

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

Dimensionamiento de equipos de perforación para incrementar la productividad del proyecto  
Bulk Earthworks- Mina Justa 2019

Presentado por:

Danny Naivares Centeno

Para optar el Título de Ingeniero de Minas

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**"DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROYECTO BULK EARTHWORKS- MINA JUSTA 2019"**

Presentado por **Danny Naivares Centeno**, para optar el Título de:

**INGENIERO DE MINAS**

Sustentado y aprobado el 15 de junio del 2022, ante el jurado evaluador:

**Presidente:**

  
\_\_\_\_\_  
*Ing. Darío Dante Sánchez Castillo*

**Primer Miembro:**

  
\_\_\_\_\_  
*Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada*

**Segundo Miembro:**

  
\_\_\_\_\_  
*Ing. Giovanni Frisancho Triveño*

**Asesor:**

  
\_\_\_\_\_  
*Ing. Walquer Huacani Calsin*

## **Agradecimiento**

*Agradezco a Dios todo poderoso porque siempre estuvo presente, guiándome por el buen camino de la vida, abriéndome nuevas puertas y oportunidades de seguir con este gran reto de la vida. A mi madre Yeral y padre Saturnino por su apoyo incondicional con el cual pude lograr culminar mis estudios hasta la universidad, que con sus bendiciones iluminan mi camino y hacen posible que logré mis metas y objetivos planteados. Asimismo, agradezco todas esas personas que me impulsaron y motivaron para poder lograr culminar mi tesis, con el fin de crecer profesionalmente en especial al Ing. Merardo Ramos.*

*Agradezco a la comunidad de docentes y administrativos de nuestra casa de estudios UNAMBA – EAPIM en especial al Ing. Walquer Waccani, que con mucha disposición me apoyó en el desarrollo de la tesis de manera incondicional. Asimismo, agradecer a todos los profesionales que me acompañaron y me siguen acompañando en esta gran empresa MOTA ENGIL PERÚ S.A. las cuales me dieron orientación y consejos para poder realizar exitosamente este proyecto, al Ingeniero Orestes Nina al cual estimo y estoy muy agradecido por su apoyo en mi crecimiento profesional.*



## ***Dedicatoria***

*A Dios por darme las bendiciones, y a las grandes motivaciones y motores para seguir adelante en la vida, mi familia. En especial a mi madre Yeral Centeno, mi padre Saturnino Naivares, mis hermanos Yeny, Jhan Carlos y Nayumi, quienes son mi gran motivación para seguir con mi desarrollo profesional.*



“Dimensionamiento de equipos de perforación para incrementar la productividad del proyecto  
Bulk Earthworks- Mina Justa 2019”

Línea de Investigación: Minería y procesamiento de minerales

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>CAPÍTULO I</b> .....	4
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	4
1.1 Descripción Del Problema.....	4
1.2 Enunciado Del Problema.....	5
1.2.1 Problema General .....	5
1.2.2 Problemas Específicos .....	5
1.3 Justificación.....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	7
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	7
2.1 Objetivos de la investigación .....	7
2.1.1 Objetivo general.....	7
2.1.2 Objetivos específicos .....	7
2.2 Hipótesis de la investigación.....	7
2.2.1 Hipótesis general .....	7
2.2.2 Hipótesis específicas.....	7
2.3 Operacionalización de variables.....	8
2.3.1 Definición conceptual.....	8
2.3.2 Definicional operacional.....	9
2.3.2.1 Variable independiente .....	9
2.3.2.2 Variable dependiente .....	9
<b>CAPÍTULO III</b> .....	11
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	11
3.1 Antecedentes de la investigación .....	11
3.1.1 A nivel Internacional .....	11
3.1.2 A nivel Nacional .....	12
3.1.3 A nivel Regional .....	13
3.2 Marco teórico .....	15
3.2.1 Generalidades de zona de estudio.....	15
3.2.1.1 Localización geográfica y política.....	15
3.2.1.2 Accesibilidad.....	16

3.2.1.3	Aspectos Geológicos.....	17
3.2.2	Características del Proyecto de Mina Justa .....	33
3.2.3	Características del Proyecto del Bulk Earthworks.....	34
3.2.3.1	Tiempo de ejecución del proyecto .....	34
3.2.3.2	Tipo de roca .....	34
3.2.3.3	División de actividades .....	34
3.2.4	Perforación de rocas .....	36
3.2.5	Equipos Rock Driles .....	36
3.2.5.1	Perforadora DX 700 .....	36
3.2.5.2	Perforadora Furukawa 1200.....	41
3.2.6	Productividad.....	44
3.2.7	Control de Productividad de Perforación .....	45
3.2.7.1	Indicadores de Productividad Operacional (Kpi´s).....	45
3.2.7.2	Indicadores de Productividad de Mantenimiento .....	46
3.2.7.3	Distribución de Horas de Perforadora.....	48
3.3	Marco conceptual .....	49
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>52</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>		<b>52</b>
4.1	Nivel de Investigación.....	52
4.2	Tipo de Investigación .....	52
4.3	Diseño de Investigación .....	52
4.4	Población y Muestra.....	52
4.4.1	Población .....	52
4.4.2	Muestra .....	53
4.5	Procesamiento de datos .....	53
4.5.1	Situación actual.....	53
4.5.2	Fuerza laboral .....	53
4.5.3	Descripción de la operación.....	54
4.5.3.1	Desbroce .....	54
4.5.3.2	Perforación.....	54
4.5.3.3	Voladura.....	57
4.5.3.4	Carguío y acarreo .....	60
4.5.4	Rendimientos de perforación y productividad.....	60
4.5.4.1	Cuadro de rendimiento de la Rock Drill DX 700 .....	60
4.5.4.2	Cuadro de rendimientos de la Rock Drill Furukawa 1200 .....	62
4.5.4.3	Rendimiento de los dos equipos .....	64
4.5.4.4	Rendimiento de perforación (Metro lineal perforado/Hora).....	64
4.5.5	Análisis de tiempos.....	65
4.5.5.1	Análisis de tiempos la para la Rock Drill DX 700.....	65



4.5.5.2	Análisis de tiempos para la Rock Drill FRD Furukawa 1200 .....	72
4.5.6	Estadística de los indicadores por proceso .....	78
4.5.6.1	Utilización de la Rock Drill DX 700 .....	78
4.5.6.2	Utilización de la Rock Drill Furukawa FRD 1200 .....	81
4.5.7	Estadística de eficiencia de perforación .....	84
4.5.7.1	Eficiencia de la Rock Drill Sandvick DX 700 .....	84
4.5.7.2	Eficiencia de la Rock Drill Furukawa 1200 .....	87
4.5.8	Mantenimiento de equipos.....	91
4.5.8.1	Indicadores de gestión de mantenimiento.....	91
4.6	Técnica e instrumentos .....	98
4.7	Análisis estadístico .....	98
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>100</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>		<b>100</b>
5.1	Análisis de los resultados .....	100
5.1.1	Cálculo de parámetros de perforación .....	100
5.1.2	Análisis de costos en función a la base de datos .....	101
5.1.2.1	Análisis de costos para la Rock Drill DX 700 .....	101
5.1.2.2	Análisis de costos para la Rock Drill Furukawa 1200.....	105
5.1.2.3	Análisis de costos para la Rock Drill JUNJIN SD-1300E como alternativa	108
5.1.3	Factores incidentes en la productividad.....	113
5.1.3.1	Control de pisos en frentes de trabajo.....	113
5.2	Contrastación hipótesis.....	114
5.2.1	Dimensionamiento de equipos de perforación .....	114
5.3	Discusión de resultados .....	114
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>116</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>116</b>
6.1	Conclusiones .....	116
6.2	Recomendaciones.....	117
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>119</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>122</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> — Cuadro resumen de la producción y el costo actual .....	5
<b>Tabla 2</b> — Operacionalización de variables.....	10
<b>Tabla 3</b> — Coordenadas de ubicación del proyecto Mina Justa.....	15
<b>Tabla 4</b> — Ruta por vía terrestre .....	16
<b>Tabla 5</b> — Total, de roca proyectada para perforación y voladura .....	36
<b>Tabla 6</b> — Las brocas para los aceros de perforación.....	39
<b>Tabla 7</b> — Datos generales de la perforadora .....	42
<b>Tabla 8</b> — Especificaciones técnicas del compresor.....	42
<b>Tabla 9</b> — Drifter del equipo .....	42
<b>Tabla 10</b> — Unidad de desplazamiento de la Furukawa 1200 FDR .....	43
<b>Tabla 11</b> — Especificaciones técnicas del motor de la perforadora.....	43
<b>Tabla 12</b> — Especificaciones del brazo de la perforadora .....	43
<b>Tabla 13</b> — Especificaciones de la viga de avance.....	43
<b>Tabla 14</b> — Especificaciones del captador de polvo.....	44
<b>Tabla 15</b> — Especificaciones del intercambiador de polvo y brocas.....	44
<b>Tabla 16</b> — Cuadro estadístico .....	99
<b>Tabla 17</b> — Rendimiento de la Rock Dril DX 700 en setiembre – Turno día .....	60
<b>Tabla 18</b> — Rendimiento de la Rock Drill DX 700 en setiembre – Turno noche .....	60
<b>Tabla 19</b> — Rendimiento de la DX 700 en octubre – Turno día.....	61
<b>Tabla 20</b> — Rendimiento de la DX 700 en octubre – Turno noche.....	61
<b>Tabla 21</b> — Rendimiento de la DX 700 en noviembre - Turno día .....	61
<b>Tabla 22</b> — Rendimiento de la DX 700 en noviembre - Turno noche .....	61
<b>Tabla 23</b> — Rendimiento de la Furukawa 1200 en setiembre - Turno día.....	62
<b>Tabla 24</b> — Rendimiento de la Furukawa 1200 en setiembre- Turno noche.....	62
<b>Tabla 25</b> — Rendimiento de la Furukawa 1200 en el mes de octubre - Turno día.....	62
<b>Tabla 26</b> — Rendimiento de la Furukawa 1200 en el mes de octubre - Turno noche .....	63
<b>Tabla 27</b> — Rendimiento de la Furukawa 1200 en el mes de noviembre - Turno día.....	63
<b>Tabla 28</b> — Rendimiento de la Furukawa 1200 en noviembre - turno noche.....	63
<b>Tabla 29</b> — Resumen de rendimientos de setiembre a noviembre 2018 .....	64
<b>Tabla 30</b> — Resumen general de la utilización.....	84
<b>Tabla 31</b> — Cuadro resumen de eficiencias de ambos equipos .....	90
<b>Tabla 32</b> — Cuadro resumen disponibilidad mecánica de ambos equipos de perforación.....	97



<b>Tabla 33</b> — Resumen de la vida útil de los aceros de perforación .....	101
<b>Tabla 34</b> — Base de datos para análisis de costos .....	101
<b>Tabla 35</b> — Análisis de precios unitario de perforación para el rock drill DX 700.....	103
<b>Tabla 36</b> — Cuadro resumen de costo directo de la Rock Drill DX 700 .....	103
<b>Tabla 37</b> — Rendimiento del rock drill DX 700.....	104
<b>Tabla 38</b> — Base de datos para el análisis de costos para el Rock Drill Furukawa 1200.....	105
<b>Tabla 39</b> — Análisis de precios unitarios del Rock Drill Furukawa 1200.....	106
<b>Tabla 40</b> — Resumen de costo directo del rock drill Furukawa .....	107
<b>Tabla 41</b> — Rendimiento de la Rock Drill FRD 1200.....	108
<b>Tabla 42</b> — Base de datos para el análisis de costos unitarios del rock drill Junjin SD-1300E .....	109
<b>Tabla 43</b> — Análisis de precios unitarios para el rock drill Junjin SD-1300E .....	111
<b>Tabla 44</b> — Resumen de costo directo del rock drill Junjin SD-1300E.....	111
<b>Tabla 45</b> — Rendimiento de la rtock drill. Junjin 1300.....	112
<b>Tabla 46</b> — Cuadro resumen del dimensionamiento de equipos .....	114



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> — Mapa de Ubicación Geográfica del Distrito de Marcona .....	16
<b>Figura 2</b> — Mapa geomorfológico de la región Ica .....	18
<b>Figura 3</b> — Columna geológica .....	23
<b>Figura 4</b> — Litología y mineralización predominante en el yacimiento de la mina Justa .....	31
<b>Figura 5</b> — Litología y mineralización zona de sulfuros del yacimiento de la mina Justa.....	31
<b>Figura 6</b> — Dimensiones de perforación .....	38
<b>Figura 7</b> — Dimensiones de transporte.....	38
<b>Figura 8</b> — Perforadora Rock Drill FRD Furukawa 1200-ED .....	44
<b>Figura 9</b> — Distribución de horas cronológicas de una Perforadora hidráulica .....	49
<b>Figura 10</b> — Fuerza laboral del área de perforación y voladura.....	54
<b>Figura 11</b> — Diseño de mallas de perforación.....	55
<b>Figura 12</b> — Diseño de una voladura en bancos.....	56
<b>Figura 13</b> — Parámetros de perforación y voladura en bancos .....	57
<b>Figura 14</b> — Diseño de amarre de mallas para voladura en bancos .....	58
<b>Figura 15</b> — Diseño de carga para un taladro de producción .....	58
<b>Figura 16</b> — Diseño de carga para un taladro de Buffer .....	59
<b>Figura 17</b> — Diseño de carga para un taladro de pre corte.....	59
<b>Figura 18</b> — Resumen de rendimiento de los dos equipos de perforación por mes y frente.....	64
<b>Figura 19</b> — Análisis de Tiempos de la Rock Drill DX 700 - Mes de Setiembre Turno Día.....	66
<b>Figura 20</b> — Análisis de Tiempos de la Rock Drill DX 700 - Mes de Setiembre - Turno Noche.....	67
<b>Figura 21</b> — Análisis de tiempos de la Rock Drill DX 700 en el mes de octubre - Turno día.....	68
<b>Figura 22</b> — Análisis de Tiempos de la Rock Drill DX 700 en el mes de octubre - Turno Noche.....	69
<b>Figura 23</b> — Análisis de tiempos de la Rock Drill DX 700 en el mes de noviembre – Turno día.....	70
<b>Figura 24</b> — Análisis de tiempos Rock Drill DX 700 - noviembre - Turno noche. ....	71
<b>Figura 25</b> — Análisis de tiempos Rock Drill Furukawa 1200 - septiembre – Turno día.....	72
<b>Figura 26</b> — Análisis de tiempos Rock Drill Furukawa 1200 - septiembre - Turno noche.....	73
<b>Figura 27</b> — Análisis de tiempos Rock Drill Furukawa 1200 en el mes de octubre – Turno día.....	74
<b>Figura 28</b> — Análisis de tiempos Rock Drill Furukawa 1200 - octubre - Turno noche .....	75
<b>Figura 29</b> — Análisis de tiempos Rock Drill Furukawa en el mes de noviembre - Turno día .....	76
<b>Figura 30</b> — Análisis de tiempos Rock Drill Furukawa 1200 -noviembre - Turno noche .....	77
<b>Figura 31</b> — Utilización Rock Drill DX 700 -setiembre turno día fue un promedio de 56% .....	78
<b>Figura 32</b> — Utilización de la DX 700 en setiembre, turno noche tuvo un promedio de 36%.....	78
<b>Figura 33</b> — Utilización de la DX 700 en el mes de octubre, turno día fue un promedio de 64%.....	79
<b>Figura 34</b> — Utilización de la DX 700 octubre, turno noche tuvo un promedio de 65%.....	79
<b>Figura 35</b> — Utilización de la DX 700 en el mes de noviembre, turno día fue de 61%.....	80
<b>Figura 36</b> — Utilización de la DX 700 - noviembre, turno noche fue un promedio de 68% .....	80
<b>Figura 37</b> — Utilización Rock Drill Furukawa 1200 Setiembre. Turno día promedio de 66%.....	81
<b>Figura 38</b> — Utilización Rock Drill Furukawa 1200 Setiembre. Turno noche promedio de 56%.....	81
<b>Figura 39</b> — Utilización de la Rock Drill Furukawa 1200 octubre en turo día, promedio de 55%.....	82
<b>Figura 40</b> — Utilización de la Rock Drill Furukawa 1200 octubre turno noche, promedio de 26%...	82
<b>Figura 41</b> — Utilización Rock Drill Furukawa 1200 noviembre turno día, promedio de 46% .....	83



