58	15.58	184.14	2.65
	02/09/2016	84.00	1091.00	0.39	5.04	15.46	200.80	1.91
	03/09/2016	0.00	639.00	0.00	1.00	0.00	639.00	1.12
	04/09/2016	176.00	1891.00	0.79	8.49	18.96	203.70	3.31
	05/09/2016	96.00	1086.00	0.38	4.32	20.43	231.06	1.90
	06/09/2016	192.00	1944.00	0.64	6.51	26.85	271.89	3.40
	07/09/2016	144.00	1725.00	0.57	6.83	19.46	233.11	3.02
	08/09/2016	144.00	1725.00	0.36	4.31	30.86	369.64	3.02
	09/09/2016	144.00	1677.00	0.53	6.22	21.33	248.44	2.93
	10/09/2016	176.00	2040.00	0.58	6.75	24.00	278.18	3.57
	11/09/2016	120.00	1360.00	0.51	5.76	19.15	217.02	2.38
	12/09/2016	144.00	2080.00	0.43	6.19	21.76	314.36	3.64
	13/09/2016	152.00	1726.00	0.59	6.66	20.97	238.07	3.02
	14/09/2016	96.00	1038.00	0.34	3.66	24.00	259.50	1.81
	15/09/2016	208.00	1879.00	0.71	6.45	29.02	262.19	3.28
	16/09/2016	96.00	1113.00	0.30	3.53	25.04	290.35	1.95
	17/09/2016	152.00	1669.00	0.42	4.58	30.40	333.80	2.92
	18/09/2016	144.00	1661.00	0.54	6.21	21.33	246.07	2.90
	19/09/2016	192.00	2118.00	0.89	9.86	17.86	197.02	3.70
	20/09/2016	96.00	1278.00	0.44	5.81	15.36	204.48	2.23
	21/09/2016	144.00	1833.00	0.57	7.23	18.46	235.00	3.20
	22/09/2016	148.00	1721.00	0.56	6.54	20.85	242.39	3.01
	23/09/2016	152.00	1875.00	0.55	6.81	20.63	254.52	3.28
	24/09/2016	96.00	1516.00	0.34	5.33	16.94	267.53	2.65
	25/09/2016	152.00	1855.00	0.47	5.70	24.65	300.81	3.24
	26/09/2016	176.00	2080.00	0.46	5.38	30.17	356.57	3.64
	27/09/2016	152.00	1761.00	0.45	5.26	26.59	308.05	3.08
	28/09/2016	128.00	1592.00	0.31	3.89	30.48	379.05	2.78
	29/09/2016	104.00	1449.00	0.28	3.89	24.96	347.76	2.53
	30/09/2016	56.00	631.00	0.19	2.16	23.83	268.51	1.10
Promedio						21.85	279.43	2.77

Tal como se observa en la Tabla N° 4.3.4 se observa que, el jumbo N° 28 llega a un rendimiento promedio de 2,77 frentes/día, 279,43 taladros de 45 mm de diámetro por hora y 21,85 taladros de 102 mm de diámetro por hora.

Tabla N° 4.3.5: Determinación de rendimiento.

Jumbos	Frentes/día	Programa frentes/día	Rendimiento
Jumbo N° 24	2.54	3.00	85 %
Jumbo N° 25	2.48	3.00	83 %
Jumbo N° 27	3.35	3.00	112 %
Jumbo N° 28	2.77	3.00	92 %

Gráfico N°4.3.1 Rendimiento de perforación por jumbo



Tal como se observa en el Gráfico N° 4.2, según el programa de planificación de los jumbos de contrata AESA., es de 03 frentes por día, con este dato se realiza el cálculo del rendimiento de los jumbos con respecto al promedio mensual de

perforación de frentes. De esa manera se puede identificar el jumbo N° 25 con menor rendimiento y el jumbo N° 27 con mayor rendimiento.

4.4. Determinar el rendimiento de los jumbos mediante la evaluación de los tiempos improductivos.

Mediante la evaluación de los dos objetivos específicos podremos determinar el objetivo general. El rendimiento de los jumbos será analizado con la consolidación de los datos conocidos de los tiempos improductivos y el nivel de rendimiento obtenido.

