

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**SELECCIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN JUMBOS SANDVIK EN LA UNIDAD  
MINERA SAN RAFAEL**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. FLAX ROSENDO CALSINA TOQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO – PERÚ**

**2019**

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



SELECCIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN JUMBOS SANDVIK EN LA UNIDAD  
MINERA SAN RAFAEL

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PRESENTADO POR:**

**Bach. FLAX ROSENDO CALSINA TOQUE**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO DE MINAS**

APROBADO POR:

PRESIDENTE :



---

Dr. FERNADO BENIGNO SALAS URVIOLA

PRIMER MIEMBRO :



---

Ing. AMILCAR TERÁN DIANDERAS

SEGUNDO MIEMBRO :



---

M.Sc. HAROLDO ALCIDES PINO VALENCIA

**TEMA:** Servicios Auxiliares

**ÁREA:** Ingeniería de Minas

**FECHA SUSTENTACIÓN:** 14 de Noviembre del 2019.

## **DEDICATORIA**

A mi señora madre Alejandrina y mi señor padre Lino, quienes con su apoyo incondicional han permitido cumplir mis objetivos como profesional, de tal forma a mis hermanas: Edith Calsina y Estefany Calsina que me motivaron y apoyaron en mi desarrollo personal y profesional.

## AGRADECIMIENTO

Ante todo agradecer a Dios por bendecirme a mí y mis seres queridos, también por permitirme la salud y las fuerzas para sacar adelante cada proyecto que se presenta a lo largo del camino.

También agradecer a mi Alma Mater “Universidad Nacional del Altiplano”, a mi Escuela Profesional de Ingeniería de Minas en cuyas aulas me formé profesionalmente gracias a los docentes que dentro de ella imparten el sabio conocer.

Agradezco también a mis padres y hermanas que con su amor, perseverancia y comprensión apoyaron a que sea consecuente con mis ideales y firme con mis decisiones.

Debo agradecer a todos los ingenieros, profesionales que durante la corta trayectoria laboral que vengo desarrollando fueron personas que me ayudaron mucho al desarrollo de mi experiencia profesional.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
INDICÉ DE FIGURAS	
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	6
1 INTRODUCCIÓN .....	7
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
2.1 Metodología .....	10
2.2 Materiales.....	10
2.2.1 Técnicas de recolección de datos.....	10
2.2.2 Revisión, recopilación y elaboración de información preliminar .....	11
2.2.3 Instrumentos de recolección de datos. ....	11
3 RESULTADO Y DISCUSIÓN .....	11
3.1 Consolidación de reportes.....	11
3.1.1 Horas efectivas trabajadas: .....	12
3.1.2 Disponibilidad de tiempo .....	12
4 CONCLUSIONES .....	14
LITERATURA CITADA .....	14

**INDICE DE TABLAS**

Tabla N.-3.1: <i>Tiempos improductivos</i> .....	11
Tabla N.-3.2: <i>Tiempos productivos</i> .....	12
Tabla N.-3.3: <i>Demoras operativas no variables</i> .....	12
Tabla N.- 3.4: <i>Tiempos productivos e improductivos</i> .....	12
Tabla N.- 3.5: <i>Rendimiento de equipos</i> .....	13
Tabla N.- 3.6: <i>Rendimiento de los datos conocido delos equipos</i> .....	13

**INDICÉ DE FIGURAS**

Figura N.- 3.1 Porcentaje de tiempos productivos e improductivos. ....	13
--	----

## Selección de equipos de perforación jumbos Sandvik en la Unidad Minera San Rafael

### Selection of jumbos Sandvik drilling equipment in the San Rafael Mining Unit

Flax Rosendo Calsina Toque

Facultad de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú,  
Avenida Floral N.- 1153