<b>Figura 42</b> — Utilización Rock Drill Furukawa 1200 noviembre turno noche, promedio de 64% .....	83
<b>Figura 43</b> — Eficiencia Rock Drill Sandvick DX 700 setiembre, turno día promedio de 70%.....	84
<b>Figura 44</b> — Eficiencia Rock Drill Sandvick DX 700 setiembre, turno noche promedio de 66%.....	85
<b>Figura 45</b> — Eficiencia Rock Drill Sandvick DX 700 octubre, turno día fue un promedio de 59%...	85
<b>Figura 46</b> — Eficiencia Rock Drill Sandvick DX 700 octubre, turno noche promedio de 63% .....	86
<b>Figura 47</b> — Eficiencia Rock Drill Sandvick DX 700 noviembre, turno día promedio de 67%.....	86
<b>Figura 48</b> — Eficiencia Rock Drill Sandvick DX 700 noviembre, turno noche promedio de 70% ....	87
<b>Figura 49</b> — Eficiencia Rock Drill Furukawa 1200 setiembre, turno día fue un promedio de 64%...	87
<b>Figura 50</b> — Eficiencia Rock Drill Furukawa 1200 setiembre, tuno noche promedio de 64%.....	88
<b>Figura 51</b> — Eficiencia del rock drill Furukawa 1200, octubre, turno día promedio de 60%.....	88
<b>Figura 52</b> — Eficiencia del rock drill Furukawa octubre turno noche, tuvo un promedio de 58% .....	89
<b>Figura 53</b> — Eficiencia del rock drill Furukawa 1200 noviembre turno dia, promedio de 62%.....	89
<b>Figura 54</b> — Eficiencia rock drill Furukawa 1200 noviembre turno noche, promedio de 67% .....	90
<b>Figura 55</b> — Mecánica del rock dril DX 700 setiembre tuno día, promedio de 88%.....	91
<b>Figura 56</b> — Mecánica rock drill DX 700 septiembre tuno noche, promedio de 96%.....	92
<b>Figura 57</b> — Mecánica del rock drill DX 700 octubre tuno día, promedio de 88% .....	92
<b>Figura 58</b> — Mecánica del rock drill DX 700 octubre tuno noche, promedio de 95%.....	93
<b>Figura 59</b> — Mecánica del rock dril DX 700 noviembre turno día, promedio de 82%.....	93
<b>Figura 60</b> — Mecánica rock drill DX 700 noviembre turno noche, promedio de 89%.....	94
<b>Figura 61</b> — Mecánica rock dril Furukawa 1200 setiembre turno día promedio de 82% .....	94
<b>Figura 62</b> — Mecánica rock drill Furukawa setiembre turno noche promedio de 90% .....	95
<b>Figura 63</b> — Mecánica del rock drill Furukawa 1200 octubre turno día, promedio de 83%.....	95
<b>Figura 64</b> — Mecánica del rock drill Furukawa 1200 octubre turno noche promedio de 88% .....	96
<b>Figura 65</b> — Mecánica del rock drill Furukawa 1200 noviembre turno un promedio de 73% .....	96
<b>Figura 66</b> — Mecánica del rock drill Furukawa 1200 noviembre turno noche promedio de 88%.....	97
<b>Figura 67</b> — Distribución de costo directo para la Rock Drill DX 700.....	104
<b>Figura 68</b> — Distribución de costo directo del rock drill DX 700.....	104
<b>Figura 69</b> — Distribución de costo directo para la Rock Drill Furukawa 1200 .....	107
<b>Figura 70</b> — Distribución de costo directo para el Rock Drill Furukawa .....	108
<b>Figura 71</b> — Distribución de costo directo de perforación con Junjin SD-1300E.....	112
<b>Figura 72</b> — Distribución de costo directo del rock drill Junjin SD-1300E.....	112
<b>Figura 73</b> — Plataforma de perforación.....	113
<b>Figura 74</b> — La flota de equipos Rock Drill.....	135
<b>Figura 75</b> — Perforadoras Rock Drill DX 700 .....	135
<b>Figura 76</b> — Perforadoras fuera del radio de influencia de voladura .....	136
<b>Figura 77</b> — Rock drill Junjin en el frente de trabajo.....	136
<b>Figura 78</b> — Flota de peroración fuera del radio de influencia de la voladura.....	137



## INTRODUCCIÓN

En el proyecto de construcción de Mina Justa la cual está ubicada en el departamento de Ica, al sur de la provincia de Nasca, en el distrito de Marcona. Se viene desarrollando la primera fase de construcción la cual está a cargo de la Empresa Mota Engil Perú S.A., este proyecto tiene un plazo máximo de 8 meses para ser ejecutado y entregado, el material a mover es alrededor de 2.5 millones de m<sup>3</sup> de roca, por ello es necesario incrementar la producción diaria de perforación y voladura. El objetivo es determinar el número de equipos de perforación necesarios para poder desarrollar exitosamente el proyecto minero Mina Justa – Marcobre. En la actualidad se está trabajando con 2 equipos Rock Drill: una DX 700 marca Sandvik con un diámetro de broca de 2.5 pulg con rendimientos aproximado de 44 m/hr, con una producción de 1973 m<sup>3</sup> y una FRD Furukawa 1200 también de un diámetro de broca de 2.5 pulg., rendimiento aproximado de 37 m/hr, con una producción 1615 m<sup>3</sup>. Con el dimensionamiento de 5 equipos de perforación se logró incrementar la productividad del proyecto Bulk Earthworks de 3588 m<sup>3</sup> a 10599 m<sup>3</sup>. Y para determinar el número de equipos de perforación es necesario realizar un estudio y un análisis de rendimientos de equipos, identificar los tiempos muertos e improductivos, de la misma forma hacer un análisis de precios unitarios para tres alternativas que se ajustan a las dimensiones y características del proyecto, partiendo de esta premisa se desarrolla esta tesis titulada “DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROYECTO BULK EARTHWORKS- MINA JUSTA 2019”, la cual será de valioso aporte para poder cumplir con los objetivos que tiene planteado la empresa en este proyecto.

El presente trabajo de investigación está conformado por 6 capítulos, se describe a continuación: **Capítulo I.** Planteamiento del problema; **Capítulo II.** Objetivos e hipótesis; **Capítulo III.** Marco teórico; **Capítulo IV.** Metodología; **Capítulo V.** Procesamiento de datos. **Capítulo VI.** Resultados. **Capítulo VII.** Conclusiones y recomendaciones. Así mismo las referencias bibliográficas y anexos luego del desarrollo del trabajo.



## RESUMEN

En la actualidad en toda operación minera el dimensionamiento de equipos es un punto muy crucial para desarrollar un proyecto, ya que las actividades cambian considerablemente a medida que el proyecto se va ejecutando, por lo cual el número de equipos influye en la productividad. El objetivo fue el dimensionamiento de equipos de perforación para incrementar la productividad del proyecto Bulk Earthworks - Mina Justa 2019, mediante un análisis de tiempos productivos e improductivos, estudio de la disponibilidad mecánica de los equipos de perforación, el análisis de eficiencia y utilización, rendimiento de cada equipo rock drill en ( $m^3$ ). Toda esta información se procesa a través de tablas dinámicas, cuadros comparativos y gráficos estadísticos, que resulta de una base de datos tomados en campo a partir de los reportes diarios de perforación que cada operador presenta al final de su guardia. Para el procesamiento de datos se utilizó una herramienta digital en este caso el Excel, en donde se analiza los rendimientos actuales de la DX 700 y la Furukawa, conjuntamente se analiza los precios unitarios para ambos equipos, obteniendo los siguientes resultados, para el rock drill DX 700 se determina que la producción promedio por día es de  $1973 m^3$  a un costo de  $1.20 \$/m^3$  y para la Furukawa es de  $1615 m^3$  diarios a costo unitario de  $1.39 \$/m^3$ , haciendo una suma de  $3588 m^3$  diarios de producción en promedio, a un PU de  $2.59 \$/m^3$ . Se requiere alcanzar una producción de  $10,000 m^3$  de roca para cumplir con el plazo de entrega de la primera fase de construcción del proyecto minero Mina Justa. Asimismo, el análisis estadístico de acuerdo a la fórmula del coeficiente de correlación de Pearson entre la variable de dimensionamiento de equipos y la productividad, arroja una relación positiva  $r=1$ , es decir el gráfico de dispersión están trazados en línea recta, y la pendiente es positiva, lo cual significa que si una variable aumenta la otra variable también aumenta, mostrando una recta lineal positiva, esto denota que el cambio en una variable es directamente proporcional al cambio de la otra variable. En conclusión, si incrementamos el número de equipos rock drill para este proyecto a un costo determinado, también incrementa la productividad en  $m^3$  de rocas producidos por cada día.

**Palabras clave:** *Dimensionamiento de equipos, perforación, rock drill, productividad, rendimiento, disponibilidad mecánica.*



## ABSTRACT

Currently, in all mining operations, the sizing of equipment is a very crucial point to develop a project, since the activities change considerably as the project is executed, for which the number of equipment influences productivity. The objective was the sizing of drilling equipment to increase the productivity of the Bulk Earthworks - Mina Justa 2019 project, through an analysis of productive and unproductive times, study of the mechanical availability of drilling equipment, analysis of efficiency and utilization, performance of each rock drill equipment in (m<sup>3</sup>). All this information is processed through dynamic tables, comparative charts and statistical graphs, resulting from a database taken in the field from the daily drilling reports that each operator presents at the end of his shift. For data processing, a digital tool was used in this case Excel, where the current yields of the DX 700 and the Furukawa are analyzed, together the unit prices for both equipment are analyzed, obtaining the following results, for the rock drill DX 700 it is determined that the average production per day is 1973 m<sup>3</sup> at a cost of \$1.20/m<sup>3</sup> and for the Furukawa it is 1615 m<sup>3</sup> per day at a unit cost of \$1.39/m<sup>3</sup>, making a sum of 3588 m<sup>3</sup> per day of production in average, at a PU of 2.59 \$/m<sup>3</sup>. A production of 10,000 m<sup>3</sup> of rock is required to meet the delivery deadline for the first phase of construction of the Mina Justa mining project. Likewise, the statistical analysis according to the Pearson correlation coefficient formula between the equipment dimensioning variable and productivity, yields a positive relationship  $r=1$ , that is, the dispersion graph is drawn in a straight line, and the slope is positive, which means that if one variable increases the other variable also increases, showing a positive linear line, this denotes that the change in one variable is directly proportional to the change in the other variable. In conclusion, if we increase the number of rock drill rigs for this project at a given cost, it also increases the productivity in m<sup>3</sup> of rocks produced per day.

**Keywords:** *Equipment sizing, drilling, rock drill, productivity, performance, mechanical availability.*



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción Del Problema

El desarrollo del presente proyecto de tesis está enfocado en el proyecto minero Mina Justa, específicamente en el proyecto Bulk Earthworks propiedad de la Empresa Marcobre S.A.C. Este trabajo de investigación se llevó a cabo en la primera etapa de construcción del proyecto minero Mina Justa, el cual consiste en mover alrededor de 2 681 435 m<sup>3</sup> de roca, con la finalidad de construir plataformas para la instalación de planta de minerales óxidos y sulfuros, zona de ripios, faja transportadora, etc., la duración del proyecto es de 8 meses para lo cual es necesario realizar un dimensionamiento de equipos de perforación para realizar todos los trabajos de perforación y de esta forma cumplir con el plazo de entrega del proyecto, si no es el caso la obra podría parar o si no la empresa sería penalizado.

Este problema se plantea con la necesidad de que el área de perforación y voladura el Mota Engil Perú en la actualidad tiene una producción diaria de 3588 m<sup>3</sup> muy por debajo de 10 055 m<sup>3</sup> que es lo requerido (Ver cuadro N° 1), debido a que no cuenta con la cantidad de rock driles necesarios para la perforación, asimismo los equipos tienen un bajo rendimiento de perforación y un elevado número de horas improductivos, por consiguiente no tiene el avance necesario de metros lineales perforados, como también no cuenta con una programación de la producción. Por lo cual es importante el dimensionamiento de equipos de perforación necesarios para las actividades de perforación en planta de óxidos, planta de sulfuros, eliminación de ripios, chancadora primaria de sulfuros y óxidos, faja transportadora, chancadora primaria de óxidos y sulfuros y en el acceso principal a Mina Justa, Por tanto, en un proyecto como Bulk Earthworks en Mina Justa se debe contar con la cantidad de perforadoras necesarias y con el rendimiento necesario de acuerdo a su disponibilidad mecánica para desarrollar con eficiencia el proyecto, así incrementando la productividad, y entregar exitosamente el proyecto concluido al 100%.



Tabla 1 — Cuadro resumen de la producción y el costo actual

Nº de equipos	Equipo	Diámetro de perforación (pulg)	Rendimiento (m/h)	Producción actual (m <sup>3</sup> /día)	Pu (US\$/m <sup>3</sup> )
1	Furukawa FRD 1200	2,5	37	1615	1.39
2	Sandvik DX 700	2,5	44	1973	1.20
				3588	<b>2.58</b>

## 1.2 Enunciado Del Problema

### 1.2.1 Problema General

¿De qué manera influye el dimensionamiento de equipos de perforación en la productividad del Proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019?

### 1.2.2 Problemas Específicos

- ¿En qué medida influye el rendimiento de las perforadoras en el proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019?
- ¿De qué manera determinamos la influencia entre la eficiencia de perforación y la productividad del proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019?
- ¿Cómo influirá el estudio de la disponibilidad mecánica de los equipos de perforación en la productividad del Proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019?

## 1.3 Justificación

El análisis del dimensionamiento de los equipos de perforación es muy indispensable para todo proyecto ya que determinará el número de equipos necesarios para llevar con éxito la ejecución de un proyecto. Además en la actualidad el avance del proyecto Bulk Earthwrks en cuanto a los trabajos entregables no se está cumpliendo en el tiempo previsto debido a que los equipos de perforación no tienen la producción diaria prevista, ni se abastecen en los frentes de perforación, por tal motivo es necesario hacer un estudio



de los rendimientos de los rock drills para calcular la flota necesaria de rock drill con el fin de aumentar la productividad y entregar los trabajos en los tiempos que han sido previstos.

Asimismo, la perforación es muy importante ya que determina con mayor incidencia en la voladura y consecuentemente va repercutir en la fragmentación del macizo rocoso, por tal motivo también se va a analizar la eficiencia de perforación.

Además, la investigación es uno de los pilares más importantes que se encuentra dentro de la misión de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas de la UNAMBA, esto con el objetivo de que los profesionales que salgan sean competitivos en el campo laboral, por tal razón este pequeño aporte sea en bien de la nueva generación que se va formando y en bien de la universidad.



## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **2.1 Objetivos de la investigación**

##### **2.1.1 Objetivo general**

Determinar el dimensionamiento de equipos de perforación para incrementar la productividad del Proyecto Bulk Earthworks- Mina Justa 2019.

##### **2.1.2 Objetivos específicos**

- Identificar cómo influye el rendimiento de los equipos de perforación en el incremento de la productividad del Proyecto Bulk Earthworks- Mina Justa 2019.
- Determinar la influencia entre la eficiencia de perforación y la productividad del Proyecto Bulk Earthworks- Mina Justa 2019.
- Realizar un análisis de la disponibilidad mecánica de los equipos de perforación para incrementar la productividad en el Proyecto Bulk Earthworks- Mina Justa 2019.

#### **2.2 Hipótesis de la investigación**

##### **2.2.1 Hipótesis general**

Con el dimensionamiento adecuado de equipos de perforación se logró incrementar la productividad del Proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019.

##### **2.2.2 Hipótesis específicas**

- El rendimiento de las perforadoras influye en la productividad del proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019.

- La eficiencia perforación influye en la productividad del proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019.
- El estudio de la disponibilidad mecánica de los equipos de perforación influye en la productividad del Proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019.

## 2.3 Operacionalización de variables

### 2.3.1 Definición conceptual

Según Hernández (2014), una variable es una propiedad que puede variar y cuya variación es susceptible de medirse. La variable se aplica a un grupo de personas u objetos, los cuales pueden adquirir diversos valores respecto a la variable. De acuerdo a Ander-Egg (1995), se trata de una característica observable o un aspecto discernible en un objeto de estudio que puede adoptar diferentes valores o expresarse en varias categorías. Además, Arias (2012) indica que Son características o cualidades en magnitudes o cantidades, que pueden sufrir cambios, y que son objeto de análisis, medición o control en una investigación. Y, por último, Sabino (1992), es cualquier característica o cualidad de la realidad que es susceptible de asumir diferentes valores. Es decir, que puede variar, aunque para un objeto determinado pueda tener un valor fijo.

Los equipos de perforación son herramientas formadas por un mecanismo apropiado para producir los efectos de percusión o de rotación de la barrena que normalmente va provista de una broca en su extremo de ataque.

El equipo de perforación se determina de acuerdo a: Tipo y tamaño de la obra; la naturaleza del terreno; la profundidad y alcance de los barrenos; y el tipo de roca.

Dentro de las actividades más críticas dentro de una operación minera o proyecto de construcción de mina, es la perforación y voladura, en particular la operación perforación que se mide de acuerdo al avance por día que realiza cada equipo de perforación, en el proyecto se está analizando los diversos factores que influyen en la elección del número de equipos de perforación, ya que en el mercado podemos encontrar una gama de equipos con diferentes rendimientos ya sea propio de una empresa o sea alquilado.

La productividad es un término el cual se emplea en muchos sectores, pero en cada uno de ellos tienen el mismo principio, que es la relación entre los resultados y el tiempo, así como el recurso utilizado para obtenerlos. Asimismo, la productividad en cualquier tipo de actividad como por ejemplo operación minera, proyecto de construcción minera, obras viales, etc. es muy importante porque se evalúa constantemente para su mejora continua, además la productividad depende de los equipos con los cuales se va a realizar cada actividad, en este caso que estamos analizando son los equipos rock drill que en la actualidad se viene empleando de diferentes operaciones mineras y obras civiles.

### **2.3.2 Definición operacional**

Como indica Mendez (2001), equivale a descender el nivel de abstracción de las variables y de esta forma hacer referencia empírica de las mismas; implica desglosar la variable en indicadores por medio de un proceso de deducción lógica. Por ende, las variables que se desarrolló en este proyecto denominado Dimensionamiento de equipos de perforación para incrementar la productividad del proyecto Bulk Earthworks, serán analizadas y operacionalizadas de acuerdo al estudio de la base de datos que se tiene, en cada indicador y respectiva medida, obteniendo valores que servirían para poder tener un resultado favorable.

#### **2.3.2.1 Variable independiente**

Equipos de perforación.

#### **2.3.2.2 Variable dependiente**

Productividad del Proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019.

Tabla 2 — Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Valores
<b>Variable Independiente</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipos de perforación</li> </ul>	1 Rendimiento de perforación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Malo</li> <li>Regular</li> <li>Bueno</li> </ul>
	2 Eficiencia de perforación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ineficiente</li> <li>Con deficiencias</li> <li>Eficiente</li> </ul>
	3 Disponibilidad mecánica de los equipos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo</li> <li>Medio</li> <li>Alto</li> </ul>
<b>Variable Dependiente</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Productividad del Proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2018</li> </ul>	1 Fragmentación óptima de la voladura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pulgadas</li> </ul>
	2 Metros cúbicos perforados	<ul style="list-style-type: none"> <li>m<sup>3</sup>/hora</li> <li>m<sup>3</sup>/turno</li> <li>m<sup>3</sup>/día</li> </ul>
	3 Avance lineal diario	<ul style="list-style-type: none"> <li>m/hora</li> <li>m/turno</li> <li>m/día</li> </ul>



## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes de la investigación

Las investigaciones de dimensionamiento de equipos son una base en la cual se sostuvo para poder desarrollar esta investigación.