Tabla N° 4.4.1: Consolidación de datos conocidos.

N° Jumbos	Jumbo N° 25	Jumbo N° 24	Jumbo N° 28	Jumbo N° 27
Rendimiento	83 %	85 %	92 %	112 %
Promedio de frentes/día	2.48	2.54	2.77	3.35
Perforación de frentes/mes	95	93	102	135
Escoltados por rampa principal/mes	97	57	55	22
Recorrido de niveles/mes	192	150	163	132
Esperando frente de trabajo h/mes	86:09	146:24	183:48	124:04
Traslado de Equipo/mes	62:35	52:49	31:52	21:21
Kilómetros recorridos por mes	249.40	209.96	126.08	84.84
Total horas improductivas/mes	233:43	276:12	283:56	161:38

4.4.1. Análisis de los jumbos

Se realiza el análisis del rendimiento de jumbo según la Tabla N° 4.4.1

Jumbo N° 25: Se determina el rendimiento de perforación con 83 %, debido a un bajo promedio de perforación de 2,48 frentes/día al mes, considerando como el jumbo con el menor rendimiento de los jumbos por día al mes. Este jumbo alcanzo a tener 97 escoltas/mes. Ocupando con la mayor cantidad de veces escoltados, sabiendo que en la mina San Rafael se realizan escoltas solo con camionetas, para poder cambiar de nivel a nivel por la rampa principal, en esta actividad de escolta se demoró 62:35 horas al mes, recorriendo 192 veces por niveles al mes y permaneciendo en 95 frentes al mes, el jumbo no perfora frente completo en la guardia, trayendo como consecuencia afectar al siguiente ciclo. Alcanzando un total de 276:12 h/mes de horas improductivas.

Jumbo N° 24: se determina un rendimiento de 85 % con promedio de perforación de 2,54 frentes por día al mes. Este jumbo alcanzo a tener 57 escoltas/mes., y Perdiendo 52:49 horas escoltando al mes, recorriendo 150 niveles al mes, como también se espera frentes de trabajo 146:24 horas al mes y se realizó perforaciones en 93 frentes al mes.

Jumbo N° 28: se determina el rendimiento de perforación de 92 % con promedio de 2,77 frentes por día al mes. Este jumbo alcanzo a tener 55 escoltas/mes., y perdiendo menor cantidad de horas al ser escoltado que el jumbo N° 24, perdiendo 31,87 horas escoltadas al mes justamente porque recorre 163 niveles al mes, el jumbo mayor cantidad de veces recorre por rampas auxiliares para no ser escoltado y evitar la espera de escolta, El equipo espera frentes con la mayor cantidad de horas que los otros jumbos con un total de 183:48 horas, se espera

frentes justamente porque no son culminados antes de la hora de disparo perjudicando la siguiente guardia y trayendo como consecuencia en el frente equipos parados, el jumbo trabaja en 102 frentes al mes. Alcanzando 283:56 horas improductivas al mes.

Jumbo N° 27: se determina el rendimiento de perforación de 112 % considerando que supero la planificación de la empresa, alcanzando un promedio de 3,35 frentes por día al mes, Este jumbo alcanzo a tener 22 escoltas/mes., como el equipo con menor cantidad de movimientos, perdiendo 21:21 horas escoltados al mes, el jumbo realiza perforaciones en un solo nivel con diferentes frentes y cerca de chimeneas de acumulación de mineral. Esto hace que el frente de trabajo sea evacuado de material en un tiempo corto por el scoop, evitando fallas en el ciclo de minado y recorriendo 132 niveles al mes, se recorren los niveles por rampas auxiliar de nivel a nivel, Se realizó en 135 frentes la perforación al mes, con el equipo se perdió esperando frentes de trabajo 124:04 horas al mes, perdiendo 283:56 horas/mes de tiempos improductivos.