[flax.mine6@gmail.com](mailto:flax.mine6@gmail.com), 953645713

#### RESUMEN

El presente artículo de investigación está basado en la selección de equipos de perforación jumbos sandvik de acuerdo a su rendimiento y tiempos improductivos de perforación de galerías de la unidad minera san rafael, realizado en el distrito de Antauta, provincia de Melgar, departamento Puno, en donde el objetivo es la selección adecuada de equipos de perforación y evaluación de los rendimientos de los jumbos y así determinar los tiempos productivos e improductivos en la perforación de los frentes de las galerías e incrementar los rendimientos de los equipos de perforación jumbos. el tipo de investigación será estadístico, que de modo sistemático describirá las características de una población, situación o área de interés. Los datos se llevarán a una base de datos de Excel y así analizar los resultados. la evaluación del rendimiento de los jumbos se determinará por frentes perforados en un mes, para este se tomó como muestra 04 jumbos. La investigación consistió en la selección de equipo jumbo y determinar los tiempos improductivos, En conclusión determinando los rendimientos de los equipos jumbos sandvik hidráulicos se logra realizar una adecuada selección de equipos jumbos y también identificar la diferencia de rendimiento de los 04 equipos, teniendo como rendimiento óptimo por jumbo de 3 frentes por día, de la cual el jumbo N° 25 con menor eficiencia de rendimiento, el jumbo N° 27 con mayor eficiencia en rendimiento, la diferencia de rendimiento es 0,87 frentes/día.

**Palabras clave:** Rendimiento, perforación, jumbo y selección de equipos.

---

#### ABSTRACT

This research article is based on the selection of jumbo Sandvik drilling equipment according to their performance and unproductive drilling times of the San Rafael mining unit, carried out in the district of Antauta, province of Melgar, department Puno, in where the objective is the adequate sealing of drilling equipment and evaluation of jumbos yields and thus determine the productive and unproductive times in the drilling of the fronts of the galleries and increase the yields of jumbos drilling equipment. The type of research will be statistical, which will systematically describe the characteristics of a population, situation or area of interest. The data will be taken to an excel database and thus analyze the results. The evaluation of jumbo's performance will be determined by perforated fronts in a month, for this, 04 jumbos were taken as a sample. The investigation consisted in the selection of jumbo equipment and determining the unproductive times. In conclusion, determining the performances of jumbo sandvik hydraulic equipment, it is possible to make an adequate selection of jumbo equipment and also identify the difference in performance of the 04 teams, having as performance

Optimum for jumbo of 3 fronts per day, of which jumbo No. 25 with lower performance efficiency, jumbo No. 27 with greater efficiency in performance, the difference in performance is 0.87 fronts / day.

**Keywords:** Performance, drilling, jumbo and equipment selection.

## 1 INTRODUCCIÓN

En La unidad minera San Rafael está localizado en el distrito de Antauta, provincia de Melgar y 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 de planta concentradora de 3 000 tn/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.

La necesidad de elaborar este trabajo de investigación es para la selección de equipos de perforación jumbos Sandvik evaluando el rendimiento de los jumbos frente a los tiempos improductivos en la perforación de los frentes de perforación de las galerías; con el único objetivo de disminuir los tiempos improductivos y ver los puntos de falencia de cada equipo así de esa 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, espera de 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. (Bellido Calsina, 2018).

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 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 (Sandvik, 2 006).

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 y las ventajas de las perforadoras hidráulicas son: 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. (Sandvik, 2 006).

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 da 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, 1 994)

Segun (Chuquin Orihuea, Farro Yamaguchi, & Valdivia Díaz, 2017) se compara el tiempo de perforación empleando un jumbo de un brazo y uno de dos brazos se puede obtenerse una reducción de entre 30 a 35% en el tiempo de perforación. El costo de un Jumbo de un brazo es USD 450 k y el costo de un Jumbo de dos brazos es USD 570 k, el costo diferencial será USD 120 k y una vida útil de cinco años, por lo que el costo de inversión diferencial es 2,000.00 USD / mes. El costo de operación es el mismo, pues se emplea un solo operador, y el mantenimiento es ligeramente superior al tener dos martillos electrohidráulicos, pero el mismo chasis y motor.