##### 3.1.1 A nivel Internacional

- a) En la investigación de González Riquelme (2017), la “Selección y Asignación Óptima de Equipos de Carguío para el Cumplimiento de un Plan de Producción en Minería a Cielo Abierto”, tiene como objetivo general la creación de una metodología para apoyar el desarrollo de un plan de asignación de equipos. En esta tesis uso la siguiente metodología, en primer lugar, se realizará una revisión de los datos con el fin de crear el gráfico de agotamiento de mineral a lo largo de la vida mina, luego una recopilación de equipos, construcción del modelo, desarrollo de solución de asignación manual, comparación de resultados y finalmente exploración de aplicaciones. Concluye, la metodología desarrollada permite, dada una flota de equipos, obtener una asignación a los lugares de trabajo de los distintos equipos de carguío, encontrando una secuencia minera de corto/mediano plazo que cumple restricciones de operación y de producción. De esta manera se puede obtener una guía para el planificador, ahorrando tiempo y recursos.
  
- b) De acuerdo con Lins De Noronha (2018), en su investigación titulado “Dimensionamiento de flota en las operaciones de carguío y transporte usando modelos de simulación de sistemas”. Siendo el objetivo principal de la investigación principal realizar un apropiado dimensionamiento de flota a través de técnicas avanzadas de programación estocástica. De este modo se podía abordar el problema real usando modelos de simulación, cuyo propósito

es evaluar los escenarios de producción. También se buscó predecir el comportamiento del sistema de carguío y transporte de materiales y analizar la utilización de los equipamientos para determinar de manera objetiva el tamaño de la flota que atiende los requerimientos de producción exigidos por la planta. Usa la siguiente metodología, para el abordaje y entendimiento del problema de dimensionamiento de equipamiento de carguío y transporte se realizó una revisión bibliográfica relacionada con carguío y transporte de mineral y dimensionamiento de flota. Seguidamente fue necesario definir los lineamientos y conocimientos técnicos necesarios para estructurar las actividades, las tareas a ser realizadas por el equipo e identificar las variables (tiempos, distancias, operaciones de Dimensionamiento de flota en las operaciones de carguío y transporte equipamientos) y parámetros que intervienen en el problema. Posteriormente se establecieron modelos analíticos y estocásticos que representan el problema. Finalmente, se utilizó software como AutoCAD 2014, Mathcad 14.0, Arena 14.0, Excel 2013 y Word 2013 para encontrar los resultados y elaborar los informes correspondientes. Concluye, Al analizar el cálculo de dimensionamiento analítico (determinístico) y la simulación con base en la meta de producción para el año 2017, se concluye que es necesario el uso de seis excavadoras (cuatro CAT 336D y dos CAT 950H para el carguío de mineral y desmonte). Por otro lado, conforme a los resultados obtenidos en la tabla 5, la meta puede ser alcanzada con cuatro camiones: dos para atender la producción de la planta en Fillercal y dos para Ouro Branco. Finalmente, la producción horaria estimada para el dimensionamiento analítico de la planta en Fillercal es igual a 330,62 t/h, y para la planta en Ouro Branco, 216,58 t/h. En cuanto al dimensionamiento determinístico para la planta en Fillercal es igual a 317,71 t/h, y para la planta en Ouro Branco 235,08 t/h (tabla 5).

### 3.1.2 A nivel Nacional

- a) En la tesis de (Vidal Loli, 2010), titulado “Estudio del Cálculo de Flota de Camiones para una Operación Minera a Cielo Abierto”. Con el objetivo de medir, comparar y analizar para el periodo de producción de la mina superficial la cantidad idónea de camiones y la relación correcta con las palas, teniendo como variables los tiempos de ciclo, y las distancias, para evitar que

exista tiempos muertos en ambos equipos. Con el método de recolección de datos a partir de bibliografías. El autor de la tesis Llega a la conclusión, este modelo para el cálculo de camiones puede ser utilizado desde antes que inicie la explotación de la mina, en el inicio, y durante el desarrollo de la misma, en la cual cambiarán los parámetros y se obtendrá nuevos resultados y para controlar cualquier actividad ésta debe de ser medida, es así que esta tesis demuestra que es factible medir las operaciones del ciclo de transporte y en base a ese cálculo obtener el número adecuado de camiones para la operación.

- b) En la investigación de (Pajares Cerna , 2020), titulado “Dimensionamiento de equipos de acarreo considerando variables operativas de minado para incrementar la producción en una empresa minera de Cajamarca, 2020”, tiene como objetivo incrementar la producción con el dimensionamiento óptimo de equipos de acarreo considerando variables operativas de minado de una empresa minera de Cajamarca, usando el método descriptiva, ya que se realiza el dimensionamiento de equipos de acarreo para incrementar la producción través del estudio de las variables operativas del minado, tomando en cuenta los volquetes y excavadoras. En relación al incrementar la producción con el dimensionamiento de equipos de acarreo considerando variables operativas de minado se concluye que con el dimensionamiento se lograra incrementar la producción considerando las variables operativas de minado y en términos económicos la productividad de incrementar en un nivel considerable del 5% con la aplicación de dimensionamiento de equipos de acarreo teniendo en cuanta las variables operativas de minado.

### 3.1.3 A nivel Regional

- a) De acuerdo a (Huaricalla Huaqui, 2018), en su tesis titulado “Determinación de Equipos a Corto Plazo para el Proceso de Operación a Cielo Abierto - Mina 5 - Compañía Minera Shougang - Marcona – Perú”. Con el objetivo de optimizar el proceso de operación de Mina 5 mediante el cálculo de equipos, midiendo y analizando la cantidad idónea de camiones y la relación correcta con los equipos de carguío, para el cumplimiento en el tiempo y no generar costos innecesarios. El método que usa onsió en la recopilación de información del área de trabajo, para el acarreo de estéril y/o mineral de

hierro: topografía, rutas y distancias de acarreo (mineral de hierro a planta y estéril a los botaderos), rampas y vías auxiliares ( 9% de pendiente), mantenimiento de vías y bermas de seguridad, reportes RDP (TM/h), concluye que teniendo el plazo del proyecto de 12 meses de operación como tolerancia para la culminación, se hizo el cálculo de los equipos de carguío y acarreo llegando a concluir con el número determinado de equipos: 1 pala, 6 camiones para dicho proyecto, se tuvo como alternativa de equipo de carguío cargador KOMATSU WA1200 por su versatilidad en el traslado, para formar el arranque de rampas, en frentes de baja altura, para el carguío de remanentes, etc.

- b) En la investigación de (Orozco Cornejo, 2018), tesis titulada “Reducción de costos de perforación rotativa en rocas de alta resistencia compresiva”. Con el objetivo de lograr reducir el costo unitario de perforación, mediante el incremento del rango de penetración, con la mejora de la eficiencia del proceso de perforación y la selección de brocas tricónicas de mayor vida útil, en rocas de alta resistencia a la compresión, en mina Marcona, usando la metodología de tratamiento de datos obtenidos de los reportes y tiene como conclusión que llevando un correcto control de las actividades, identificando las oportunidades de mejora en la reducción de las horas improductivas de 10,2 a 8,8 por día, se pudo alcanzar mejoras significativas en la eficiencia del proceso en 10,2%, lo cual permite mejorar la perforación rotativa y reducir costos operativos.
  
- c) De acuerdo a (Hidalgo Mendieta, 1974), en su tesis titulado “Perforación y Disparos Primaria en Marcona”, esta tesis tiene como objetivo de responder al proceso industrial y a la evolución de la economía nacional que cada día, necesita que sus grandes yacimientos sean desarrollados lo más pronto posible y eso sólo es factible, usando perforación y disparos primarios de gran tonelaje, usa el método tratamiento descriptivo de datos a partir de datos obtenidos de campo y llegando a la conclusión de que se debe realizarse continuamente controles de sobre perforación en todas las minas en las que se halle operando una perforadora y cuando sea posible tratar de abrir un zanjón de cara a cara del cuerpo mineralizado para dinamizar la producción.



## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 Generalidades de zona de estudio

#### 3.2.1.1 Localización geográfica y política

San Juan de Marcona es una localidad minera y portuaria; además de ser el primer y más grande distrito productor de hierro en el Perú. Es conocida como la capital del hierro y cuna del pingüino de Humboldt, en la costa del Perú.

Conforme a Leano (2019), las concesiones de la minera Marcobre, se encuentran en el extremo sur de la provincia de Nasca, en el departamento de Ica, en una zona desértica y arenosa los depósitos de mineral de Marcona se encuentran ubicados en una meseta de unos 780 metros de elevación sobre el nivel del mar y a 10 kilómetros de distancia de la línea de la costa, en una zona desértica y arenosa en la cual durante 8 meses del año se cubren de densas neblinas.

Dentro del distrito, se encuentra operando actualmente por la compañía minera China SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A. y Mina Justa de MARCOBRE S.A. Esta mina limita al sur y oeste con las operaciones de Shougan, hacia el norte con el cerro Tunga y al este por una zona reservada. Ver figura 1.

La Zona del proyecto Mina Justa está ubicado entre las coordenadas UTM (WGS 84). Zona 31-M.

**Tabla 3 — Coordenadas de ubicación del proyecto Mina Justa**

<b>Norte</b>	8 323 772
<b>Este</b>	493 501
<b>Altitud (msnm)</b>	780

#### i. Localización

Departamento : Ica  
Provincia : Nasca  
Distrito : Marcona

ii. Ubicación geográfica



Figura 1 — Mapa de Ubicación Geográfica del Distrito de Marcona

Extraído de SURVIAL, Trayecto San Juan de Marcona – Nasca

3.2.1.2 Accesibilidad

Es accesible por las siguientes rutas: A él se llega por tierra tomando un desvío y a la altura del kilómetro 490 de la carretera Panamericana Sur y continuando hacia el Oeste por un tramo de 40 kilómetros hasta llegar al Puerto de San Juan. Para las comunicaciones aéreas existe también en San Juan un aeropuerto que tiene una pista asfaltada de 2,100 metros de longitud, distante apenas de la ciudad 2 kilómetros al Este del Puerto de San Juan. Dos excelentes puertos, en San Juan y San Nicolás, completan la red de comunicaciones de Marcona.

Tabla 4 — Ruta por vía terrestre

Ruta 1	Distancia (Km)	Tipo de Vía	Tiempo (Horas)
Abancay – Nasca	499	Asfaltada	9 h 36 min
Nasca – Desvío Marcona	40	Asfaltada	35 min
Desvío Marcona – Mina Justa	15	Asfaltada y Trocha carrozable	30 min
Total	554		10 h 41 min



### 3.2.1.3 Aspectos Geológicos

#### 3.2.1.3.1 Geomorfología

- i. **Planicie Costera**, Como indica (Acosta, y otros, 2011), es una superficie baja y ligeramente ondulada comprendida entre la cordillera de la costa y las estribaciones andinas constituyendo estructuralmente un graben, y rellenado parcialmente por sedimentos terciarios subhorizontales, acumulaciones aluviales y eólicas. Caracterizada por la presencia de amplias pampas, ocasionalmente las pampas están interrumpidas por lomadas de relieve suave, por quebradas y valles poco profundos. Ver figura 2.
  
- ii. **Cordillera de la Costa**, De acuerdo a (Acosta, y otros, 2011) esta cordillera está constituida por una alineación de cerros de moderada elevación, paralela al litoral y de ancho variable llegando alcanzar 40 km. La topografía de esta unidad geomorfológica, se caracteriza por elevaciones aisladas de suave relieve, que llegan hasta los 700 msnm. Ver figura 2.
  
- iii. **Terrazas Marinas**, Según (Acosta, y otros, 2011) son superficies escalonadas, distribuidas a todo lo largo de la faja costanera en número variado e irregular, parcial o totalmente destruidas por la acción fluvial, las mismas que constituyen fieles testigos del levantamiento intermitente y rápido del continente durante el cuaternario. Ver figura 2.



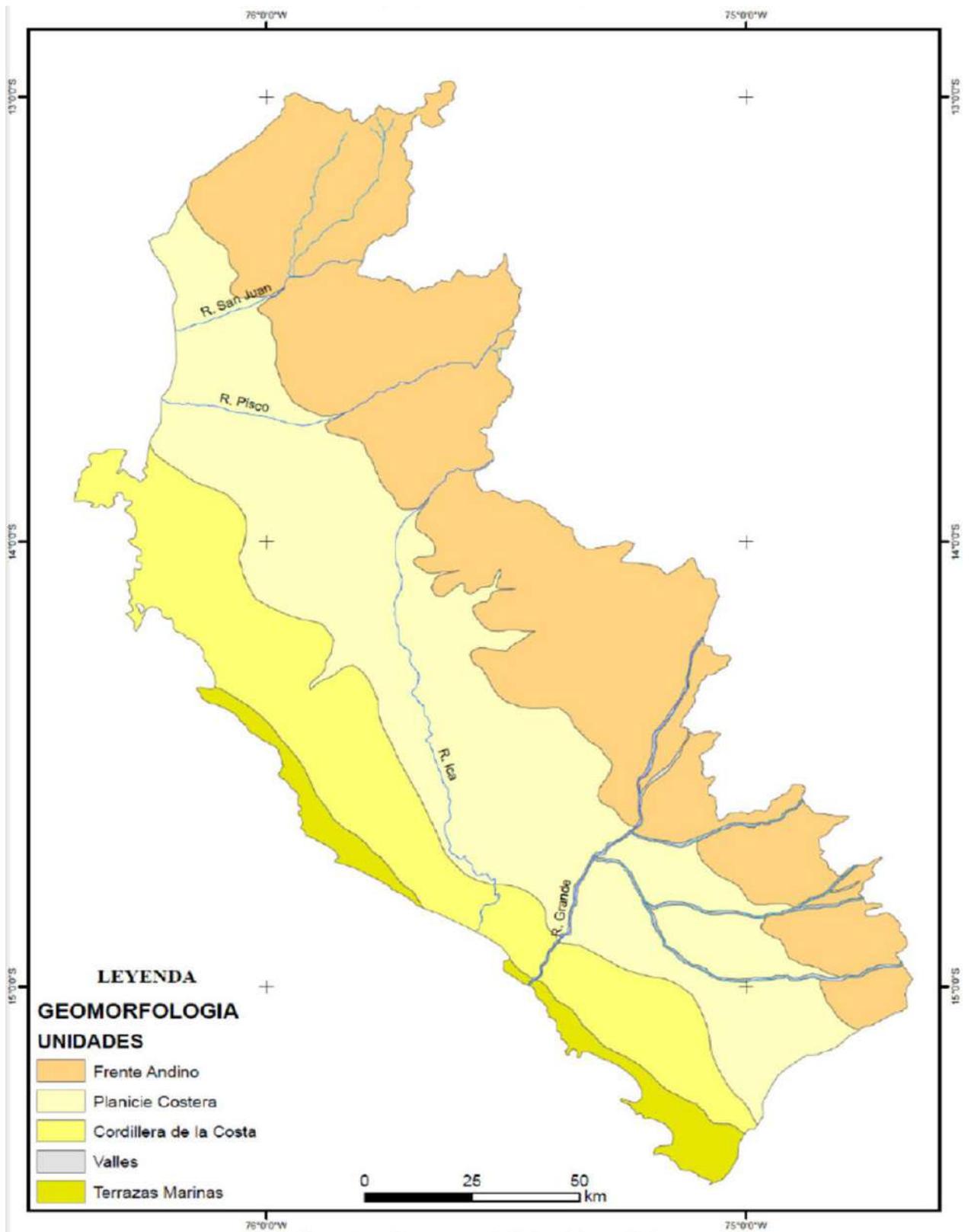


Figura 2 — Mapa geomorfológico de la región Ica

Extraído de Memoria sobre la Geología Económica de la Región Ica – INGEMMET

### 3.2.1.3.2 Topografía y Clima

En el estudio realizado por (Marcobre S.A.C., 2009) indica que la configuración geográfica del distrito de Marcona se define por llanura y planicies, donde destacan extensos desiertos, asimismo algunos plegamientos geológicos han determinado la formación de terrenos que avanzan hasta el mar, determinados el complejo de Marcona, donde se ubican los más grandes depósitos de hierro de la costa del Pacífico.

De acuerdo con (Huaricalla Huaqui, 2018), el distrito de San Juan de Marcona posee un clima caluroso y húmedo, la cual no tiene una gran variación durante sus estaciones en el año, y las temperaturas oscilan en invierno de 10 a 25 °C y de 15 a 30 °C en verano, también posee una neblina prevaleciente que producen hasta un 100 % de humedad y vientos persistentes durante la época de invierno y otoño, alcanzando velocidades máximas de hasta 60 Km. por hora, que provienen del Sureste.

### 3.2.1.3.3 Hidrografía

Según el Boletín N° 30 de (Caldas Vidal, 1978), el distrito de San Juan de Marcona no posee recurso hídrico por el mismo hecho de que se encuentra en una zona desértica, por ello la actual fuente de agua dulce para consumo de la población y uso industrial es subterráneo y está localizada en la quebrada de Jahuay, cuyos pozos de producción distan 30 Km. del puerto de San Juan.

Debido a que el puerto de San Juan de Marcona es una zona desértica y no presenta precipitaciones de lluvias además de tener un clima seco, la mayor parte del año no cuenta con flora variada. A excepción en la parte alta de la meseta donde se observa presencia de musgos, líquenes y aerofitas, llamada “vegetación de Lomas”.



### 3.2.1.3.4 Geología

#### a) Estratigrafía

Todo el conjunto estratificado, se encuentran determinando una estructura de homoclinal de rumbo suroeste y noreste con buzamiento que oscila entre 35 °C al noroeste, a una escala regional, los sedimentos tienen un rumbo hacia el noroeste e inclinaciones al noroeste formando un anticlinal actualmente erosionado.

En este panorama geológico es que yacen los cuerpos de mineral, pero esta simple estructura se ve en la realidad bastante compleja por los fallamientos e intrusiones, participando también los movimientos periódicos tectónicos.

Todas las secuencias de las formaciones que van desde el precámbrico hasta el cuaternario no forman una continuidad geológica si no que existen ausencias o lagunas determinando disconformidad y discordancia entre ellas.

De acuerdo a los estudios realizados en la etapa de exploración y ahora de preparación se conoce las formaciones geológicas y sus relaciones genéticas con depósitos de mineral, averiguando las edades geológicas relativas de ellas ya sea basándonos en su aspecto muy metamorfizado como en el caso de las rocas precámbricas, a similitud litológicas con las rocas paleozoicas a través de los fósiles de la edad jurásica. A continuación, tenemos el resumen de la estratigrafía:

- i. **Complejo lomas.** Nombre local debido a que la punta del puerto de Lomas está formada por este tipo de formación precámbrica metamórfica constituida por arcosas y meta-arcosas rosadas de

grano grueso, gneis, ortogneis, paragneis, esquitomicaseos y migmatitas. Existiendo afloramientos inmediatamente desde el sur de la concesión. Ver figura 3.