4.5. Discusión

Según los antecedentes de la investigación, se citó a peralte (2 013) con su tesis “Implementar mejores prácticas para el planeamiento, programación y seguimiento de los procesos mineros con mayor impacto económico en las operaciones de la unidad minera Pallancata. En sus resultados indica crear o generar KPIs aún más confiables, utilizando los datos que se presenta en el siguiente estudio mientras estos datos sean representativos. Para poder crear el KPIs se debe contar con resultados de otras unidades, tomar datos de un solo

modelo y marca de equipo de perforación. Como en esta investigación se analizó a los jumbos de marca Sandvik.

Sandvik. (2 006). En su manual titulado Axera 5 manual de operario Sandvik, en su resumen indica “La AXERA 5 está diseñada para su uso en trabajos de minería, preparación y perforación de túneles. Se trata de una perforadora hidráulica de funcionamiento independiente que puede operar en orificios verticales, horizontales e inclinados” El jumbo tiene menor rendimiento cuando perfora rampas negativas en círculo. Justamente por lo que se acumula bastante cantidad de agua producto por la perforación y el giro del brazo del jumbo no son suficiente mente adecuada para perforar en estas rampas, como también trae consecuencias en iniciar frentes selladas viendo que el brazo del jumbo supera los 05 m. trayendo como consecuencia un bajo rendimiento y perforando taladros menores de 08 pies.

Calapuja (2 014). En los resultados de su tesis, indica que el rendimiento de la perforadora jumbo es de 52 taladros/guardia con una utilización de 69 %. En la presente investigación se realiza el cálculo de rendimiento de taladros y supera como promedio 60 taladros/guardia y llegando a una utilización de 30,6 % (Tabla N° 4.2.2).

A.E.S.A. (2 016). En su PETS, indica establecer disposiciones, medidas preventivas y responsabilidades a fin de prevenir accidentes e incidentes relacionados a los trabajos de perforación en las actividades mineras y/o proyectos. Su alcance involucra a todo el personal encargado de perforación en frentes mecanizados. Para poder mejorar el rendimiento se debe capacitar en los estándares operacionales de MINSUR S.A., y poder brindar la autorización individual de los estándares operacionales.

CONCLUSIONES

- Con la determinación de los tiempos improductivos se pudo identificar las horas muertas, dentro de las demoras no productivas tenemos: Esperando frentes de trabajo con 26 % y traslado de equipo o escolta con 8 % ambos con respecto a todas las categorías del tiempo.
- Al determinar el rendimiento de los jumbos Sandvik hidráulicos de la contrata AESA., se logra identificar la diferencia de rendimiento de los 04 equipos, jumbo N° 24 logra perforar un promedio de 2,54 frentes/día al mes, dando como resultado el jumbo con menor eficiencia de rendimiento, el jumbo N° 27 logra perforar un promedio de 3,35 frentes/día al mes, logrando ser el jumbo con mayor eficiencia en rendimiento, la diferencia de rendimiento es 0,87 frentes/día.
- El jumbo N° 24 tiene menos rendimiento porque el tiempo de espera de frentes y traslado o escolta de equipo es mayor tiempo, debido a que el equipo fue trasladado por rampa principal. El jumbo N° 27 tiene mayor rendimiento porque el tiempo de espera de frentes y traslado o escolta de equipo se realiza en menor tiempo, debido a que el equipo fue trasladado por rampas auxiliares.

RECOMENDACIONES

- Para reducir el tiempo improductivo, se recomienda realizar una buena distribución y planificación de equipos, además realizar el reporte correcto y veraz de la condición de los frentes que se deja en relevo.
- Para aumentar el rendimiento de los jumbos, se recomienda evitar frentes inconclusas antes del horario de la voladura, esto hace que el siguiente guardia tenga equipos parados y frentes esperando el horario de voladura.
- Se recomienda que el traslado de equipos se realice por rampas auxiliares para cuando no esté presente la escolta o realizar la distribución de los jumbos en el mismo nivel de frentes o frentes cercanos. Mantener una comunicación efectiva con los encargados del frente y el operador.