En la tesis titulada: Optimización de avance lineal, reemplazando las perforadoras jackleg por jumbo hidráulico en el proceso de perforación y voladura de la GLN1 y CRNE en Mina Consuelo de la Empresa Especializada New Horus S.A.C – Poderosa llega a la siguiente conclusión que los resultados obtenidos en cuanto al número de disparos deficientes demuestran que estos han disminuido considerablemente, lo cual nos permitió incrementar nuestras eficiencias por disparo en gran proporción, debido a que con el empleo del jumbo hidráulico en el proceso unitario de perforación se pudo obtener un mejor paralelismo, en comparación a la utilización de perforadoras Jackleg que a mayor longitud de perforación el paralelismo es menor. (Javier Ángel, 2016).

El Tamrock AXERA 7-260 es de dos brazos electro-hidráulico jumbo de perforación rápida y precisa en la deriva y un túnel de 8-60 m<sup>2</sup> en secciones transversales y el sistema de perforación hidráulica controlada con adición automática funciones y los diferentes niveles de instrumentación opcionales permiten excavación calidad productiva y alto. (Quispe Coya, 2014).

Para la perforación de taladros largos contamos con un equipo electro hidráulico

Jumbo Mini Raptor, el cual perfora taladros de 64 mm. De diámetro, bajo ángulos de 0° a 360°; la longitud promedio de perforación es de 40 m., por la desviación de los taladros, debido principalmente por el tipo de terreno, la eficiencia es de 90 m/día, con una malla de perforación de 1,0 m x 1,0 m. En el diseño de perforación y voladura de taladros largos estamos optimizando técnicas que nos controlan el desprendimiento de la roca encajonante (cajas), que nos permite mantener los valores del mineral, y lo más importante darle seguridad al personal y los equipos de trabajo. De igual modo contamos con equipos LHD de 3,5 yd<sup>3</sup> para extraer el mineral de los tajeos hacia la planta concentradora. (Apaza Arivilca, 2013).

Utilizando el jumbo Axera J-15 retráctil, como equipo principal de sostenimiento se ha optimizado los costos unitarios de US\$ 23.60/perno a US\$ 19.28/perno, resultando una diferencia de costos de US\$ 4.32/perno. El jumbo Axera J-15 retráctil es más eficiente que el jumbo Bolter J-14, en la instalación de pernos hay una diferencia de 25 pernos instalados, el jumbo Bolter J-14 inyecta 16 pernos/hora, en cambio el jumbo Axera J-15 inyecta 25 pernos/hora haciendo una diferencia de 09 pernos inyectados/hora. Elegir el jumbo Axera J-15 retráctil, para una óptima instalación de pernos y reducir los costos en sostenimiento en el tiempo en la Unidad Minera Casapalca S.A. (Narvaez Sarco, 2017).

Se mejora el marcado o delineado de la malla de perforación. Esto asegurará establecer y marcar el espaciamiento y Burden en el terreno, afín que el operador del jumbo ejecute la perforación del taladro en la ubicación correcta. El Control del paralelismo en la perforación a través de marcado topográfico de la dirección a seguir, mantenimiento o incorporación del sistema de paralelismo automático de los jumbos, uso de guías como pueden ser tubos de PVC o los mismos atacadores de madera para comparar el paralelismo entre

cada taladro que se va perforando. (Sune Choquehuanca, 2013).

Según las conclusiones de (Caso Yucasi, 2018) menciona que se compara los 44 taladros de perforación en tipo de roca III. La eficiencia operativa para una sección de labor 3,50x3,50 m. al aplicar Jumbos T38-H35-R32 con una barra de 14 pies se obtiene una longitud de perforación de 3,89 m, con una eficiencia de perforación de 89%. Y con Jumbos MFT38-H35-R32 con barra de 16 pies se obtiene una longitud de perforación de 4,48 m con una eficiencia operativa de 93%.