- ii. **Formación Marcona.** Encima de la anterior formación en discordancia encontramos rocas muy bien expuestas en el área de Marcona, de allí su nombre y por su diagenización la era que se le asigna es la Paleozoica del periodo carbonífero inferior que constan principalmente de meta – sedimentos marinos: cornubianitas arcósicas y conubianitas conglomeráticas. Esta formación tiene un espesor de aproximadamente 1600 m, y es la de mayor importancia económica, pues en ella se encuentran los principales depósitos de mineral. Ver figura 3.
- iii. **Formación cerritos.** Estos en discordancia sobre la anterior formación y es la más potente que conocemos en la zona, mide 600 m en total con abundante diseminación de magnetita principalmente en el miembro inferior formado por brechas sedimentarias y conglomeráticas, así como por flujos andesíticos tufos, areniscas tufáceas y feldespáticas, conteniendo fósiles llamados Rhynchonel la del jurásico medio. En este miembro inferior de la secuencia se encuentran muchos depósitos de hierro con baja ley y que son alto en azufre. Dentro de esta formación observamos también en los miembros superiores actividad volcánica intensa con gran espesor y sedimentación de calizas fosilíferas, sedimentos tufáceos, brechas

volcánicas, tufos andesíticos y areniscas feldespáticas – arcósicas. Ver figura 3.

- iv. **Formación copara.** Encima de la anterior tenemos en discordancia rocas de la edad cretácica inferior, basada en restos fósiles de vegetales, consistente de interestratificadas y abigarradas arcillas, sedimentos calcáreos, areniscas carbonáceas y tufos, todo con una potencia aproximada de 700 m y sin interés económico. Ver figura 3.
- v. **Formación Pisco.** A continuación, por encima de una superficie de discordancia angular y de erosión tenemos a rocas sedimentarias de edad terciario de mares pelágicos consistentes en arcillas, bentoníticas, yesíferas, finas areniscas fosilíferas, cenizas volcánicas, con algunos de inclinación muy bajos con respecto a la horizontal. Tiene un posible interés por que contiene bentonita. Ver figura 3.
- vi. **Aluvión.** En el escapado de sedimentos marinos cuaternario estratificado no consolidado de arena, rodados heterogéneos, grava, varias especies de fósiles marinos idénticos a las especies vivientes de la playa actual y una costra dura de yeso, sales de magnesio, sodio y carbonato de calcio llamado “Caliche”. El aluvión es de un espesor variables, siendo muy potente cerca de las colinas y antiguas escarpas marinas.

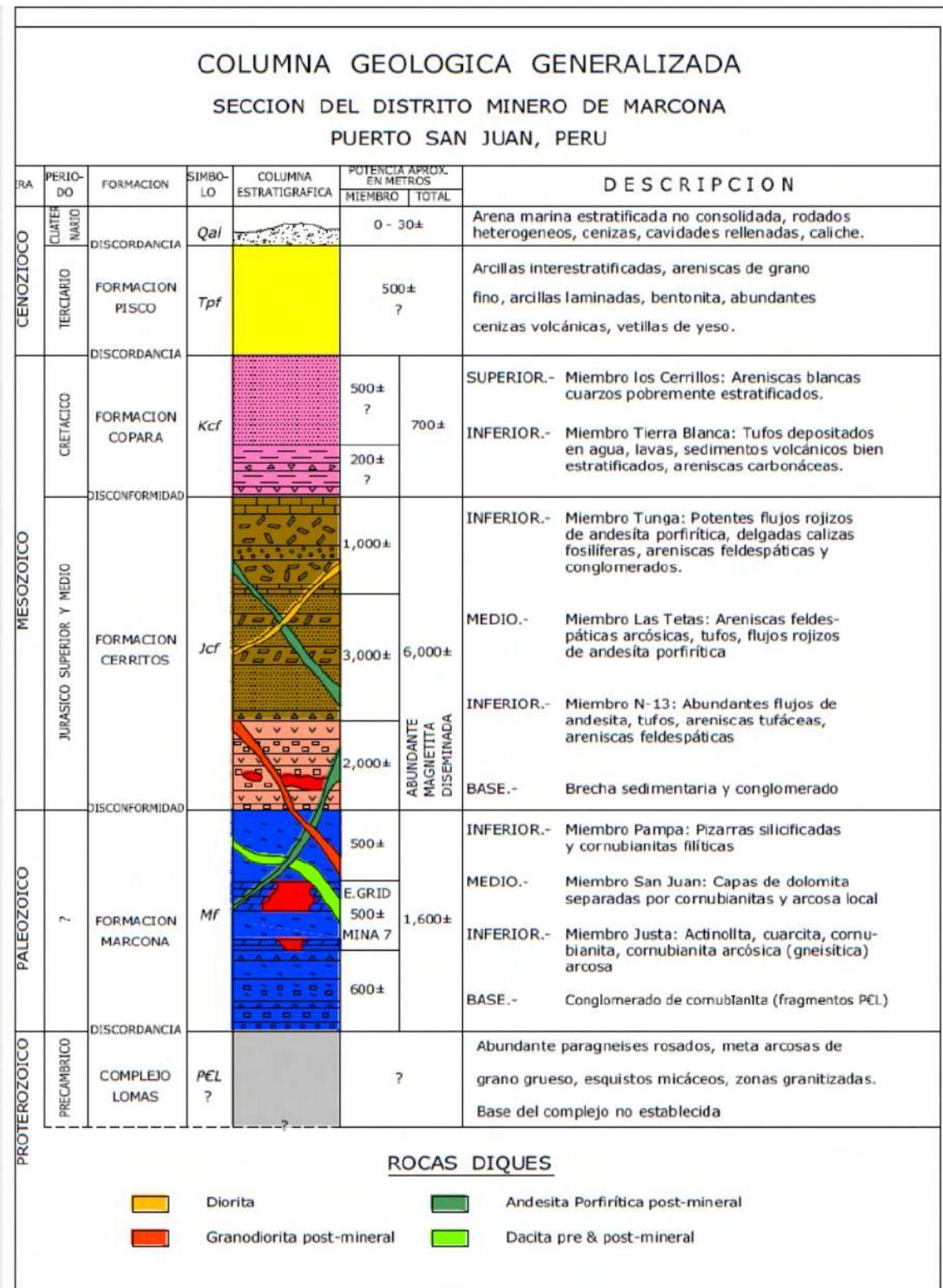


Figura 3 — Columna geológica

Extraído del Departamento Geología - Marcobre S.A.C



**b) Geología económica**

El proyecto minero Mina Justa posee un total de 117 cuerpos de mineral que están esparcidas en un área aproximada de 10 Km. por 15 Km. formando depósitos mayormente aislados y con longitudes y anchos variables. Estos cuerpos de mineral se encuentran depositados en formaciones sedimentarias del Paleozoico y Jurásico siendo concordantes con los estratos que los encierran, por haber sido formados en un proceso metasomático de las facies favorables, teniendo forma tabular debido al tipo de estructura en que se encuentran. Los cuerpos mineralizados presentan zoneamiento vertical. Durante levantamientos regionales tectónicos, el mineral originalmente compuesto de sulfuros de cobre y en otra magnetita con diseminaciones de sulfuros ha estado sometido a abundante oxidación y lixiviación por el clima y aguas subterráneas.

El material lixiviado tiene de 70 a 80 % de hematita proveniente de la magnetita primaria; la concentración de pirita ha influido en el grado de lixiviación efectuado, así donde existió pirita abundante, la oxidación fue intensa formando hematita ferrosa y magnetita residual; en las áreas con mediana proporción de pirita, la oxidación ha sido menor y se presenta hematita dura de color negro, por último donde la pirita fue escasa, la oxidación ha sido casi nula, esta zona lixiviada tiene profundidades variables de 25 m a 40 m hasta el contacto con la zona de transición o de sulfatos que es de 20 m ó 30 m de espesor y debajo de esta zona está el mineral primario, el paso de una zona a otra es graduacional. En caso del depósito de cobre la malaquita se formó En zonas de oxidación de sulfuros de cobre enclavados en calizas, junto con azurita, cuprita (óxido de cobre) oligisto y limonita.

Estos agentes del intemperismo han formado en cada cuerpo de mineral tres zonas verticales por cambios de las características físicas y químicas de la magnetita y del cobre:

- i. Zona de mineral oxidado,** Es la zona más próxima a la superficie y debido a los procesos anteriormente descritos, la magnetita originalmente existente se ha transformado en hematitas y martitas secundarias. Se encuentran acompañando a estos minerales de hierro, yeso, brocantitas, atacanitas crisocolas y menores sulfatos de hierro. Una de sus principales características de esta zona es el contenido de azufre menor a 1% y más de 50% de Fe. Y llegando valores de hasta 62% de Fe. Su potencia promedio es de 30 m, al igual que en el depósito de cobre se encuentra caracterizado por la presencia de abundante malaquita.
- ii. Zona de mineral transicional,** Es la que se encuentra a continuación de la zona oxidada, enriquecida por los distintos materiales lixiviados de esta zona. Esta zona está formada por Hematitas-Martitas de grano fino y denso, jarosita, botriogén y en menores cantidades amarantitas, piritas, yesos, anhidrita, brocantita, crisocola y atacamita. Una de las principales características de esta zona son sus valores de azufre superiores a 1%. Y una baja recuperación magnética (menor al 65%), y contenido FeO menor al 15%. La potencia de mineral de esta zona es en promedio de 35 m.
- iii. Zona de mineral primario ó sulfuroso,** Esta es la zona más importante debido a que se encuentra

aproximadamente el 80% de las reservas minables de Hierro y Cobre. Y la mineralización se presenta sin haber sufrido ninguna alteración y se puede considerar como simple, formada por magnetitas criptocristalinas y masivas, con abundante pirita en forma diseminada, además de presencia de chalcopirita, pirrotita y siendo la ganga principalmente la actinolita con epidota, calcita, brocantita, clorita y sericita. Debido a la presencia de sulfuros principalmente como la pirita y la pirrotita, el mineral de esta zona se sub-clasifica en mineral de molienda gruesa (CG), molienda fina normal (FG-N) y molienda fina refractario (FG-R), esto para la liberación de azufre en su tratamiento. Su principal característica de esta zona es su alta recuperación magnética mayor al 65%. Así como su contenido de FeO mayor al 15%, pudiendo emplearse en todos los tipos de productos finales.

**c) Minerales metálicos**

- i. Cobre.** El cobre se encuentra presente como en minerales como malaquita, bornita y calcopirita, que son el mineral principal del tajo I.
  
- ii. Hierro.** El hierro se encuentra en minerales como hematitas, magnetitas las cuales componen como mena principal del tajo II o Tajo Magnetita.
  
- iii. Plomo y Zinc.** Su presencia se conoció desde los indicios de la exploración por la empresa Marcobre S.A.C, presentándose principalmente como esfalerita y blenda.

iv. **Cobalto y Níquel.** La presencia de Cobalto y Níquel de este yacimiento de hierro en el tajo II, se está determinando la ejecución de un estudio de factibilidad, de los contenidos metálicos que se encuentran en el depósito de magnetita, la cual se encuentra junto con las hematitas actinolitas, sulfuros de pirita y calcopirita.

**d) Geología regional**

Según el estudio de impacto ambiental realizado por (Marcobre S.A.C., 2009), el proyecto minero Mina Justa de Marcobre S.A.C. y tiene cotas que van de 700 a 800 s.n.m, de igual forma la región tiene una elevación de 800 m sobre el nivel del mar y es una extensa meseta esculpida formando una plataforma de erosión marina que está en el terreno de la cadena costanera muy erosionada, hacia el lado Oeste se encuentra como 27 terrazas litorales, producidas por movimientos costaneros en el Terciario Superior y durante el Cuaternario de solevamientos intermitentes del continente y por posible fallamiento que son las que limitan la zona por el lado del mar; por haber sido región de sedimentación no ofrece mayores irregularidades topográficas, sino que es una penillanura ondulada con colinas de pocos metros de altura y cubierta casi en su totalidad por un encapado aluvial no consolidado de rodados, grava, arenas, restos fósiles recientes, fragmentos pulidos de minerales de fierro como consecuencia de las inundaciones marinas, por lo levantamientos intermitentes y también por la acción eólica, todo lo cual determina que no sea fácil tener los elementos geológicos para hacer el estudio de la región.

La zona pertenece a la llamada Cordillera de la Costa formada por el gran batolito de granodiarita de edad



Cretácico Superior que intruyó principalmente a metamórficos precámbricos, meta-sedimentos marinos paleozoicos del período carbonífero inferior, meta-sedimentos terrestres y meta-volcánicos mesozoicos de edad Jurásica, todas las cuales están muy metamorfoseados.

Tufos con sedimentos del Cretácico Inferior y Superior, sedimentos terciarios muy pocos inclinados y no muy consolidados. Existen también numerosas rocas intrusivas ya sea como diques, capas o derrames tabulares que cruzan y cortan todas las formaciones, siendo la mayoría de esas rocas post-mineral, aunque también pre-mineral; factor que conjuntamente con el fallamiento producen estructuras a veces complejas, acentuándose esta complejidad por los movimientos orogénicos andinos del Cretácico Superior y Terciario Inferior.

**e) Geología local**

La zona pertenece a la llamada cordillera de la costa formada por el gran batolito de granodiorita de edad Cretácico Superior que intruyó principalmente a metamórficos precámbricos, meta-sedimentarios marinos paleozoicos del periodo carbonífero inferior y meta-volcánicos mesozoico de edad Jurásica, todas las cuales están muy metamorfizados. Además, encontramos tufos con sedimentos del cretácico inferior y superior, sedimento terciario muy poco inclinado y no muy consolidados.

Existen también numerosas rocas intrusivas ya sea como diques, capas o derrames tabulares que cruzan y cortan todas las formaciones, siendo las mayorías de estas rocas post-mineral, factor que conjuntamente con el fallamiento

existente en el área producen estructuras a veces complejas, acentuándose esta complejidad por los movimientos orogénicos andinos del cretácico superior y terciario inferior. Ver Anexo 3.

**f) Petrología**

Como indica (Huaricalla Huaqui, 2018), la roca caja se encuentra compuesta principalmente por Hornfels Filítico Cuarzoso, Colomítica, Filitas negras y Hornfels Silisificado. Además de tener presencia de andesitas, dioritas, granodioritas dacitas y diques básicos en forma de cuerpos intrusivos que a continuación describiremos.

- i. Andesitas,** En forma de Sills y Stok de rumbos bien definidos N-S, N-W Y S-E. Son posteriores a la mineralización, petrográficamente son andesitas porfíricas con grandes ferrocristales de plagioclasa de color negruzco grisáceo y ligeramente rosáceo.
- ii. Dioritas,** Estas rocas se presentan también en forma de diques de rumbo NW, es una roca de grano fino compuesto por plagioclasas y cuarzo, es post-mineral.
- iii. Granodiorita,** Roca también post-mineral y las más recientes en formas de diques delgados de rumbo NS y NW y SE, textura equigranular fina, conformada por plagioclasas, ortosa y cuarzo además de algunos minerales secundarios como clorita, epidotas y actinolitas.
- iv. Dacitas,** Esta es la roca más abundante en la formación Marcona. Presentándose en forma de diques y capas intrusivas de contacto muy

irregulares, roca porfírica de color rosado verdusco formado por andesina, clinopiroxenos, minerales opacos y algunas veces hornblendas. Su presencia es pre y post-mineral.

- v. **Diques básicos**, Se encuentran en las tres formaciones que tienen depósitos de mineral, lomas Marcona y cerritos, la pre mineralización es de forma irregular y composición basáltico doleríticos, la post-mineralización es andesíticos-dioríticos y de forma regular.

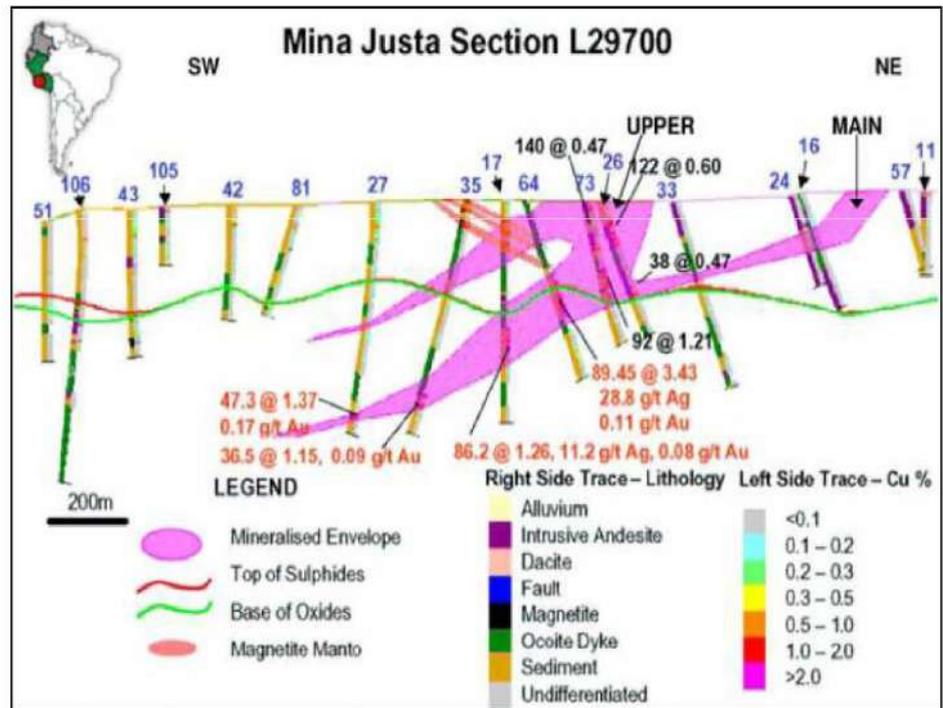
### 3.2.1.3.5 Mineralización

El mineral de mena fundamental o principal de estos yacimientos es la Magnetita criptocristalinas y masivas, con contenido de hierro entre 40 y 60%. Con abundante pirita diseminada. Este es el mineral de explotación llamado mena.