REFERENCIAS

- Abarca, L. J. (2012). *Optimización de perforación y voladura con el uso de equipo hidráulico sandvik modelo dx 800 en cantera del proyecto minero Toromocho*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Baldeón, Z. L. (2011). *Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en CIA. Minera Condestable S.A.* Pontificia Universidad Católica Del Perú.
- Bellido, C. W. (2015). *Rendimiento de maquinarias en acarreo y transporte de minerales en la cia. minera Huacapeti S.A.C.*
- Cabrero, D. G. (2016). *Evaluación de los parámetros de perforación en barrenos y correlación con la geología del terreno*. Escuela técnica superior de Ingeniería de Minas y Energía. Retrieved
- Calapuja, C. B. H. (2014). *Evaluación del rendimiento del jumbo Boomer 282 en frentes de desarrollo de la U.E.A. Uchucchacua*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Echevarría, M. C. J. (2015). *Estudio de caso para la optimización de las operaciones Unitarias que intervienen en la excavación de los túneles 2 y 3 del proyecto nuevo nivel mina con pendientes de 22%*. Pontificia Universitaria Católica del Perú.
- EXSA. (2005). *Perforación y voladura*. (EXSA, Ed.) (5th ed.).
- Jimeno, C. I. (1994). *19 Manual_de_perforacion_y_voladura_de_rocas-000.pdf*. (Etinsa, Ed.). España.
- Loyola, G. M. (2015). Procedimiento escrito de trabajo seguro "PETS." *Procedimiento de perforación de labores con jumbo electrohidráulico* (p. 6). Antauta - San Rafael.
- Nieto, S. N. del C. (2011). Métodos y tiempos. El estudio del trabajo para la productividad. *GestioPolis*, 5. Retrieved from <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tiempos-el-estudio-del-trabajo-para-la-productividad/>
- Octavio, O. M. J. (2013). *Factibilidad del cambio de sistema de control de mina en la unidad minera Toquepala*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Peralta, A. J. (2013). *Mejora y control de gestión de equipos y procesos en la unidad*

minera pallancata. programa de ingenieros junior, Ayacucho.

Rodríguez, E. R., & Adasme, P. A. (2012). *Perforación de avance de galerías y túneles con Jumbo*. Universidad Tecnológica de Chile, Chile.

Sánchez, Y. V. V. (2012). *Optimización en los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa en la mina Bethzabeth*. Universidad Central de Ecuador.

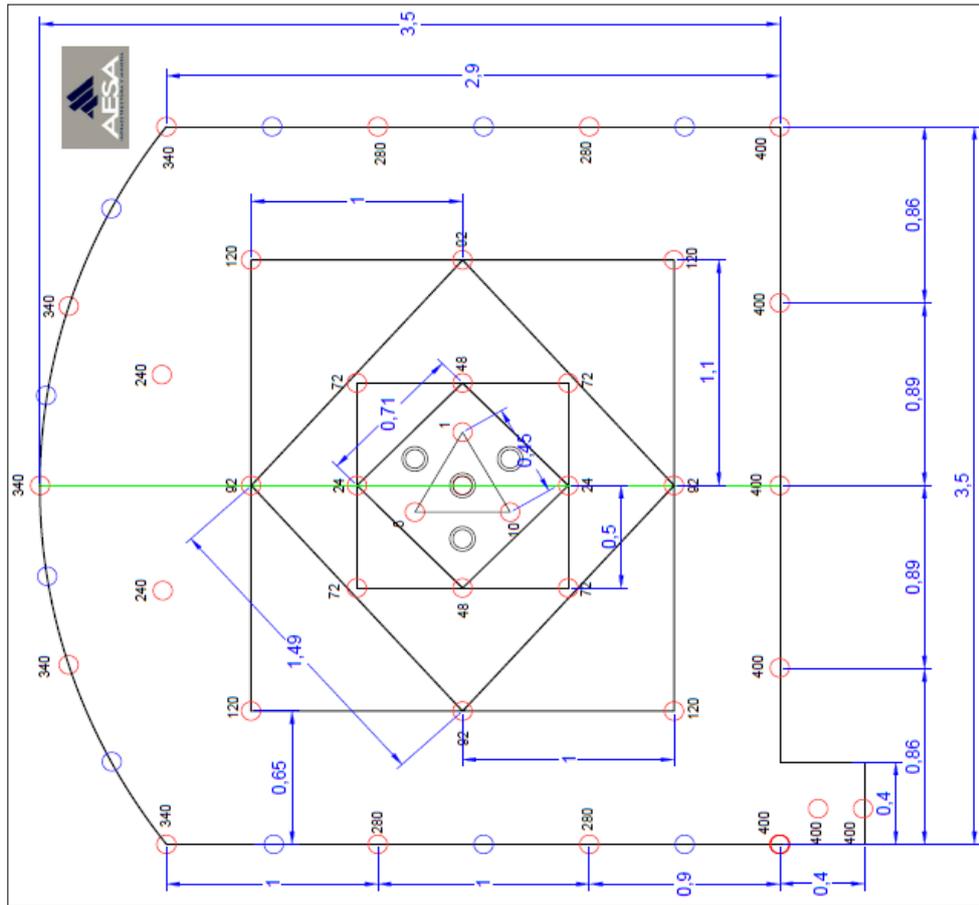
Sandvik. (2006). Manual del operario de Jumbo Sandvik. *Manual Del Operario*, 5, 94.