Se optimizó el proceso de las labores de desarrollo con una estimación de beneficio económico para una sección de 3,50x 50 m, donde el costo unitario con barra de 14 pies es 10,18 US\$/ml. Y el costo unitario con barra de 16 pies es 11,49 US\$/ml con una diferencia de 1,31 US\$/ml a favor de barra de 16 pies. Y finalmente el beneficio económico anual es de 11035,44 US\$/ml. Y también podemos apreciar en beneficio económico.

Se hizo un estudio de los KPIs en el ciclo de operación de los equipos las cuales se analizaron con diagramas de causa – efecto y diagrama de Pareto. Las técnicas usadas fueron: Implementación de reportes con el objetivo de registrar los tiempos de las actividades de los equipos en los ciclos de operación para el cálculo de los indicadores clave de desempeño (KPIs) y así determinar el beneficio económico de una inversión para poder incrementar la capacidad de producción de la planta concentradora de 3 000 a 3 600 TM/día. (Salas Hurtado, 2013).

El equipo para posicionarse debe utilizar sus gatas hidráulicas para mantener el equipo sobre un plano horizontal. Luego: De ser un Jumbo debe posicionar su viga en forma vertical debajo del punto marcado por topografía, con su punto de basculación a 1.50 m del piso. Una vez confirmado el posicionamiento en el punto correcto se debe empezar la perforación y para la

siguiente perforación seguir con los pasos descritos anteriormente. (Peralta Ancca, 2018).

En las conclusiones (Mendoza Fuente, 2017) señala que: se llegó a diseñar un control teleoperado en un jumbo hidráulico con controles manuales, utilizado 11 válvulas electrohidráulicas, 4 cámaras y 2 escáneres láser. Se logró diseñar los diagramas hidráulicos y electrónicos para el acoplamiento de este sistema propuesto con el jumbo hidráulico. Se logró diseñar y simular el control autónomo de un grado de libertad del brazo perforador con 2 sensores lineales y un microcontrolador. Esto ayuda en parte a que la labor minera sea realizada sin que el operador esté necesariamente dentro del vehículo, brindando seguridad y a la vez exactitud en el proceso, por el uso de un sistema de control con lazo cerrado. Esto cumple el objetivo general del proyecto.

Mediante la implementación de un equipo Mini jumbo TROIDON 22 “MUKI”, el cual se destinará inicialmente a 2 tajos, ubicados en la rampa 2 (Tj 850 – Tj 663), estos tajos se encuentran en el nivel 4380 y 4480 respectivamente, con un ancho promedio de 2.1 m. Cuentan con una longitud total de 400 m. (200 m. C/ala) y 2 sub niveles de 50 m. de altura, de esta forma se iniciaran las operaciones y se logrará el objetivo principal; Incrementar la capacidad de explotación de la CIA MINERA KOLPA de 700 TM/día a 850 TM por día de mineral, y la producción anual de 250000 TM. a 300000 TM. Un incremento total anual de 50000 TM. (Vargas Ontiveros, 2017).

Como hipótesis se tiene que para un buen rendimiento de los equipos jumbos Sandvik de modelo DD311 se debe desarrollar una buena planificación de equipos, además efectuar el reporte diaria de manera correcta y veraz de las condiciones de los frentes que se deja en relevo y también realizar el transporte de los equipos jumbos por rampas auxiliares cuando no esté presente la escolta.

El objetivo planteado para el presente artículo es el siguiente: Determinar el rendimiento y selección de los jumbos modelo Sandvik hidráulicos mediante la evaluación de los tiempos improductivos en la perforación e identificar dichos tiempos improductivos.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Metodología

El método que se utilizó es el Estadístico, ya que mediante la interpretación de la data información se analizarán hechos y sucesos en forma metódica y secuencial. en donde se tomarán los tiempos de perforación de cada equipo jumbo y ya teniendo toda esta información se llevará a una base de datos utilizando el paquete de Excel.

Describir las características de cada una de las variables y así obtener información acertada. En lo estadístico se usó el paquete estadístico para obtener frecuencias y promedios, y otros.

### 2.2 Materiales

#### 2.2.1 Técnicas de recolección de datos

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. (Bellido Calsina, 2018).