Se encuentra también presente mineral de cobre, como la chalcopirita, covelita, malaquita entre otros. Dando como promedio valores que varían de 0,07 a 0,4 % de cobre. Según la mina o cuerpo que se analice.

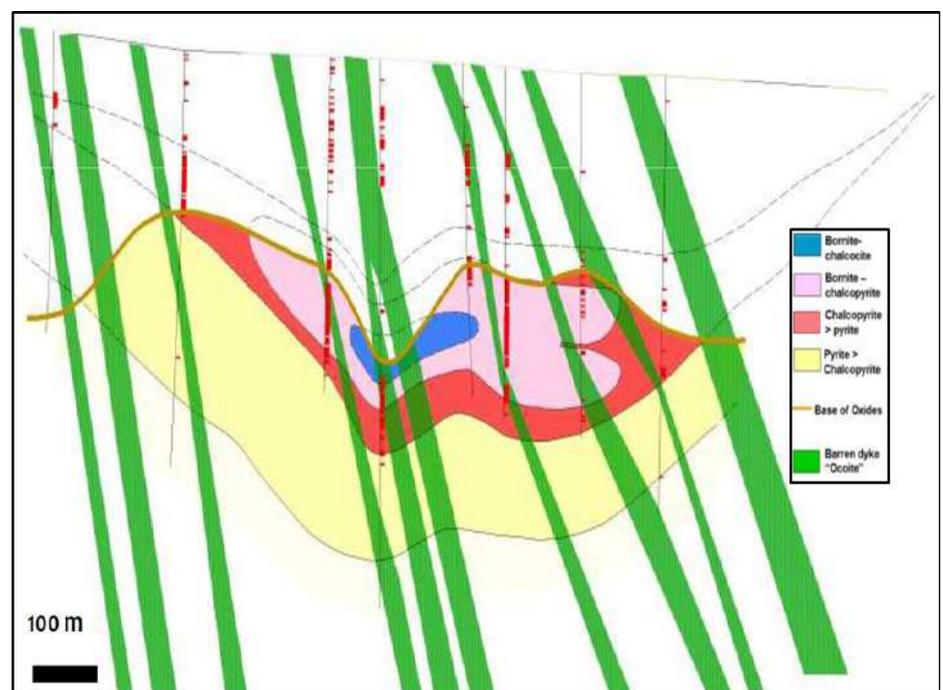
Igualmente existe pirrotita, esta da origen a una clasificación de los minerales en función a su porcentaje que está presente. También se encuentra como mineral de ganga cobalto asociado a la pirita, así como actinolita, epidota, calcita, biotita, brocantita, clorita y sericita. Ver figura 4 y 5.





**Figura 4 — Litología y mineralización predominante en el yacimiento de la mina Justa**

Extraído de (LAZO SEGURA, 2019)



**Figura 5 — Litología y mineralización predominante en la zona de sulfuros del yacimiento de la mina Justa**

Extraído de (LAZO SEGURA, 2019)

### 3.2.1.3.6 Geología estructural

Como indica (Huaricalla Huaqui, 2018), el conjunto estratigráfico del proyecto minero Mina Justa se encuentra determinado por una estructura homoclinal, de rumbo suroeste y noreste con buzamiento que oscila entre  $35^\circ$  y  $65^\circ$  al noreste; a una escala regional, los sedimentos tienen un rumbo hacia el noroeste e inclinaciones al noreste formando a un anticlinal actualmente erosionado.

Es probable que ésta uniforme secuencia sea los restos o flanco de ese plegamiento más complicado. En este panorama geológico es que yacen los cuerpos de mineral, pero esta simple estructura se ve en la realidad bastante compleja por los fallamientos e intrusiones, participando también los movimientos periódicos tectónicos.

#### Fallamiento y estructura

Se ha determinado tres sistemas principales de fallamientos que se han producidos en periodos diferentes, estos son:

- i. **Fallas pista**, Se produjeron antes y continuamente después de la mineralización, son de tipos normales gravitacionales, su rumbo es  $N60^\circ E$  y su buzamiento  $60^\circ$  NE. Estas fallas han dado lugar a plegamientos menores y fuertes fracturamientos en la formación Marcona.
- ii. **Falla repetición**, Son fallas tensionales-compresionales inversas de rumbos paralelos a la estratificación ( $N45^\circ E$ ) y posterior a la mineralización, estas se aprecian al sur donde se pone en contacto a la formación Marcona y Cerritos. Su nombre se debe a que ha originado la repetición u omisión de estratos.
- iii. **Falla La Huaca**, También son pos-mineral y las más recientes son paralela a la cordillera de los Andes

(N25°E), han dado origen a la repetición, omisión de estratos y a los cambios bruscos en los ángulos de rumbo y buzamiento.

- iv. **Diaclasamiento**, Debido a las fuerzas regionales y locales se tiene una gran cantidad de diaclasamiento con un predominante sistema Norte – Sur y buzamiento N (70 - 80°) E, así como otros sistemas horizontales, verticales y en ángulos variables.

### 3.2.2 Características del Proyecto de Mina Justa

Conforme a Lazo (2019), como características generales, se puede indicar los siguientes aspectos:

- Mina Justa es un proyecto de Cobre cuyo proceso será a tajo abierto.
- El método de perforación utiliza un mecanismo rotatorio con triconos, buscando la producción de bancos mediante la continua perforación mecanizada.
- Cuenta con una huella reducida y confinada, generando menos impacto.
- Contará con una planta de sulfuros y otra de óxidos, diseñadas con tecnología de última generación.
- Empleará agua de mar en sus instalaciones.
- Se desarrollará bajo los más altos estándares nacionales e internacionales.
- Contará con una subestación eléctrica y planta de agua.
- Aplicará estadísticas sísmicas del lugar y estándares internacionales en sus depósitos, relaves y botaderos.

Como características de su valor económico, se estima:

- Una vida de mina de 19 años, con tres años de construcción, trece años de operación y tres años de cierre de mina.
- El total de la inversión de capital se calcula en un poco más de US\$ Mil millones aproximadamente.
- El inicio de producción está previsto para el año 2020.

- Reporta recursos de 214 Mt de óxidos con 0.46 % CuT y 102 Mt de sulfuros con 0.96 % CuT.
- La producción promedio anual se estima en 160,000 toneladas de concentrado de cobre y 55,000 toneladas de cátodos de cobre, lo cual aportará en la producción de cobre en el Perú.
- Capacidad de Planta de Óxidos: 33,000 t/d (12 Mt/año).
- Capacidad de Planta de Sulfuros: 17,000 t/d (6 Mt/año).

### 3.2.3 Características del Proyecto del Bulk Earthworks

#### 3.2.3.1 Tiempo de ejecución del proyecto

La empresa Mota Engil Perú S.A. gana la licitación del proyecto de construcción en el 2018. El proyecto consiste en realizar plataformas, pozas, accesos, etc. El tiempo de ejecución del proyecto Bulk Earthworks tiene un plazo de entrega de 8 meses.

#### 3.2.3.2 Tipo de roca

(INSIDEO, 2013) Se estimó la litología por zonas, obteniéndose que en la Zona 1 los tipos de roca más abundantes son la andesita y la ocoita (porcentajes similares). Del mismo modo en la Zona 2 los más abundantes son la roca sedimentaria, que en su mayoría son arcosas y ocoita (porcentajes similares), mientras que en la Zona 3 la ocoita es la que se presenta en mayor proporción, seguida de la roca sedimentaria.

#### 3.2.3.3 División de actividades

- Construcción de la plataforma para la planta de óxidos**, Consiste en realizar plataformas en la cuales se construirán 5 pozas de lixiviación, asimismo plataformas alrededor de las pozas con sus accesos necesarios para la construcción y posterior operación de la planta de óxidos. Ver Anexo 4 - Plano de Planta de Óxidos – Arreglo General. En la planta de óxidos es necesario mover 1.236.478,89 m<sup>3</sup> de roca.

- ii. **Construcción de la plataforma para la planta de sulfuros,** De la misma forma se realizará accesos y plataformas para la instalación de todos los componentes necesarios para la planta, para esto es necesario mover alrededor de 606.321,90 m<sup>3</sup> de roca. Ver Anexo 4 - Planta de Sulfuros – Arreglo General.
- iii. **Construcción de las plataformas y accesos para la zona de ripios,** Los ripios son los residuos sólidos resultantes de la lixiviación de minerales, las mismas que serán transportados por camiones mineros para luego ubicarlo en la zona de ripios. Para ello es necesario mover 80.579,36 m<sup>3</sup> de roca.
- iv. **Construcción de las plataformas y accesos para las fajas transportadas,** La plataforma y excavaciones para la chancadora primaria de sulfuros y óxidos, y accesos por donde se construirá las fajas transportadoras tanto para la planta de óxidos y sulfuros serán desarrollados mediante la perforación y voladura, aproximadamente la vía para la faja de óxidos es de 2 kilómetros y para la faja de sulfuros es de 2.5 kilómetros, donde es necesario mover 506.578,00 m<sup>3</sup> de roca. Ver Anexo 4 - Plano de Chancadora primaria de sulfuros y óxidos, faja transportadora de óxidos y sulfuros.
- v. **Construcción del nuevo acceso principal,** Este acceso será de doble vía, tendrá una distancia de 9+600 kilómetros, la cual será desarrollado de cero. El acceso principal inicia en el desvío de la carretera asfaltada que ingresa al distrito de Marcona hasta el campamento de la minera. Lo cual implica que será necesario mover al redor de 201.236,54 m<sup>3</sup> de roca. Ver Anexo 4 - Plano de Acceso Principal Prog. 0+000 al 9+600.



**Tabla 5 — Total, de roca proyectada para perforación y voladura**

Áreas a intervenir con perforación y voladura		Previsto
Sulfuro - Planta Concentradora	m <sup>3</sup>	606.321,90
Óxidos - Acceso a Ácidos	m <sup>3</sup>	1.236.478,89
Área de rípios de óxidos	m <sup>3</sup>	80.579,36
Trituradora primaria - Faja transportadora CV-303	m <sup>3</sup>	506.578,00
Acceso principal a la carretera	m <sup>3</sup>	201.263,54
Planta desalinizadora	m <sup>3</sup>	50.123,67
	<b>Total =</b>	<b>2.681.345 m<sup>3</sup></b>

Extraído de Oficina Técnica de MOTA ENGIL PERÚ S.A

### 3.2.4 Perforación de rocas

De acuerdo a (Herrera Herbert, y otros, 2013), la Perforación es la primera operación unitaria dentro del ciclo de minado. La calidad del taladro perforado, afecta directamente los resultados de la Voladura. Estas dos operaciones mineras unitarias materializan su resultado en la fragmentación del macizo rocoso, conocida como Operación Binomial, siendo ésta la variable principal que determina la productividad de las operaciones unitarias posteriores; esto es carguío, acarreo, chancado y molienda. Por ende, como proceso, la perforación consiste en lograr la penetración en el macizo rocoso formando aberturas cilíndricas denominados “taladros” o “Blastholes”, en idioma inglés. Además, estos taladros pueden ser inclinados o verticales, siendo los últimos recomendados para la voladura en minería a tajo abierto.

### 3.2.5 Equipos Rock Driles

#### 3.2.5.1 Perforadora DX 700

Como indica la ficha técnica de (SANDVIK, 2007), es un equipo de perforación de superficie con orugas, autopropulsado, con una cabina (F.O.P.S. y R.O.P.S.) y sistema de manejo de varillas. Perfora orificios verticales, inclinados u horizontales con un diámetro de 64 a 115 mm (2 ½" - 4 ½") utilizando barras de extensión de 38, 45 o 51 mm (1 ½", 1 ¾" o 2").

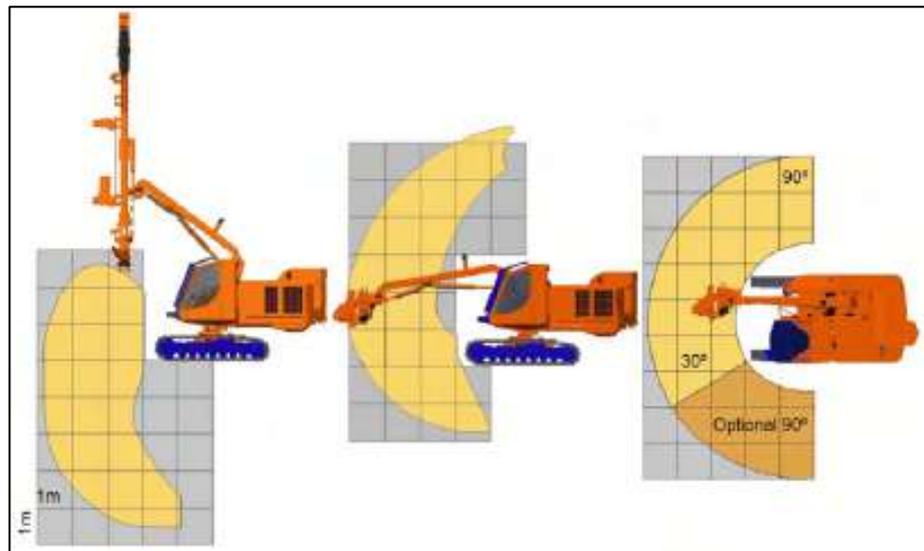
DX700 está equipado con HL 710, martillo hidráulico de martillo superior. Con un alto par de rotación, un lavado suficiente y un sofisticado sistema de control ergonómico de perforación, el equipo es

adecuado también en condiciones de roca muy fracturada. El taladro de roca y la pluma articulada se montan en la estructura superior giratoria dando una cobertura de perforación de 17,6 m<sup>2</sup> (opcionalmente 26,4 m<sup>2</sup>). El paquete de potencia del DX700 consta de un motor diesel Caterpillar y una caja de cambios, que divide la potencia para Bombas hidráulicas y compresor de aire de lavado. La unidad de potencia se monta en forma transversal en el extremo posterior de la superestructura para mantener el contrapeso en el lado opuesto de la pluma y la alimentación, independientemente de la dirección de perforación. Ver Figura 6 y Figura 7.

DX700 tiene una cabina ergonómica para aumentar la seguridad y visibilidad del operador. La cabina está certificada para R.O.P.S. (Estructura de protección contra vuelcos ISO-3471) y F.O.P.S. (Estructura de protección contra caída de objetos ISO-3449). Las ventanas están laminadas para mayor seguridad. El nivel de ruido en la cabina es inferior a 80 dB (A). Para mantener el polvo al mínimo, la cabina está equipada con filtros eficientes para la entrada de aire fresco. El asiento ajustable, la buena visibilidad, la iluminación adecuada y una temperatura de trabajo óptima se encuentran entre las muchas características que garantizan un buen ambiente de operación. Las funciones de perforación están controladas proporcionalmente por un joystick hidráulico.

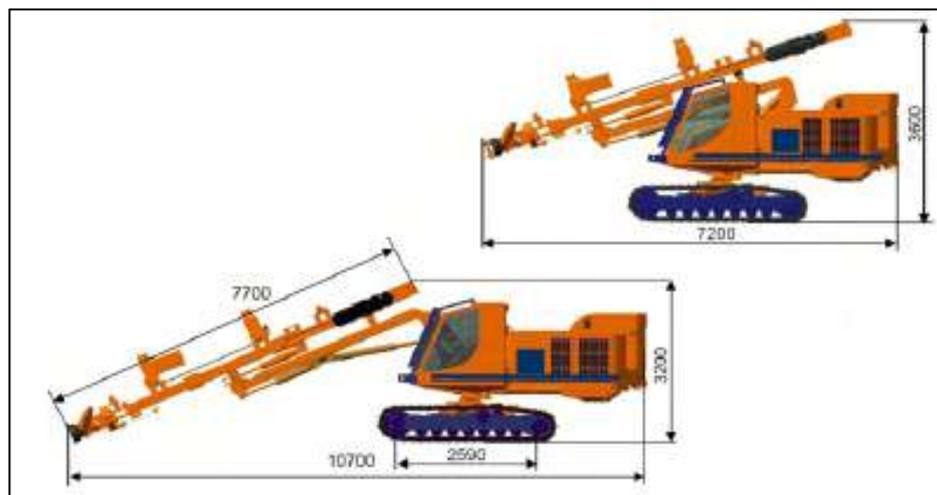
Varias funciones de rutina, por ejemplo. Los antijamming se ejecutan automáticamente. Hay menos palancas para que sea fácil de usar. El control de conducción, el gato trasero y el cabrestante se pueden hacer fuera de la cabina desde la caja de control remoto opcional. Las aplicaciones típicas para DX700 son el corte de carreteras, la perforación de tuberías y la perforación de cimientos, así como la perforación de producción en canteras de tamaño mediano. Por lo tanto, los contratistas de la construcción, minas y canteras utilizan con mayor frecuencia el DX700, y también se incluyen en la flota de equipos de las casas de alquiler.





**Figura 6 — Dimensiones de perforación**

Extraído de Catalogo de SANDVIK 2007



**Figura 7 — Dimensiones de transporte**

Extraído de Catalogo de SANDVIK 2007

#### 3.2.5.1.1 Componentes estándar

- Taladro de roca HL 710, hidráulico.
- Cadena de alimentación CF 145H
- Mango de varilla RH 714 incl. 1 juego de mandíbulas
- Boom DB 800H, articulado.
- Carrier Track montado, superestructura giratoria

- Powerpack Diesel, bombas hidráulicas y compresor a bordo.
- Sistema hidráulico Sensor de carga y centro abierto.
- Sistema de control THC 700 Rock Pilot
- Soporte de acero para taladro móvil.
- Cabina del operador F.O.P.S. y R.O.P.S.
- Sistema de recogida de polvo DC 800 H, hidráulico.
- Luces de trabajo 9 piezas
- Conjunto de manómetros para la comprobación de la presión del acumulador
- Alarma de marcha atrás
- Dispositivos de seguridad de la UE.