Zapata, I. A. (2011). *Evaluación de tiempos productivos e improductivos en las operaciones de los taladros o cabrias de ra/rc de la empresa san Antonio internacional durante los años 2009 - 2010*. Universidad de Oriente Nuclear de Anzoátegui.

ANEXOS

ANEXO 01

Malla de perforación de 3,50 m x 3,50 m. Teórico y aplicado en el terreno



ANEXO 02

Jumbo Sandvik realizando la perforación en frente con las siguientes brocas de 102 mm y 45 mm de diámetro.



ANEXO 03

Hoja de reporte diario de perforación con jumbo.

REPORTE DIARIO DE PERFORACION JUMBO														
FECHA		HOROMETRO		MOTOR DIESEL		PERCUSION		IMPRESOR (MOTOR ELECTRIC)		UBICACION FINAL DEL EQUIPO				
OPERADOR		HOROMETRO INICIAL		MOTOR DIESEL		PERCUSION		IMPRESOR (MOTOR ELECTRIC)		NIVEL		LABOR		
AYUDANTE		HOROMETRO FINAL		MOTOR DIESEL		PERCUSION		IMPRESOR (MOTOR ELECTRIC)		NIVEL		LABOR		
JEFE DE GUARDIA		HOROMETRO INICIAL		MOTOR DIESEL		PERCUSION		IMPRESOR (MOTOR ELECTRIC)		NIVEL		LABOR		
GUARDIA/TURNO		HOROMETRO FINAL		MOTOR DIESEL		PERCUSION		IMPRESOR (MOTOR ELECTRIC)		NIVEL		LABOR		
EQUIPO		HOROMETRO FINAL		MOTOR DIESEL		PERCUSION		IMPRESOR (MOTOR ELECTRIC)		NIVEL		LABOR		
EQUIPO		HOROMETRO FINAL		MOTOR DIESEL		PERCUSION		IMPRESOR (MOTOR ELECTRIC)		NIVEL		LABOR		
ITEM	HORA INICIO	HORA FINAL	HOROMETRO INICIAL PERCUSION	HOROMETRO FINAL PERCUSION	COD. ACTIVIDAD	NV. ORIGEN	NV. DESTINO	LABOR DE INICIO	LABOR DE DESTINO	MATERIAL	LONG. TAL. (pies)	N° TAL. PERFORADOS	N° TAL. TALADROS ALIVIO	CIA
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
ACTIVIDADES OPERATIVAS 100 Perf. Frente 101 Perf. Desquinche 102 Perf. Talad. Rimado 103 Perf. Para Pernos 104 Perf. Talad. de Serv.-Drenaje 105 Perf. Cuneta 199 Otros Trabajos en Labor														
DEMORAS OPERATIVAS 200 Capacitación, Reparto de Guardia e Ingreso a Mina 201 Chequeo de Maquina 202 Refrigerio 203 Salida de Personal 299 Otros Trabajos sin equipo DEMORAS NO PRODUCTIVAS 300 Traslado de Equipo 301 Falta de Personal/Operador 302 Abastecimiento de Combustible 303 Esperando Orden 304 Falta de Energía 305 Falta de Agua 306 Falta de Ventilación 307 Esperando Frente de Trabajo 308 Falta de Insumos/Accesorios 309 Esperando Escotla 310 Cambio de Accesorios 399 Otras Demoras Operativas DEMORAS NO OPERATIVAS 400 Falta Mecanica 401 Falta Elctrica 402 Matto Programado/Preventivo 499 Otras Demoras No Operativas														
LEYENDA DE LABORES BP By Pass EST Estocada / Cruce RPT(+) Rampa (+) RPT(-) Rampa (-) SN Subnivel SA Galería TIPO DE PERNO PH Pernos Helicoidales SP Split set														
OPERADOR SUPERV. TECN / JEFE DE GUARDIA														
PLANEAMIENTO OBSERVACIONES (ESPECIFICAR CUALQUIER PROBLEMA CON EL EQUIPO Y OTRO)														
FIRMA FIRMA FIRMA														