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.

**2.2.2 Revisión, recopilación y elaboración de información preliminar**

Los datos son tratados 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.

**2.2.3 Instrumentos de recolección de datos.**

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

**3 RESULTADO Y DISCUSIÓN**

**3.1 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. Disponibilidad de tiempo.

**Tabla N.-3.1: Tiempos improductivos**

	JUMB O 24	JUMBO 25	JUMBO 27	JUMBO 28
<b>DEMORAS NO OPERATIVAS</b>				
	Horas /mes	Horas/m es	Horas/m es	Horas/mes
Falla eléctrica	00:00	00:00	00:00	02:02
Falla mecánica	03:58	07:22	02:15	03:07
Mantenimiento programado	02:55	08:00	01:20	09:20
Otras demoras no operativas	01:30	00:30	00:48	03:50
<b>DEMORAS NO PRODUCTIVAS</b>				
Esperando escolta	09:02	12:14	00:40	00:45
Esperando frente de trabajo	146:24:00	86:09:00	124:04:00	183:48:00
Falta de agua	4:00	0	0	0
Falta de energía	00:00	04:03	00:00	00:00
Falta de insumos	01:05	04:18	00:25	00:00
Falta de ventilación	00:50	00:00	00:00	00:00
Otras demoras operativas	02:20	00:00	00:00	04:15
Traslado de equipo	55:19:00	48:32:00	10:45	44:57:00
	52:49:00	62:35:00	21:21	31:52:00

**Fuente:** Bellido Calsina, 2018

Como se muestra en la tabla N.-3.1 se aprecia los tiempos improductivos en donde las demoras no operativas se tiene que el mantenimiento programado es el que más tiempo utilizó durante el mes juntamente con la falla mecánica; mientras que en las demoras no productivas se tiene que esperando en los frentes de trabajo y traslado de equipo son las actividades que mayor tiempo perdido se tiene, las cuales deben de ser reducidos. El equipo jumbo N.- 25 tiene mayores tiempos improductivos a comparación del equipo jumbo N.- 27 el cual sus tiempos improductivos son menores.

En la tabla N.-3.2 se muestra los tiempos productivos de cada equipo en donde claramente se aprecia que el equipo con mayor tiempo de perforación en frentes es el equipo jumbo N.- 27 el cual perfora un total de 267:48 horas a diferencia del equipo N.- 24 el cual tiene un tiempo corto de perforación.



**Tabla N.-3.2: Tiempos productivos**

	JUMBO 24	JUMBO 25	JUMBO 27	JUMBO 28
<b>ACTIVIDADES PRODUCTIVAS</b>				
	Horas/mes	Horas/mes	Horas/mes	Horas/mes
Otros trabajos en labor	14:17	28:50:00	04:40	0
Perforación cuneta	02:00	00:00	03:05	07:55
Perforación desquinche	14:42	26:43:00	13:50	09:32
Perforación frente	153:50:00	167:32:00	267:48:00	164:44:00
Perforación para pernos	00:19	00:00	00:00	00:00
Perforación talud rimado	00:00	00:00	00:40	00:00
<b>DEMORAS OPERATIVAS</b>				
Capacitación, reparto guardia e ingreso mina	16:03	16:01	11:25	20:58
Chequeo de maquina	01:42	08:37	03:31	12:13
Refrigerio/voladura	04:59	01:50	19:24	01:06
Salida de personal	25:56:00	26:44:00	23:59	09:36

Fuente: Bellido Calsina, 2018

Demoras operativas no variables son actividades establecidas por los estándares de la empresa, estas actividades no pueden variar por un tema de productividad, seguridad y salud ocupacional. Las cuales se mostrarán en la tabla N.- 3.3.