### 3.2.5.1.2 Dimensiones de transporte

- Peso (sin opciones) 14 800 kg.
- Ancho 2,5 m
- Altura 3,6 m / 3,2 m
- Longitud total 7.2 m / 10.7 m

**Tabla 6 — Las brocas para los aceros de perforación**

	Tipo de barra para taladro	Diámetro de barra para taladro	Diámetro remendado del orificio
1	Barras de extensión	38 mm 1 ½"	64 - 70 mm 2 ½" - 2 ¾"
2	Barras MF	38 mm 1 ½"	64 - 70 mm 2 ½" - 2 ¾"
3	Barras de extensión	38 mm 1 ½"	76 - 89 mm 3" - 3 ½"
4	Barras MF	45 mm 1 ¾"	76 - 89 mm 3" - 3 ½"
5	Barras MF	51 mm 2"	76 - 89 mm 3" - 3 ½"
6	Barras de extensión	51 mm 2"	89 - 115 mm 3" - 3 ½"

Extraído de Catálogo de SANDVIK, 2007



### 3.2.5.1.3 Selección de opciones

- Superestructura giratoria 180°
- Aire acondicionado
- Sistema de engrase de varilla.
- Indicador de ángulo vertical eléctrico P&Q ( $\pm 6$  grados)
- Indicador de ángulo eléctrico TIM 2302 con unidad de puntería.
- Sistema de medición TIM 2303 con unidad de puntería.
- Sistema de medición basado en láser TIM 2305
- Extractor de energía
- Bomba de llenado eléctrica para repostar.
- Caja de control remoto; Para soporte trasero redondo, conducción y oscilación.
- Caja de control remoto + cabrestante hidráulico con cable automático (reemplaza e incluye la opción anterior)
- Soporte de suelo trasero hidráulico.
- Placas de garra de tres barras
- Guías para garras.
- Calentador de combustible para cabina, hidr. aceite y motor
- Control automático de lavado.
- Cierre de aspiración para pozos de agua.
- Sanrock Mini H, broca hidráulica.

- Preparación para extractor de energía.
- Gancho de remolque
- Separador primario de PE 50
- Kit de perforación horizontal (incluye enrollador de manguera)
- Carrete de manguera (no con varillas de 14')
- Radio con reproductor de CD.
- Sistema de lubricación central.
- Kit para aceros alternativos.
- Sistema de inyección de agua con tanque.
- Sistema de inyección de agua sin tanque.
- Sistema Zero Dust
- Aceite hidráulico biogradeable, Shell Naturelle HFE 46 o HFE 68 (éster sintético)
- Manuales adicionales.
- Primer kit de servicio para DX700<sup>2</sup>.
- Herramientas especiales para HL 710, kit de campo ID 150 734 88
- Herramientas especiales para HL 710, ID completa 150 730 78
- Anticongelante para líneas aéreas.

### 3.2.5.2 Perforadora Furukawa 1200

Como indica (Furukawa Rock Drill Latin América S.A. , 2018), es un modelo más versátil de perforación top hammer, con capacidad para utilizar barras T38, T45 y T51.

Gracias al brazo extensible incrementa la flexibilidad del rango de perforación. Combinación perfecta entre rendimiento y ahorro. Cuenta con IMS, sistema que monitorea el estado del equipo y ayuda tanto al operador como al mecánico en la solución de problemas, reduciendo el mantenimiento diario. Cabina hermética ROPS / FOPS con aire acondicionado y litros de aire que evitan la entrada de polvo.

**Tabla 7 — Datos generales de la perforadora**

<b>Datos Generales</b>		
Peso operativo	14,000	kg
Largo total	9,755	mm
Ancho operativo	3,125	mm
Ancho de transporte	2,400	mm
Alto total	3,605	mm

Extraído de Catálogo FDR FURUKAWA

**Tabla 8 — Especificaciones técnicas del compresor**

<b>Compresor</b>		
Modelo	Airman PDS265-S35D	
Tipo	Tornillo de una etapa	
Volumen de aire	130	l/seg
Presión de aire	10.3	bar

Extraído de Catálogo FDR FURUKAWA

**Tabla 9 — Drifter del equipo**

<b>Drifter</b>		
Modelo	HD712 II	
Peso	220	kg
Potencia	18	kW
Frecuencia de impacto	2,300	bpm
Número de rotaciones	0 - 190	rpm

Extraído de Catálogo FDR FURUKAWA



**Tabla 10 — Unidad de desplazamiento de la Furukawa 1200 FDR**

<b>Unidad de Desplazamiento</b>		
Largo de oruga	3,400	mm
Superficie de apoyo	2,780	mm
Ancho de zapata	330	mm
Distancia de suelo	460	mm
Angulo de oscilación	± 7.5 °	
Velocidad de desplazamiento	0 - 3.1	km/h

Extraído de Catálogo FDR FURUKAWA

**Tabla 11 — Especificaciones técnicas del motor de la perforadora**

<b>Motor</b>		
Marca/Modelo	Cummins/QSB6.7 Tier III	
Potencia de salida	179	kW
	2,500	rpm
Capacidad de combustible	420	lts
Capacidad hidráulica	215	lts

Extraído de Catálogo FDR FURUKAWA

**Tabla 12 — Especificaciones del brazo de la perforadora**

<b>Brazo</b>		
Angulo de elevación (arriba-abajo)	45° - 20°	
Angulo de giro (der. - izq.)	35° - 5°	
Extensión de brazo	1,200	mm

Extraído de Catálogo FDR FURUKAWA

**Tabla 13 — Especificaciones de la viga de avance**

<b>Viga de Avance</b>		
Modelo	GH832 - 30	
Largo	7,800	mm
Extensión	1,200	mm
Angulo giro (der. - izq.)	30° - 90°	
Angulo basculación	170°	
Fuerza de empuje	30	kN

Extraído de Catálogo FDR FURUKAWA



**Tabla 14 — Especificaciones del captador de polvo**

Captador de polvo		
Capacidad de succión	30	m3/min
Filtro de aire	5	Pcs

Extraído de Catálogo FDR FURUKAWA

**Tabla 15 — Especificaciones del intercambiador de polvo y brocas**

Intercambiador de Barras/Broca		
Largo de tubo	3,660	mm
Numero de barras	6 + 1	
Tamaño de barra	38R - 38H - 45R - 51R	
Longitud barra inicial máximo	4,270	mm
Diámetro de broca	64 -115	mm

Extraído de Catálogo FDR FURUKAWA



**Figura 8 — Perforadora Rock Drill FRD Furukawa 1200-ED**

### 3.2.6 Productividad

Según (Orozco Cornejo, 2018), la productividad tiene como objetivo brindar el soporte a la operación, monitoreando el desempeño de las operaciones mineras unitarias, empleando herramientas y técnicas de análisis de procesos para mejorar la productividad.

Para monitorear el desempeño de sus procesos en la operación: perforación, carguío, transporte y mantenimiento de vías, se requiere tomar datos en campo. Los datos de campo son obtenidos de la siguiente manera:

- i. **Partes diarios de las perforadoras.** Para el proceso de perforación, se ha implementado un sistema de control que tiene como “input” los partes diarios por equipo.
- ii. **Estudios de tiempos específicos de procesos críticos.** Para los estudios de tiempos específicos se requiere un controlador de equipos.

### 3.2.7 Control de Productividad de Perforación

El control de perforación, brinda información tomada de los reportes diarios de perforación los cuales son elaborados por los operadores, previa capacitación. Dicha información es procesada para calcular indicadores como: rendimientos de perforación, disponibilidad mecánica, costos y actividades del proceso; además, de información técnica en la perforación de taladros tales como velocidad de rotación, pulldown, tipo de roca y otras variables, con la finalidad de facilitar la toma de decisiones y la generación de acciones correctivas inmediatas.

#### 3.2.7.1 Indicadores de Productividad Operacional (Kpi's)

- i. **Disponibilidad Física (%):** Indicador que nos da el porcentaje de horas disponibles en la cual el operador de la perforadora puede realizar producción respecto a las horas programadas.

$$\%D = \frac{H \text{ brutas} + H \text{ paradas} - H \text{ mantenimiento}}{H \text{ programadas}}$$

- ii. **Uso de la disponibilidad o Utilización (%):** Indicador que nos da el porcentaje de horas utilizadas u horas brutas, motor encendido de operación, respecto a las horas disponibles de la perforadora.

$$\%U = \frac{H \text{ brutas}}{H \text{ brutas} + H \text{ espera} - H \text{ mantenimiento}}$$



- iii. **Eficacia (%):** Indicador que nos da el porcentaje de horas netas para producción respecto a las horas utilizadas u horas brutas, motor encendido de la perforadora.

$$\%Eca = \frac{H \text{ netas}}{H \text{ brutas}}$$

- iv. **Eficiencia (%):** Producto de la Disponibilidad Física, Utilización y Eficacia. Indicador que nos da el porcentaje de horas operativas de producción u horas netas de Perforación, respecto a las horas programadas.

$$\%Eff = \frac{H \text{ netas}}{H \text{ programadas}} = \%DFx\%Ux\%Ec$$

- v. **Rango de penetración (m/h):** Longitud perforada por unidad de tiempo, resultado de la combinación de las variables operativas de perforación (Presión, Rotación, Barrido) y el tipo de roca perforada (Cuarcita, magnetita, andesita, hematita, etc.)
- vi. **Factor de perforabilidad (t/m):** Factor que relaciona las toneladas a disparar, voladura; por metro lineal perforado; la cual depende de las variables geométricas del taladro como son: burden, espaciamento, altura del taladro, subdrilling; tipo de malla de perforación: triangular, rectangular, etc; y densidad de la roca. Por lo tanto, la Productividad de la perforación se calcula de la siguiente manera:

$$Productividad \left( \frac{t}{h} \right) = PRxEffxFP$$

Donde:

**P.R.** : Rango de penetración (m/h netas)

**Eff.** : Eficiencia (% , h netas/h programadas)

**F.P.** : Factor de Perforabilidad (t/m)

### 3.2.7.2 Indicadores de Productividad de Mantenimiento

- i. **Disponibilidad Mecánica (%):** Indicador que nos da la relación entre las horas de intervenciones de mantenimiento, respecto a las

horas utilizadas u horas brutas, motor encendido de la perforadora para operación.

$$Dm = \frac{H \text{ brutas} - H \text{ mantenimiento}}{H \text{ brutas}} \times 100$$

- ii. **Tiempo Media Entre Fallas (MTBF):** El tiempo promedio entre fallas indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de una falla; es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del evento “falla”. Mientras mayor sea el valor del MTBF, mayor es la confiabilidad de sistema, componente o equipo.

$$MTBF = \frac{H \text{ brutas}}{N^\circ \text{ Fallas}}$$

- iii. **Tiempo Media Para Reparar (MTTR):** El tiempo promedio para reparar es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación, una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio, por una falla, dentro de un periodo de tiempo dado. El tiempo promedio para reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir a la eficacia de ejecución del mantenimiento.

i. 
$$MTTR = \frac{H \text{ mantenimiento}}{N^\circ \text{ Fallas}}$$

- iv. **Confiabilidad:** Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica, no falle, bajo condiciones de operación determinadas en un periodo de tiempo específico. La confiabilidad se relaciona básicamente con la tasa de fallas o cantidad de fallas y con el tiempo medio de operación (MTBF). Mientras el número de fallas de un equipo vaya en aumento, o mientras el MTBF de un equipo disminuya, la confiabilidad del mismo será menor.

$$\beta = e^{-\left(\frac{t}{MTBF}\right)}$$

Donde:

**t** : Intervalo de tiempo previsto de operación (Horas)

**e** : Número de Euler, base del logaritmo neperiano (e=2.7182..)

### 3.2.7.3 Distribución de Horas de Perforadora

Se sabe que un equipo en general, su eficiencia de operación no es del 100%, y esto debido a muchos factores que contribuyen o no, a la productividad máxima de un equipo. Para el control de las horas de operación de los equipos de perforación roto-percutiva, en general de las actividades, se clasifica según el criterio:

- i. **Actividades Productivas:** Perforación de taladros.
- ii. **Actividades Contributorias:** Reparto de guardia, almuerzo o descanso nocturno, cambio de broca y traslado a otro proyecto de perforación, etc.
- iii. **Actividades No Contributorias:** Falla mecánica, falta de movilidad para traslado de operadores, falta de energía media tensión, traslado por voladura y falta de agua para perforación, etc.

Las horas cronológicas o calendario para un equipo, son las horas totales que, para un análisis detallado de su productividad, se dividen de la siguiente manera. Ver figura 9.

- i. **Horas Programadas:** Horas acumuladas de operación del equipo.
- ii. **Horas No Programadas:** Horas acumuladas sin operación o paradas programadas sin permiso para operar, días libres, huelgas, etc.
- iii. **Horas Mantenimiento:** Horas acumuladas de intervenciones mecánicas y/o eléctricas, mantenimientos correctivos o preventivos, esperas por la intervención, etc.



- iv. **Horas de Parada o de motor apagado:** Horas acumuladas de parada con motor apagado, por falta de recursos, cortes de energía, almuerzo, paradas de seguridad, descanso nocturno, etc.
- v. **Horas Brutas con motor encendido:** Horas acumuladas de motor encendido en operación, por traslados entre proyectos, traslados por voladura, perforación, cambio de barrenos, etc.
- vi. **Horas Netas:** Horas que se generan en la producción, como: perforación de taladros.
- vii. **Horas con motor encendido improductivas:** Horas horómetro que no incluyen las actividades de producción, como traslados, cambio de barrenos, demoras, etc.



**Figura 9 — Distribución de horas cronológicas de una Perforadora hidráulica**

Extraído de Área de mantenimiento Mota Engil Perú

### 3.3 Marco conceptual

- a) **Perforación.** De acuerdo al manual de (Exsa, 2015), 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.

- b) **Equipo rock drill.** Son equipos de perforación montados sobre orugas, que se usan con mayor incidencia en minería superficial y en ocasiones para trabajos puntuales en minería subterránea, son equipos autopropulsados e hidráulicos con una cabina ergonómica con alta visibilidad, con un sistema intercambiador de barras, y cuenta con un brazo articulado donde se ubica la columna de aceros de perforación la cual sirve para realizar agujeros verticales e inclinados en la roca.
- c) **Perforación roto-percutiva (Energía mecánica).** Perforación mediante uso de impactos, rotación y soplos mediante la energía neumática o hidráulica que acciona un pistón dentro de un cilindro (Partes esenciales de la perforadora a percusión). Es utilizada en minería superficial y subterránea por equipos manuales como Jackleg, Top Hammer o Jack Hammer; y equipos mecanizados como los Jumbo, Simbas y rock drill.
- d) **Percusión.** Impactos producidos por los golpes del pistón originan ondas de choque que se transmiten a la broca a través del varillaje.
- e) **Rotación.** Movimiento que se hace girar la broca para que los impactos se produzcan sobre la roca en distintas posiciones.
- f) **Top Hammer (Martillo en cabeza).** Es un sistema donde el impacto y la rotación se realizar fuera del taladro, es decir en el brazo articulado de la perforadora, a través de un martillo que trasmite la energía de impacto a un shank adapter, esta a su vez trasmite a la barra de extensión y finalmente la energía llega a broca.
- g) **Voladura.** Es un proceso físico-químico caracterizado por su gran velocidad de reacción y por la formación de gran cantidad de productos gaseosos a elevada temperatura, que adquieren una gran fuerza expansiva (que se traduce en presión sobre el área circundante). (Exsa, 2015)
- h) **Productividad.** La productividad es un indicador que refleja que tan bien se están usando los recursos de una economía en la producción de bienes y servicios; traducida en una relación entre recursos utilizados y productos obtenidos, denotando



además la eficiencia con la cual los recursos -humanos, capital, conocimientos, energía, etc.- son usados para producir bienes y servicios en el mercado. (Martínez, 2008)

- i) **Carguío.** El carguío es parte de la etapa de extracción en minería subterránea y minería a tajo abierto, y su propósito consiste en retirar el material tronado de la frente y depositarlo en maquinarias de transporte. (González Riquelme, 2017)
  
- j) **Transporte.** El transporte consiste en trasladar el material a su punto de destino de acuerdo a sus características, el estéril a los botaderos, el mineral de baja ley a los acopios, acopios de lixiviación, acopios de mineral de alta ley, entre otros. (González Riquelme, 2017)
  
- k) **Planeamiento de minado.** El planeamiento de minado es un programa mensual de producción, para ello se utilizan distintos planos visualizándose las actividades, que determinan la prioridad de los proyectos a ejecutar y controlar la producción del material volado, asimismo el programa de actividades en los frentes de perforación con el objetivo de lograr las metas programadas.



## CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

### 4.1 Nivel de Investigación

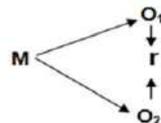
El nivel de investigación es de tipo correlacional por que expresa la relación mutua entre las dos variables que intervienen, su comportamiento con respecto de una con la otra.

### 4.2 Tipo de Investigación

Este proyecto de investigación es de tipo APLICADA, porque se está utilizando de los conocimientos en la práctica, para aplicarlos, en la mayoría de los casos, en la mejora continua de la productividad de las empresas y compañías mineras. En este caso de la empresa Mota Engil Perú S.A.

### 4.3 Diseño de Investigación

El presente proyecto de investigación se está empleando descriptiva – correlacional porque se está determinando el grado de asociación entre las variables.



Donde:

M = Muestra

O<sub>1</sub> = Observación de la V.1.

O<sub>2</sub> = Observación de la V.2.

r = Correlación entre dichas variables.

### 4.4 Población y Muestra

#### 4.4.1 Población

El presente proyecto se realiza en el proyecto de construcción de la Mina Justa. de MARCOBRE S.A., donde la empresa MOTA ENGIL PERU S.A. está realizando trabajos de movimiento de material y plataformeo para la construcción de la planta de óxidos y sulfuros, así como para la zona de ripios, chancadora

primaria y acceso principal, ubicado en el distrito de Marcona, a una cota de 800 msnm.

#### **4.4.2 Muestra**

Para la recolección de la información del presente trabajo de investigación se ha tomado como muestra los datos provenientes de reportes de producción proyecto Bluk Earthworks a cargo de la empresa MOTA ENGIL PERU S.A.