ANEXO 04

Base de datos de reporte diario de jumbo.

TURNO	JUMBO	NOMBR. OPERADOR	HORA INICIO	HORA FINAL	HORAS RELOJ	Horom Percusión Inicia	Horom Percusión final	Horas percusión	CODIGO2	TRAB. REALIZADO	CATEGORIA	DISPONIBILIDAD DE TIEMPO	Ayuda	ZONA PU
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	6.00	7.30	1.50			0.00	200	Capacitación, Reparto de Guardia e	Demoras Operativas; Tiempos Productivos;			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	7.30	8.00	0.50			0.00	300	Traslado de Equipo	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Alta
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	8.00	10.00	2.00			0.00	307	Esperando Frente de Trabajo	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	10.00	12.00	2.00	2687.570	2688.500	0.93	100	Perf. Frente	Actividades Product. Tiempos Productivo;			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	12.00	14.20	2.33			0.00	202	Refrigerio/Voladura	Demoras Operativa; Tiempos Productivo;			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	14.20	15.00	0.67	2688.500	2689.350	0.85	101	Perf. Desquinche	Actividades Product. Tiempos Productivo;			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	15.00	16.20	1.33			0.00	307	Esperando Frente de Trabajo	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	16.20	18.00	1.67			0.00	203	Salida de Personal	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	18.00	18.50	0.83			0.00	200	Capacitación, Reparto de Guardia e	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	18.50	19.00	0.17			0.00	201	Chequeo de Maquina	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	19.00	20.15	1.25			0.00	307	Esperando Frente de Trabajo	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	20.15	21.45	1.50			0.00	202	Refrigerio/Voladura	Demoras Operativa; Tiempos Productivo;			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	21.45	24.10	2.42	2689.350	2689.500	0.15	100	Perf. Frente	Actividades Product. Tiempos Productivo;			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	24.10	1.22	1.20			0.00	307	Esperando Frente de Trabajo	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	1.22	3.40	2.30	2689.500	2691.150	1.65	100	Perf. Frente	Actividades Product. Tiempos Productivo;			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	3.40	6.00	2.33			0.00	203	Salida de Personal	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	6.00	8.00	2.00			0.00	200	Capacitación, Reparto de Guardia e	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	8.00	12.00	4.00			0.00	399	Otras Demoras Operativas	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	12.00	14.00	2.00			0.00	202	Refrigerio/Voladura	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	14.00	17.00	3.00			0.00	399	Otras Demoras Operativas	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	17.00	18.00	1.00			0.00	203	Salida de Personal	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	18.00	19.00	1.00			0.00	200	Capacitación, Reparto de Guardia e	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	19.00	20.15	1.58			0.00	402	Matto Programado/Prevntivo	Demoras No Operat; Tiempos Improducti			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	20.15	21.50	1.25			0.00	202	Refrigerio/Voladura	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	21.50	22.10	0.33			0.00	300	Traslado de Equipo	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Alta