**Tabla N.-3.3: Demoras operativas no variables**

DEMORAS OPERATIVAS NO VARIABLES	Horas/día
Capacitación	0.3
Reparto de guardia	0.2
Refrigerio	2
Ingreso a mina	0.5
Check list	0.2
Salida de mina/otros demoras	2
Retiro antes de la voladura	1
<b>total</b>	<b>7</b>

Fuente: Bellido Calsina, 2018

Se calculará la cantidad de horas efectivas al día para luego poder calcular la disponibilidad de tiempo al mes que tendrá todos los equipos.

**3.1.1 Horas efectivas trabajadas:**

HET=24 horas – Demoras operativas no variables

HET= 24 horas/día – 7 horas/día

HEI= 17 horas/día

**3.1.2 Disponibilidad de tiempo**

DT=N° jumbo\*Horas efectivas trabajo\*N° de días

DT= 4 jumbos/día \* 17 horas/jumbo \* 30 días/mes

DT= 2040 horas/mes.

Se tiene un resumen de los tiempos improductivos, sus demoras no operativas y no productivas. De igual manera de los tiempos productivos e improductivos. (Ver tabla N.- 3.4).

- a **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 (Figura N.-3.1). 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.
- b **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 las demoras operativas con 10 % fuera de las demoras operativas no variables. (Figura N.-3.1).

**Tabla N.- 3.4: Tiempos productivos e improductivos.**

RESUMEN	Horas/mes	Horas/mes
TIEMPOS IMPRODUCTIVOS	<b>955:29:00</b>	<b>47%</b>
Demoras no operativas	46:57:00	2%
Demoras no productivas	908:32:00	45%
TIEMPOS PRODUCTIVOS	<b>1084:31:00</b>	<b>53%</b>
Actividades productivas	880:27:00	43%
Demoras operativas	204:04:00	10%
Total, h/mes	<b>2040:00:00</b>	<b>100%</b>

Fuente: Bellido Calsina, 2018

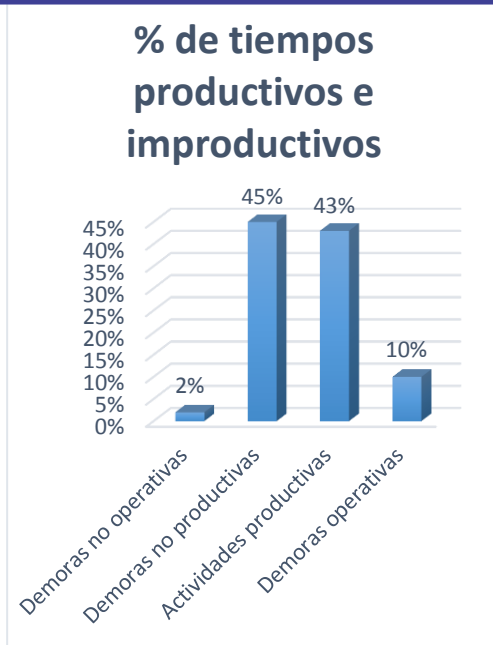


Figura N.- 3.1 Porcentaje de tiempos productivos e improductivos.

Fuente: Bellido Calsina, 2018

Para la determinación de los rendimientos de los equipos jumbos Sandvik se toma como base la planificación de los jumbos por día, en donde el rendimiento óptimo por jumbo es de 3 frentes por día. En la tabla N.-3.5 se tiene el rendimiento de cada equipo al mes de la cual se tiene que el equipo con mayor rendimiento es el equipo N.- 27.

Tabla N.- 3.5: Rendimiento de equipos.

JUMBOS	Frentes/día	Programa frentes/día	rendimiento
Jumbo N°24	2.54	3	85%
Jumbo N°25	2.48	3	83%
Jumbo N°27	3.35	3	112%
Jumbo N°28	2.77	3	92%

Fuente: Bellido Calsina, 2018

Se determina que el jumbo N° 25 tiene un 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. (Ver tabla N.- 3.5).

El jumbo N° 24 tiene un rendimiento de 85 % con promedio de perforación de 2,54

frentes por día al mes. Este jumbo alcanzo a tener 57 escoltas/mes. (Ver tabla N.- 3.5).