### **4.5 Procesamiento de datos**

#### **4.5.1 Situación actual**

En la actualidad el proyecto Bulk Earthworks se viene desarrollando no con todos los recursos que cuenta la empresa, para que la entrega sea en el tiempo determinado, pero al realizar un análisis de todos estos recursos se identifica diversos problemas y deficiencias que no están siendo tomados con importancia, hablando concretamente del área de perforación y voladura que están dentro del proyecto, no está cumpliendo con el plan de operación establecido por falta de equipos. Específicamente el área de perforación y voladura por el momento solo se cuenta con dos equipos de perforación la rock drill FDR Furukawa HCR 1200-EDII y la Sandvik DX 700, actualmente vienen operando en los frentes de trabajo, el problema se enfoca en la productividad de los equipos de perforación, las cuales no se abastecen para cumplir con las metas programadas, además por el momento no se ha implementado el turno noche que también es un factor de gran influencia en la productividad diaria de los equipos rock driles.

Asimismo, el problema relevante en la actualidad es el número de equipos de perforación, para lo cual se vienen realizando las gestiones para el alquiler de los equipos rock drill previamente haciendo un estudio de costos y rendimientos del rock drill.

#### **4.5.2 Fuerza laboral**

Dentro de la fuerza laboral en el Proyecto Bulk Earthworks a cargo de la empresa Mota Engil Perú, se encuentra conformado por operadores de equipos pesados y livianos en un 60%, 20% de personal de apoyo y 20 % de empleados. En el área de perforación y voladura se encuentra con el siguiente esquema:





**Figura 10 — Fuerza laboral del área de perforación y voladura**

### 4.5.3 Descripción de la operación

#### 4.5.3.1 Desbroce

Es la primera actividad que se realiza con la finalidad de liberar la roca fija, consiste en el utilizar tractores D6 y D8 para el movimiento y acumulación de material, concretamente en el Mina Justa el terreno es desértico, por lo cual esta actividad tiene una fuerte incidencia en la perforación con las Rock Driles.

#### 4.5.3.2 Perforación

Para esta actividad es necesario contar con los equipos rock drill que tienen la finalidad de aperturar agujeros en la roca fija de acuerdo a una malla establecida por la supervisión del área de perforación y voladura.

##### 4.5.3.2.1 Malla de perforación

Es la forma en la que se distribuyen los taladros de una voladura considerando básicamente a la relación de Burden/Espaciamiento y su directa vinculación con la profundidad de los taladros. En el diseño de una voladura de banco se puede aplicar diferentes trazos para la perforación,

denominándose malla cuadrada, rectangular y triangular o alterna en base a la dimensión del burden.

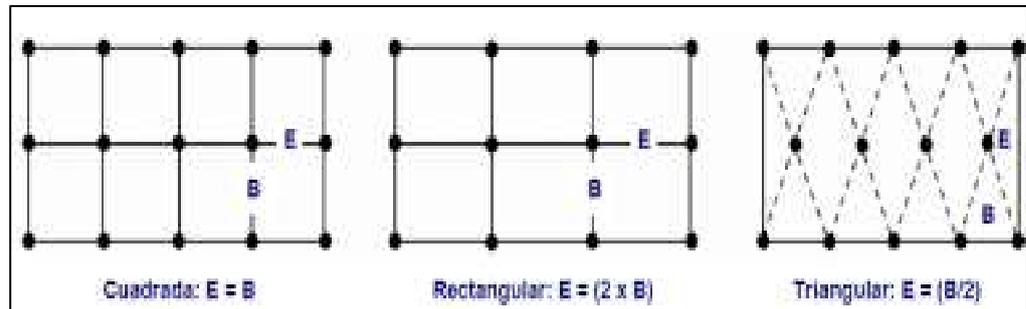


Figura 11 — Diseño de mallas de perforación

El objetivo de un diseño de malla de perforación es analizar y aplicar la energía de una mezcla explosiva para obtener una fragmentación esperada y se debe tener en cuenta:

- Conocer y determinar la energía de los explosivos
- Determinar la geometría del disparo con el uso de la potencia relativa por volumen.
- Analizar el rendimiento de los explosivos con el uso del factor de carga calculado.
- Mejorar el grado de fragmentación de las rocas.

Los trabajos de perforación se realizarán de acuerdo con un diseño definido en función del tipo de roca, uso y remoción de acuerdo con la necesidad del proyecto. Las variables de perforación son controlables y no controlables en un diseño inicial, a continuación, se detallan:

**Variables controlables en un diseño de perforación.** Ver figura 13.

- Diámetro del taladro.
- Configuración y tamaño de la voladura.
- Dirección de salida de la voladura.

- Profundidad de los taladros.
- Profundidad de la sobre perforación
- Inclinación de los taladros
- Altura de banco o altura de corte.
- Altura de taco
- Relación Burden y Espaciamiento

#### Variables no controlables

- Geología
- Propiedades geo mecánicas del macizo rocoso
- Presencia de agua
- Discontinuidades y fracturas
- Inclinación del talud

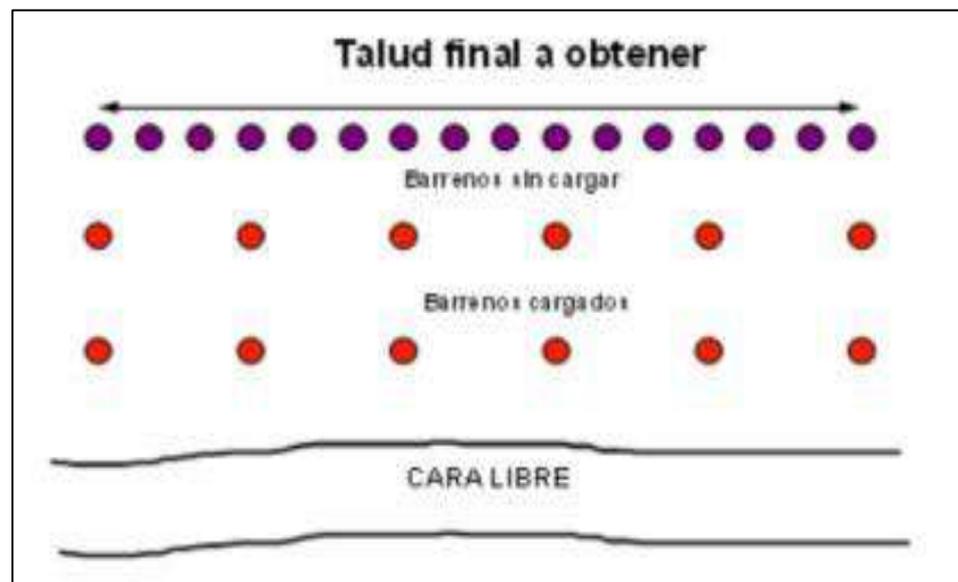
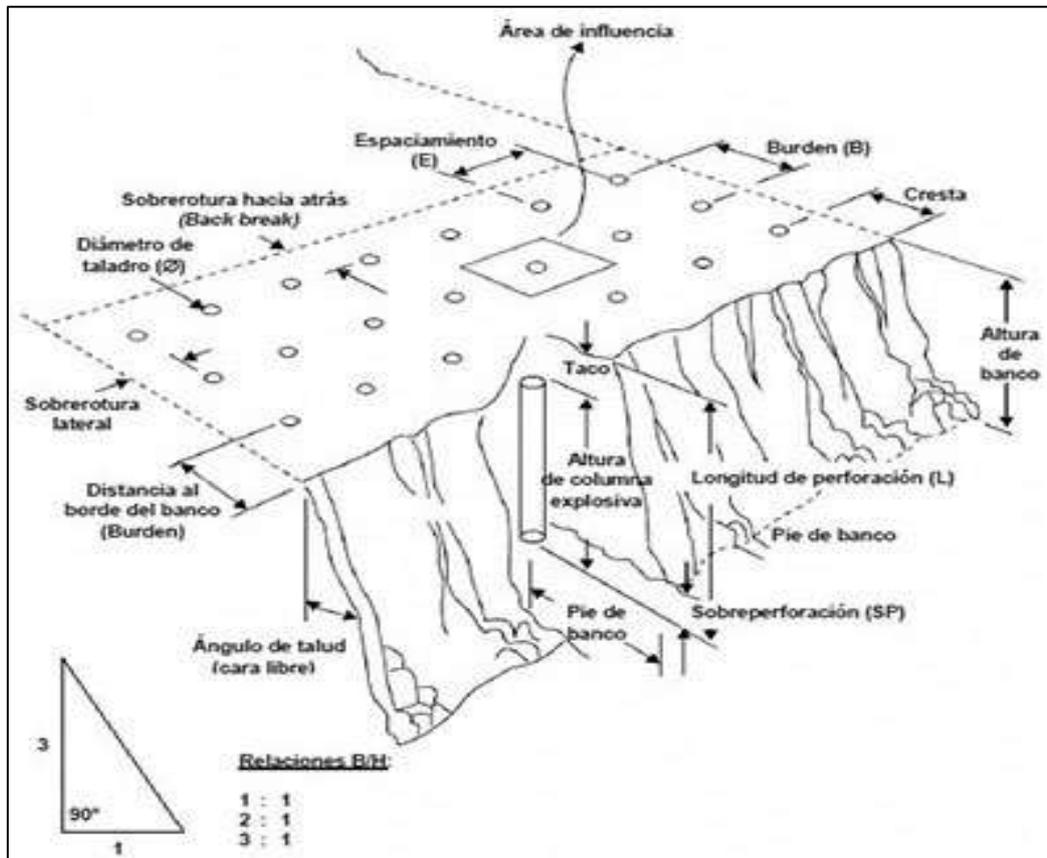


Figura 12 — Diseño de una voladura en bancos



**Figura 13 — Parámetros de perforación y voladura en bancos**

Extraído de Perforación y Voladura de Rocas en Minería, Herrera, 2013

#### 4.5.3.3 Voladura

La siguiente actividad que es la voladura, es muy importante porque este proceso va determinar el ritmo de limpieza del material voladura en los diferentes frentes de trabajo. Para este fin en el proyecto Bulk Earthworks se tiene un polvorín la cual es contratado por la empresa Mota Engil Perú, en donde se almacena los diferentes productos que se utiliza para la voladura, como por ejemplo la dinamita semexa 65, Emulsión encartuchado (EXAGEL E65), cordón detonante 5P, booster, Examon P, exanel, exanel dual, etc.

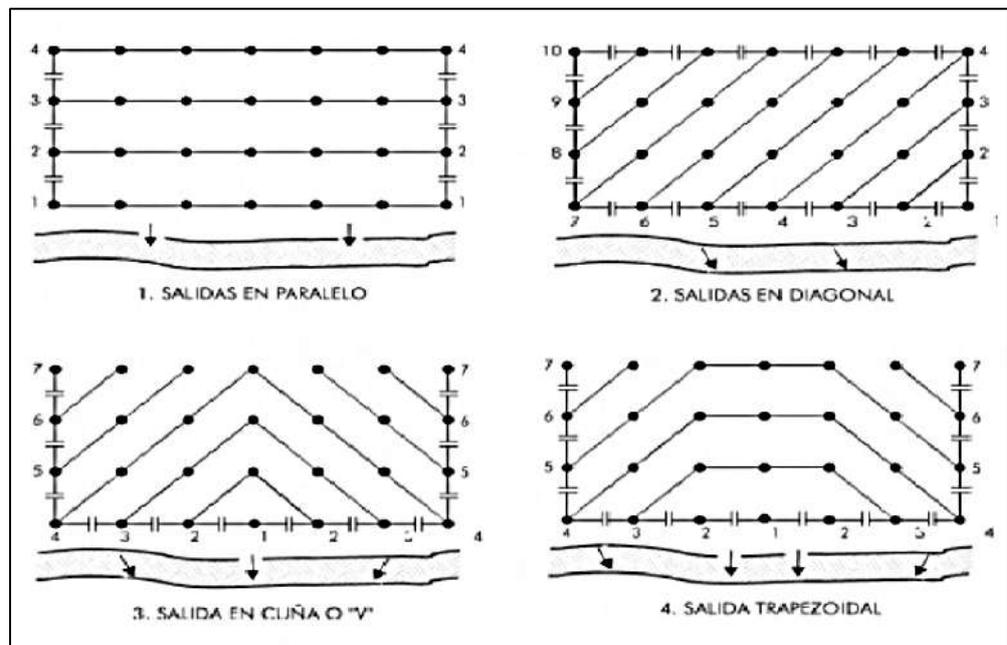


Figura 14 — Diseño de amarre de mallas para voladura en bancos

#### 4.5.3.3.1 Diseño de carga para voladura

Se maneja un diseño para cada tipo de taladro, se muestra a continuación para cada caso.

##### a) Voladura en Plataforma:

- Configuración de taladro de producción

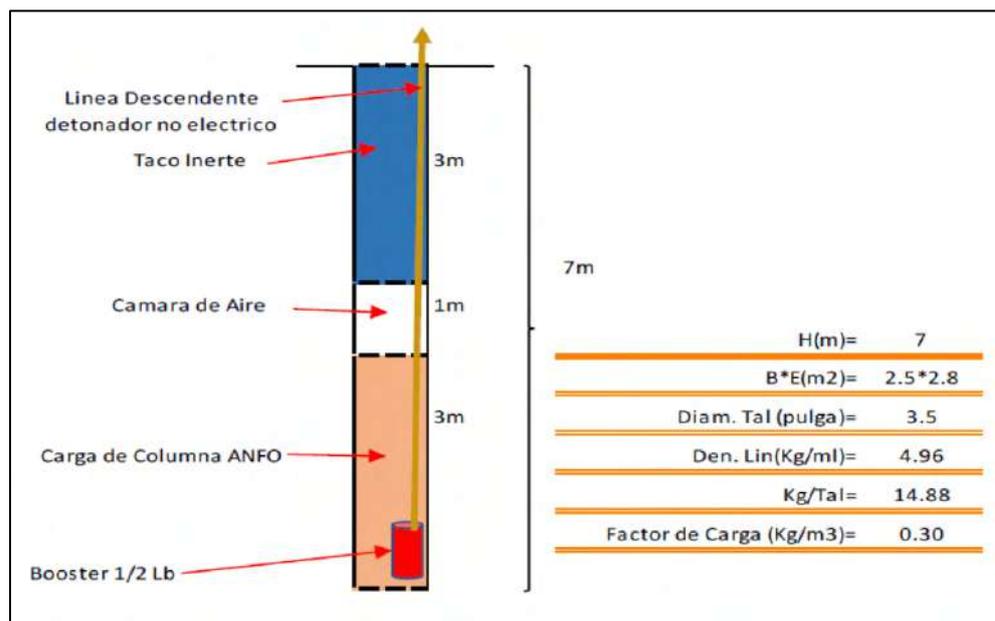


Figura 15 — Diseño de carga para un taladro de producción

- Configuración de taladro de buffer:

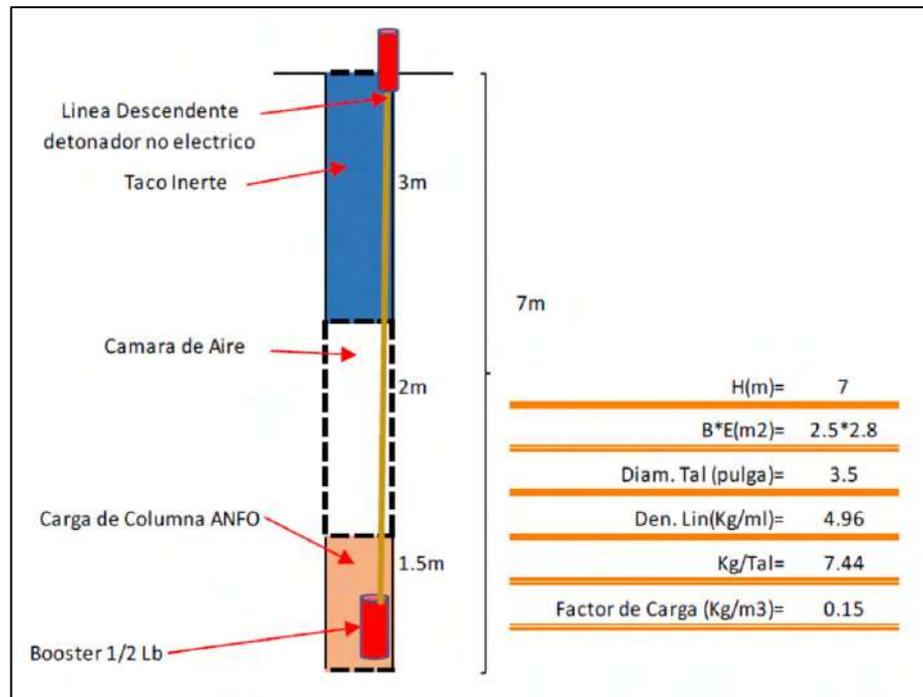


Figura 16 — Diseño de carga para un taladro de Buffer

- Configuración de taladro de pre corte:

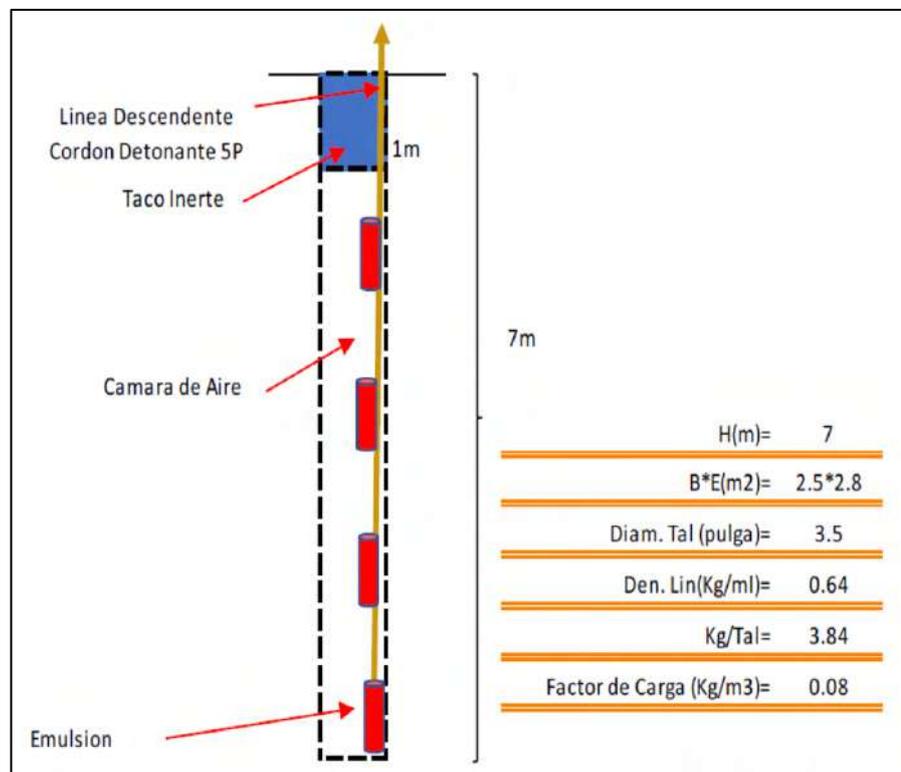


Figura 17 — Diseño de carga para un taladro de pre corte.