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	22.10	24.35	2.42			0.00	307	Esperando Frente de Trabajo	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Alta
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	24.35	2.10	1.58	2691.150	2693.000	1.85	100	Perf. Frente	Actividades Product. Tiempos Productivo;			Zona Alta
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	2.10	2.45	0.58			0.00	300	Traslado de Equipo	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Alta
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	2.45	4.05	1.33	2693.000	2694.550	1.55	100	Perf. Frente	Actividades Product. Tiempos Productivo;			Zona Alta
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	4.05	6.00	1.92			0.00	203	Salida de Personal	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	6.00	7.30	1.50			0.00	200	Capacitación, Reparto de Guardia e	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	7.30	8.00	0.50			0.00	300	Traslado de Equipo	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Alta
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	8.00	10.20	2.33			0.00	307	Esperando Frente de Trabajo	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	10.20	12.00	1.67	2694.550	2696.290	1.74	100	Perf. Frente	Actividades Product. Tiempos Productivo;			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	12.00	14.20	2.33			0.00	202	Refrigerio/Voladura	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	14.20	16.50	2.50			0.00	307	Esperando Frente de Trabajo	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	16.50	18.00	1.17			0.00	203	Salida de Personal	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	18.00	18.50	0.83			0.00	200	Capacitación, Reparto de Guardia e	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	18.50	19.00	0.17			0.00	201	Chequeo de Maquina	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	19.00	21.00	2.00			0.00	307	Esperando Frente de Trabajo	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	21.00	23.20	2.33			0.00	202	Refrigerio/Voladura	Demoras Operativa; Tiempos Productivo;			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	23.20	1.25	2.08	2696.290	2697.800	1.51	100	Perf. Frente	Actividades Product. Tiempos Productivo;			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	1.25	2.10	0.75			0.00	300	Traslado de Equipo	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Baja
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	2.10	4.00	2.00	2697.800	2699.170	1.37	100	Perf. Frente	Actividades Product. Tiempos Productivo;			Zona Alta
B	Jumbo 24	MAMANI BIZARRO ROBERTO	4.10	6.00	1.83			0.00	203	Salida de Personal	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	6.00	7.00	1.00			0.00	200	Capacitación, Reparto de Guardia e	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	7.00	7.40	0.67			0.00	300	Traslado de Equipo	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	7.40	11.00	3.33			0.00	307	Esperando Frente de Trabajo	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	11.00	12.20	1.33	2699.170	2699.800	0.63	100	Perf. Frente	Actividades Product. Tiempos Productivo;			Zona Alta
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	12.20	14.20	2.00			0.00	202	Refrigerio/Voladura	Demoras Operativas; Tiempos Productivo;			Zona Baja
A	Jumbo 24	QUISPE CONDORI ROGELIO	14.20	15.30	1.17			0.00	300	Traslado de Equipo	Demoras No Produc; Tiempos Improducti			Zona Alta