El rendimiento de perforación del jumbo N°28 es de 92 % con promedio de 2,77 frentes por día al mes. Este jumbo alcanzo a tener 55 escoltas/mes y el jumbo trabaja en 102 frentes al mes. Alcanzando 283:56 horas improductivas al mes. (Ver tabla N.- 3.5).

Se determina el rendimiento de perforación del equipo jumbo N°27 de 112 % considerando que supero la planificación de la empresa, alcanzando un promedio de 3,35 frentes por día al mes y 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. (Ver tabla N.- 3.6).

Tabla N.- 3.6: Rendimiento de los datos conocido delos equipos.

N° JUMBOS	JUMB O N°24	JUMB O N°25	JUMB O N°27	JUMB O N°28
Rendimiento	85%	83%	112%	92%
Promedio de frentes/día	2.54	2.48	3.35	2.77
Perforación de frentes/mes	93	95	135	102
Escoltados por rampas/mes	57	97	22	55
Recorrido de niveles/mes	150	192	132	163
Esperando frentes de trabajo h/mes	146:24:00	86:09:00	124:04:00	183:48:00
Traslado de equipos/mes	52:49:00	62:35:00	21:21	31:52:00
Kilómetros recorridos/mes	209.96	249.4	84.84	126.08
Total horas improductivas/mes	276:12:00	233:43:00	161:38:00	283:56:00

Fuente: Bellido Calsina, 2018

(Rivera Huirse, 2019). En su tesis “optimización de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Roger Holmberg en el proyecto central hidroeléctrica san gabán III” menciona que

con el nuevo diseño de malla de perforación y voladura por el método Roger Holmberg modificado implementado en la construcción del túnel se logró una eficiencia en cuanto a avances lineales de 2.77 metros a 3.55 metros y de esta manera se mejoró el avance lineal en el túnel, logrando cumplir el planeamiento mensual programado en avance lineal e implementado en el proyecto hidroeléctrico se logra reducir el factor de carga explosiva de  $3.47 \text{ Kg/m}^3$  a  $2.52 \text{ Kg/m}^3$ , obteniendo una voladura controlada y no tener sobre excavación, mayor control de los hastiales y corona distribuyendo el explosivo de acuerdo a los cálculos realizados.

(Parillo Lipa, 2013). En su tesis “proyecto de profundización de la unidad operativa poracota mediante la rampa 231 sur – empresa minera buenaventura” mención que en la rampa 231 sur, se presentó roca tipo IIB y IVA, se cumplió con los objetivos programados de la E.E. STRACONGYM, tales como el avance mensual de 110 m por mes, con las condiciones y características del diseño. Se ha utilizado sistema trackless (mecanizado) por su alta performance ya que con respecto al jumbo Rocket Boomer 282 la perforación se redujo en promedio a 1,32 horas/frente y scooptram Atlas 710 tiempo promedio de limpieza a 1,38 horas/frente. El caudal de agua generado del nivel 4 600 hasta el nivel 4 550 son aproximadamente 87 l/s, por lo cual se diseñó pozas de bombeo auxiliares y estacionarias. Dichas pozas con sistema de decantación debido al alto porcentaje de sólidos (12%).

(Jáuregui-Aquino, 2009). En sus conclusiones menciona que en perforación la reducción del costo es 0.37 \$/TM es decir una reducción del costo de 333 000 \$ al año, por razones análogas a la voladura en que se optimizó la eficiencia en el avance por disparo en labores de producción y desarrollo. Se tiene un ahorro de 25 410 US\$ al año por consumo de brocas debido a un adecuado mantenimiento y afilado de

estos aceros de perforación, ya que incrementa la vida útil por broca en un 20%. En sostenimiento la reducción del costo es 0.96 \$/TM es decir una reducción del costo de 864 000 \$ al año, debiéndose esta reducción principalmente al sostenimiento con perno splitset en que se optimizó el rendimiento de la perforación con jumbo para empernado de 17 pernos/h a 19 pernos/h.