ANEXO 05

Calculo de rendimiento de jumbo

Equipo	Fecha	Pies Perforados						HORAS RELOJ	Horas percusión	Horas Perforados			Pies/hora			Frentes /dia
		Tal. 102mm	Pies de tal 45mm	Pies de Tal 45mm	Tal. 45mm	Total	Tal. 102mm			Tal. 45mm	Total	Tal. 102mm	Tal. 45mm	Total		
Jumbo 25	01/09/2016	152.00	1950.00	45.00	1995.00	2147.00	7.67	5.75	0.54	7.12	7.67	19.83	260.22	280.04	3.49	
	02/09/2016	148.00	1000.00	60.00	1060.00	1208.00	8.12	4.00	0.99	7.12	8.12	18.23	130.60	148.83	1.85	
	03/09/2016	135.00	1396.00	45.00	1441.00	1576.00	7.58	5.85	0.65	6.93	7.58	17.80	190.02	207.82	2.52	
	04/09/2016	136.00	136.00	45.00	181.00	317.00	4.63	2.23	1.99	2.65	4.63	29.35	39.06	68.42	0.32	
	05/09/2016	148.00	640.00	45.00	685.00	833.00	6.83	5.19	1.21	5.62	6.83	21.66	100.24	121.90	1.20	
	06/09/2016	72.00	920.00	45.00	965.00	1037.00	6.58	3.98	0.46	6.13	6.58	10.94	146.58	157.52	1.69	
	07/09/2016	96.00	1058.00	45.00	1103.00	1199.00	4.42	1.83	0.35	4.06	4.42	21.74	249.74	271.47	1.93	
	08/09/2016	188.00	2154.00	45.00	2199.00	2387.00	7.00	5.67	0.55	6.45	7.00	26.86	314.14	341.00	3.84	
	09/09/2016	48.00	504.00	15.00	519.00	567.00	2.42	2.55	0.20	2.21	2.42	19.86	214.76	234.62	0.91	
	10/09/2016	144.00	2010.00	60.00	2070.00	2214.00	10.67	4.95	0.69	9.97	10.67	13.50	194.06	207.56	3.62	
	11/09/2016	144.00	1428.00	45.00	1473.00	1617.00	6.17	3.95	0.55	5.62	6.17	23.35	238.86	262.22	2.58	
	12/09/2016	152.00	1262.00	45.00	1307.00	1459.00	6.92	6.05	0.72	6.20	6.92	21.98	188.96	210.94	2.28	
	13/09/2016	200.00	2204.00	60.00	2264.00	2464.00	7.00	5.01	0.57	6.43	7.00	28.57	323.43	352.00	3.96	
	14/09/2016	148.00	1605.00	45.00	1650.00	1798.00	5.42	4.99	0.45	4.97	5.42	27.32	304.62	331.94	2.88	
	15/09/2016	144.00	1680.00	45.00	1725.00	1869.00	6.25	3.50	0.48	5.77	6.25	23.04	276.00	299.04	3.02	
	16/09/2016	96.00	1020.00	30.00	1050.00	1146.00	3.92	3.33	0.33	3.59	3.92	24.51	268.09	292.60	1.84	
	17/09/2016	180.00	1593.00	45.00	1638.00	1818.00	6.92	3.71	0.68	6.23	6.92	26.02	236.82	262.84	2.86	
	18/09/2016	148.00	1036.00	45.00	1081.00	1229.00	7.05	4.07	0.85	6.20	7.05	20.99	153.33	174.33	1.89	
	19/09/2016	144.00	1812.00	45.00	1857.00	2001.00	8.67	5.44	0.62	8.04	8.67	16.62	214.27	230.88	3.25	
	20/09/2016	144.00	1020.00	45.00	1065.00	1209.00	6.17	3.56	0.73	5.43	6.17	23.35	172.70	196.05	1.86	
	21/09/2016	172.00	1888.00	60.00	1948.00	2120.00	10.92	5.13	0.89	10.03	10.92	15.76	178.44	194.20	3.41	
	22/09/2016	152.00	1556.00	45.00	1601.00	1753.00	4.25	4.27	0.37	3.88	4.25	35.76	376.71	412.47	2.80	
	23/09/2016	92.00	933.00	30.00	963.00	1055.00	3.17	3.19	0.28	2.89	3.17	29.05	304.11	333.16	1.68	
	24/09/2016	144.00	1602.00	45.00	1647.00	1791.00	8.27	3.57	0.66	7.60	8.27	17.42	199.23	216.65	2.88	
	25/09/2016	120.00	1820.00	45.00	1865.00	1985.00	7.77	4.25	0.47	7.30	7.77	15.45	240.13	255.58	3.26	
	26/09/2016	176.00	1796.00	60.00	1856.00	2032.00	7.42	5.89	0.64	6.77	7.42	23.73	250.25	273.98	3.24	
	27/09/2016	0.00	864.00	15.00	879.00	879.00	3.67	2.14	0.00	3.67	3.67	0.00	239.73	239.73	1.54	
	28/09/2016	128.00	1504.00	45.00	1549.00	1677.00	6.58	5.20	0.50	6.08	6.58	19.44	235.29	254.73	2.71	
	29/09/2016	144.00	1824.00	45.00	1869.00	2013.00	7.17	4.99	0.51	6.65	7.17	20.09	260.79	280.88	3.27	
	30/09/2016	96.00	1084.00	30.00	1114.00	1210.00	4.67	3.06	0.37	4.30	4.67	20.57	238.71	259.29	1.95	
Promedio												21.09	224.66	245.76	2.48	