#### 4 CONCLUSIONES

Para realizar una adecuada selección de equipos de perforación jumbos sandvick se realizó el cálculo de los tiempos improductivos y así se pudo identificar las horas muertas, de las cuales se tiene que dentro de las demoras no productivas tenemos: esperas en frentes de trabajo con 26 % y traslado de equipo o escolta con 8 % ambos con respecto a todas las categorías del tiempo. El equipo jumbo N° 27 es el equipo de mejor rendimiento y que trabaja en mejores condiciones. Al determinar el rendimiento de los jumbos sandvik hidráulicos se logra identificar la diferencia de rendimiento de los 04 equipos, jumbo n° 25 logra perforar un promedio de 2,48 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° 25 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.

#### LITERATURA CITADA

Apaza Arivilca, E. R. (2013).

- Implementación De Taladros Largos En Vetas Angostas Para Determinar Su Incidencia En La Productividad, Eficiencia Y Seguridad De Las Operaciones Mineras – Pashsa, Mina Huarón S.A.*” Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Ccaso Yucasi, E. (2018). “*Evaluación económica en el avance de frentes horizontales del nv 4100 con barras de 16 pies mina minsur s.a. en la unidad minera raura.*” Universidad Nacional del Altiplano.
- Chuquín Orihuela, R., Farro Yamaguchi, A., & Valdivia Díaz, F. (2017). *Diagnóstico Operativo Empresarial de la Empresa Jhoselin Distribuciones.* Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Jáuregui-Aquino, O. A. (2009). *Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura* (Pontificia Universidad Católica del Perú). <https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.12404/696>
- Javier Ángel, F. T. (2016). “*Optimización de avance lineal, reemplazando las perforadoras jackleg por jumbo hidráulico en el proceso de perforación y voladura de la GLNI y CRNE en Mina Consuelo de la Empresa Especializada New Horus S.A.C - Poderosa.*” Universidad Nacional de Trujillo.
- Mendoza Fuente, P. F. (2017). *Perforadora de rocas teleoperada para la minería profunda, con control autónomo del brazo hidráulico en un grado de libertad.* Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Narvaez Sarco, M. S. (2017). “*Optimización De Costos En Sostenimiento Con Pernos Helicoidales Usando Jumbo Retráctil En El Pique Circular De La Unidad Minera Casapalca S. a.*” Universidad Nacional del Altiplano.
- Parillo Lipa, J. (2013). “*Proyecto de profundización de la unidad operativa poracota mediante la rampa 231 sur – empresa minera buenaventura*” (Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa). <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6925/EDMcccacm.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Peralta Ancca, W. L. (2018). “*Metodo de minado tajeo por subniveles aplicado en mina morritos*” (Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; Vol. 0). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Quispe Coya, R. G. (2014). “*Diseño y construcción de la rampa negativa 5360 para la explotación de la veta alexia cía. minera ares – unidad arcata e.e iesa s.a.*” Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Rivera Huirse, H. A. (2019). “*Optimización de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de roger holmberg en el proyecto central hidroeléctrica san gabán III*”. Universidad Nacional del Altiplano.
- Bellido Calsina, A. (2018). “*Rendimiento de jumbos sandvik frente a los tiempos improductivos de perforación de*



*galerías de la contrata aesa.*".  
Universidad Nacional del Altiplano.

Salas Hurtado, L. A. (2013). "*Estudio de kpis en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3000 a 3600 tm/día en la mina pallancata - hochschild mining*" (Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa). Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6925/EDMcccacm.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Sune Choquehuanca, E. A. (2013). "*Aplicación de emulsión 3000 para optimizar la perforación y voladura en la unidad san genaro - compañía minera castrovirreyna.*" Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Vargas Ontiveros, J. R. (2017). *Incremento de la producción mediante la mecanización de tajos con equipo Minijumbo en la CIA. Minera Kolpa – U.O. Huachocolpa*". Universidad Nacional del Altiplano.

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

Jimeno, C. lopez. (1994). 19 *Manual de perforacion y voladura de rocas-000.pdf*. (Etinsa, Ed.). España.