#### 4.5.3.4 Carguío y acarreo

Para el carguío se está empleando una excavadora CAT modelo 365 CL y CAT 350 L, 325D, 336D CAT o similar, quienes realizan el carguío de todo el material volado, asimismo de toda la capa de material arenal en unos volquetes Volvo FMX 440 y Volvo FMX 500 de 15 m<sup>3</sup> y 20 m<sup>3</sup> respectivamente, Mercedes Benz de 14 m<sup>3</sup> y Scania de 14 m<sup>3</sup>, los cuáles son encargados de llevar todo el material al echadero de desmonte o en su defecto a la chancadora en el caso del material volado. El cual es triturado para utilizar como relleno.

#### 4.5.4 Rendimientos de perforación y productividad

De acuerdo al estudio que se está realizando en campo con los equipos que se cuenta actualmente se obtuvo el siguiente cuadro de análisis.

##### 4.5.4.1 Cuadro de rendimiento de la Rock Drill DX 700

Tabla 16 — Rendimiento de la Rock Drill DX 700 en setiembre – Turno día

Equipo Rock Drill	Horas Trabajadas HM	Metros Lineales (m)	Número de Taladros	Altura Promedio Perforado (m)	Burden (m)	Espaciamiento (m)	Volumen Perforado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m/h)
<b>Setiembre turno día</b>								
<b>DX 700</b>	<b>119,50</b>	<b>4213,90</b>	<b>1246,00</b>	<b>3,86</b>	<b>2,20</b>	<b>2,00</b>	<b>18541,16</b>	<b>34,72</b>
Plataforma de óxidos	119,50	4213,90	1246,00	3,86	2,20	2,00	18541,16	34,72
							<b>34,72 m/hora</b>	

Tabla 17 — Rendimiento de la Rock Drill DX 700 en setiembre – Turno noche

Equipo Rock Drill	Horas Trabajadas HM	Metros Lineales (m)	Número de Taladros	Altura Promedio Perforado (m)	Burden (m)	Espaciamiento (m)	Volumen Perforado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m/h)
<b>Setiembre turno noche</b>								
<b>DX 700</b>	<b>37,90</b>	<b>1455,50</b>	<b>422,00</b>	<b>4,10</b>	<b>2,20</b>	<b>2,00</b>	<b>6404,20</b>	<b>37,08</b>
Plataforma de óxidos	37,90	1455,50	422,00	4,10	2,20	2,00	6404,20	37,08
							<b>37,08 m/hora</b>	



Tabla 18 — Rendimiento de la DX 700 en octubre – Turno día

Equipo Rock Drill	Horas Trabajadas HM	Metros Lineales (m)	Número de Taladros	Altura Promedio Perforado (m)	Burden (m)	Espaciamiento (m)	Volumen Perforado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m/h)
<b>Octubre turno día</b>								
<b>DX 700</b>	<b>169,40</b>	<b>4791,60</b>	<b>1590,00</b>	<b>3,14</b>	<b>2,20</b>	<b>2,00</b>	<b>21083,04</b>	<b>36,65</b>
Plataforma de óxidos	138,70	3413,60	1076,00	3,36	2,20	2,00	15019,84	34,86
Planta de Sulfuros	30,70	1378,00	514,00	2,58	2,20	2,00	6063,20	41,14
							<b>36,65 m/hora</b>	

Tabla 19 — Rendimiento de la DX 700 en octubre – Turno noche

Equipo Rock Drill	Horas Trabajadas HM	Metros Lineales (m)	Número de Taladros	Altura Promedio Perforado (m)	Burden (m)	Espaciamiento (m)	Volumen Perforado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m/h)
<b>Octubre turno noche</b>								
<b>DX 700</b>	<b>71,90</b>	<b>3105,90</b>	<b>1206,00</b>	<b>2,67</b>	<b>2,20</b>	<b>2,00</b>	<b>13665,96</b>	<b>43,37</b>
Plataforma de óxidos	39,40	1573,90	590,00	2,78	2,20	2,00	6925,16	40,59
Planta de Sulfuros	32,50	1532,00	616,00	2,52	2,20	2,00	6740,80	47,27
							<b>43,37 m/hora</b>	

Tabla 20 — Rendimiento de la DX 700 en noviembre - Turno día

Equipo Rock Drill	Horas Trabajadas HM	Metros Lineales (m)	Número de Taladros	Altura Promedio Perforado (m)	Burden (m)	Espaciamiento (m)	Volumen Perforado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m/h)
<b>Noviembre turno día</b>								
<b>DX 700</b>	<b>52,30</b>	<b>2166,80</b>	<b>650,00</b>	<b>3,52</b>	<b>2,20</b>	<b>2,00</b>	<b>9533,92</b>	<b>50,08</b>
Plataforma de óxidos	15,30	704,00	229,00	3,11	2,20	2,00	3097,60	46,21
Planta de Sulfuros	37,00	1462,80	421,00	3,64	2,20	2,00	6436,32	51,19
							<b>50,08 m/hora</b>	

Tabla 21 — Rendimiento de la DX 700 en noviembre - Turno noche

Equipo Rock Drill	Horas Trabajadas HM	Metros Lineales (m)	Número de Taladros	Altura Promedio Perforado (m)	Burden (m)	Espaciamiento (m)	Volumen Perforado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m/h)
<b>Noviembre turno noche</b>								
<b>DX 700</b>	<b>53,50</b>	<b>2233,50</b>	<b>614,00</b>	<b>3,85</b>	<b>2,20</b>	<b>2,00</b>	<b>9827,40</b>	<b>46,15</b>
Plataforma de óxidos	24,80	1099,00	313,00	3,51	2,20	2,00	4835,60	44,76
Planta de Sulfuros	28,70	1134,50	301,00	4,05	2,20	2,00	4991,80	46,99
							<b>46,15 m/hora</b>	

## 4.5.4.2 Cuadro de rendimientos de la Rock Drill Furukawa 1200

Tabla 22 — Rendimiento de la Furukawa 1200 en septiembre - Turno día

Equipo Rock Drill	Horas Trabajadas HM	Metros Lineales (m)	Número de Taladros	Altura Promedio Perforado (m)	Burden (m)	Espaciamiento (m)	Volumen Perforado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m/h)
<b>Setiembre turno día</b>								
Furukawa 1200	60,50	1562,00	421,00	4,11	2,20	2,00	6872,80	26,71
Plataforma de óxidos	60,50	1562,00	421,00	4,11	2,20	2,00	6872,80	26,71
							<b>26,71 m/hora</b>	

Tabla 23 — Rendimiento de la Furukawa 1200 en setiembre- Turno noche

Equipo Rock Drill	Horas Trabajadas HM	Metros Lineales (m)	Número de Taladros	Altura Promedio Perforado (m)	Burden (m)	Espaciamiento (m)	Volumen Perforado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m/h)
<b>Setiembre turno noche</b>								
Furukawa	30,50	1074,50	268,00	4,36	2,20	2,00	4727,80	35,33
Plataforma de óxidos	30,50	1074,50	268,00	4,36	2,20	2,00	4727,80	35,33
							<b>35,33 m/hora</b>	

Tabla 24 — Rendimiento de la Furukawa 1200 en el mes de octubre - Turno día

Equipo Rock Drill	Horas Trabajadas HM	Metros Lineales (m)	Número de Taladros	Altura Promedio Perforado (m)	Burden (m)	Espaciamiento (m)	Volumen Perforado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m/h)
<b>Octubre turno día</b>								
Furukawa	126,30	4229,00	1369,00	3,44	2,20	2,00	18607,60	35,65
Plataforma de óxidos	126,30	4229,00	1369,00	3,44	2,20	2,00	18607,60	35,65
							<b>35,6 m/hora</b>	

Tabla 25 — Rendimiento de la Furukawa 1200 en el mes de octubre - Turno noche

Equipo Rock Drill	Horas Trabajadas HM	Metros Lineales (m)	Número de Taladros	Altura Promedio Perforado (m)	Burden (m)	Espaciamiento (m)	Volumen Perforado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m/h)
<b>Octubre turno noche</b>								
Furukawa	27,60	1005,00	389,00	2,73	2,20	2,00	4422,00	36,95
Plataforma de óxidos	27,60	1005,00	389,00	2,73	2,20	2,00	4422,00	36,95
							<b>36,95 m/hora</b>	

Tabla 26 — Rendimiento de la Furukawa 1200 en el mes de noviembre - Turno día

Equipo Rock Drill	Horas Trabajadas HM	Metros Lineales (m)	Número de Taladros	Altura Promedio Perforado (m)	Burden (m)	Espaciamiento (m)	Volumen Perforado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m/h)
<b>Noviembre turno día</b>								
Furukawa	41,40	1681,00	685,00	2,59	2,20	2,00	7396,40	38,69
Plataforma de óxidos	26,80	1202,00	531,00	2,30	2,20	2,00	5288,80	45,13
Planta de Sulfuros	14,60	479,00	154,00	2,97	2,20	2,00	2107,60	30,10
							<b>38,69 m/hora</b>	

Tabla 27 — Rendimiento de la Furukawa 1200 en noviembre - turno noche

Equipo Rock Drill	Horas Trabajadas HM	Metros Lineales (m)	Número de Taladros	Altura Promedio Perforado (m)	Burden (m)	Espaciamiento (m)	Volumen Perforado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m/h)
<b>Noviembre turno noche</b>								
Furukawa	44,30	1421,00	578,00	2,63	2,20	2,00	6252,40	37,19
Plataforma de óxidos	20,00	499,00	205,00	2,45	2,20	2,00	2195,60	36,34
Planta de Sulfuros	17,80	704,00	264,00	2,95	2,20	2,00	3097,60	38,98
Zona de Ripios	6,50	218,00	109,00	2,00	2,20	2,00	959,20	33,54
							<b>37,19 m/hora</b>	

#### 4.5.4.3 Rendimiento de los dos equipos

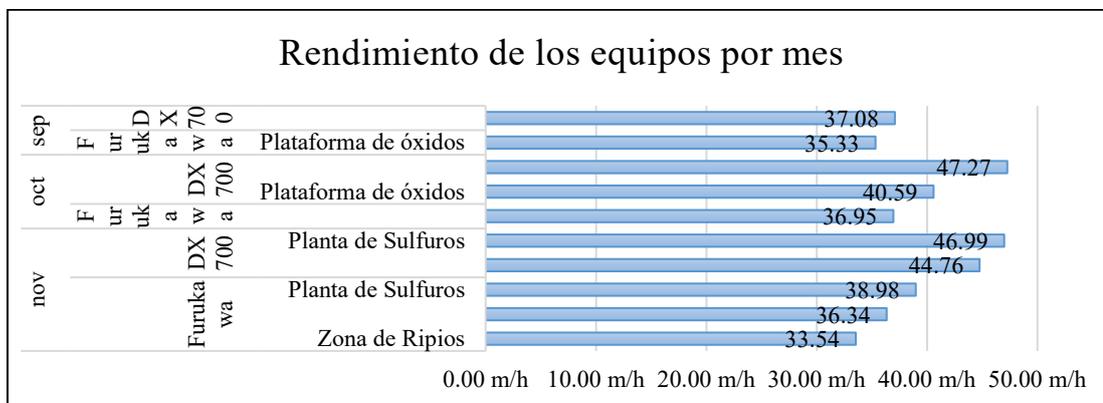
Para el rendimiento de los equipos en el mes de setiembre, octubre y noviembre, se toma como base de sustento el rendimiento de la Rock Drill DX 700 y Furukawa 1200 del mes setiembre, octubre y noviembre realizamos los cálculos para determinar el número de equipos necesarios para el proyecto.

**Tabla 28 — Resumen de rendimientos de setiembre a noviembre 2018**

Equipos	Metros perforados (m)	Total taladros	Altura promedio (m)	Suma de volumen (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m/hora)
<b>2018</b>					
<b>sep</b>	<b>8305,90</b>	<b>2357,00</b>	<b>4,03</b>	<b>36545,96</b>	<b>33,24</b>
DX 700	5669,40	1668,00	3,92	24945,36	35,34
Furukawa	2636,50	689,00	4,20	11600,60	29,79
<b>oct</b>	<b>13131,50</b>	<b>4554,00</b>	<b>3,11</b>	<b>57778,60</b>	<b>37,69</b>
DX 700	7897,50	2796,00	2,97	34749,00	39,10
Furukawa	5234,00	1758,00	3,30	23029,60	35,90
<b>nov</b>	<b>7502,30</b>	<b>2527,00</b>	<b>3,21</b>	<b>33010,12</b>	<b>43,80</b>
DX 700	4400,30	1264,00	3,67	19361,32	48,23
Furukawa	3102,00	1263,00	2,61	13648,80	38,00
<b>Total, general</b>	<b>28939,70</b>	<b>9438,00</b>	<b>3,41</b>	<b>127334,68</b>	<b>37,84</b>

Del cuadro anterior podemos deducir que el rendimiento de la Rock Drill DX 700 es de 44.49 m/h. De la misma forma el rendimiento de la Rock Drill Furukawa 1200 es de 37.08 m/h.

#### 4.5.4.4 Rendimiento de perforación (Metro lineal perforado/Hora)



**Figura 18 — Resumen de rendimiento de los dos equipos de perforación por mes y frente**

Según el estudio que se realizó a los dos equipos se determinó que el rendimiento de la DX 700 y Furukawa 1200 es de 44.49 m/h y 37.08 m/h respectivamente.

#### **4.5.5 Análisis de tiempos**

Según la base de datos de que se maneja actualmente en el proyecto minero Mina Justa, específicamente en el proyecto Bulk Earthworks propiedad de la Empresa Marcobre S.A.C. se realizó un estudio de tiempos para cada equipo Rock Drill.

##### **4.5.5.1 Análisis de tiempos la para la Rock Drill DX 700**

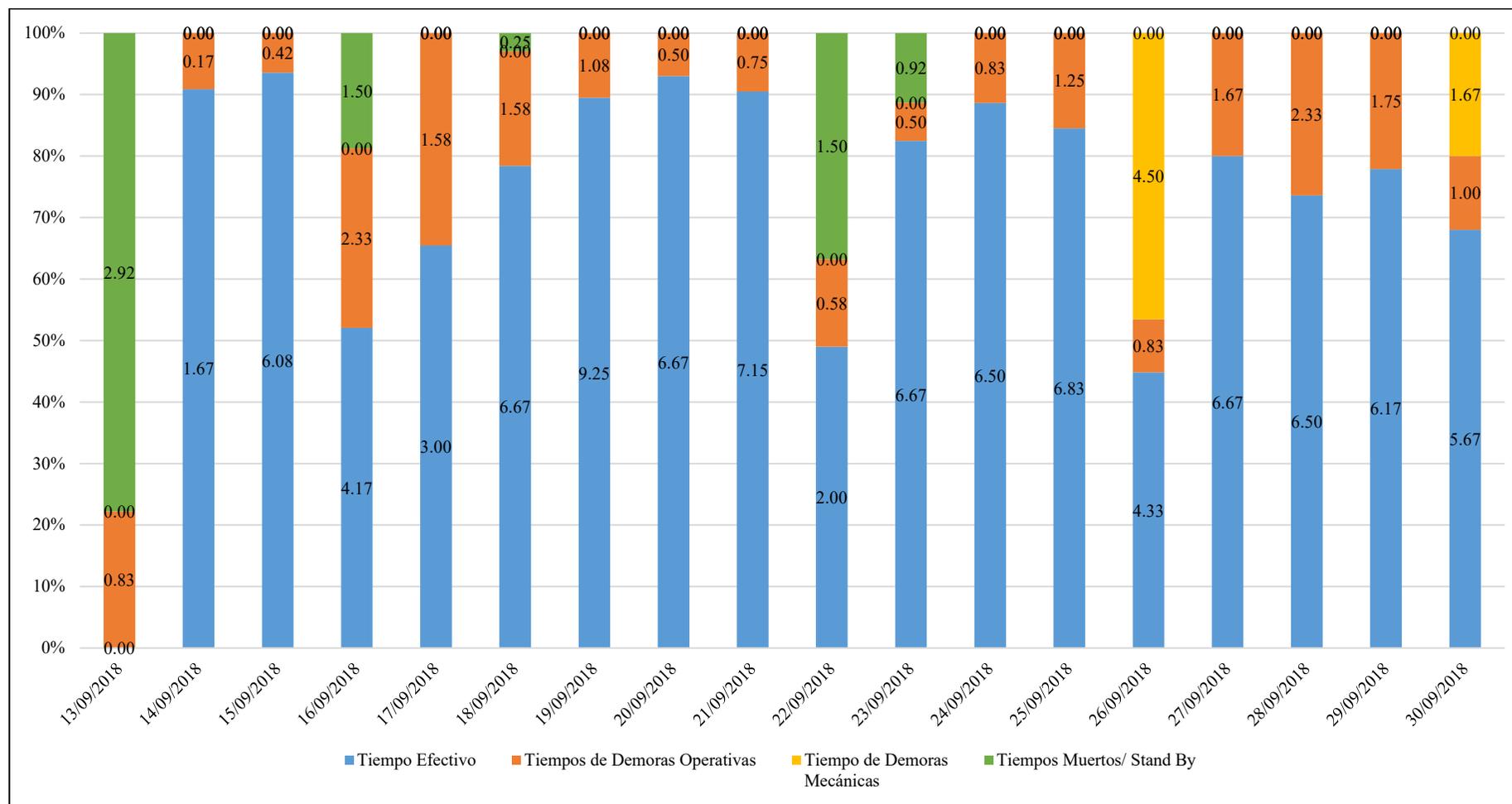
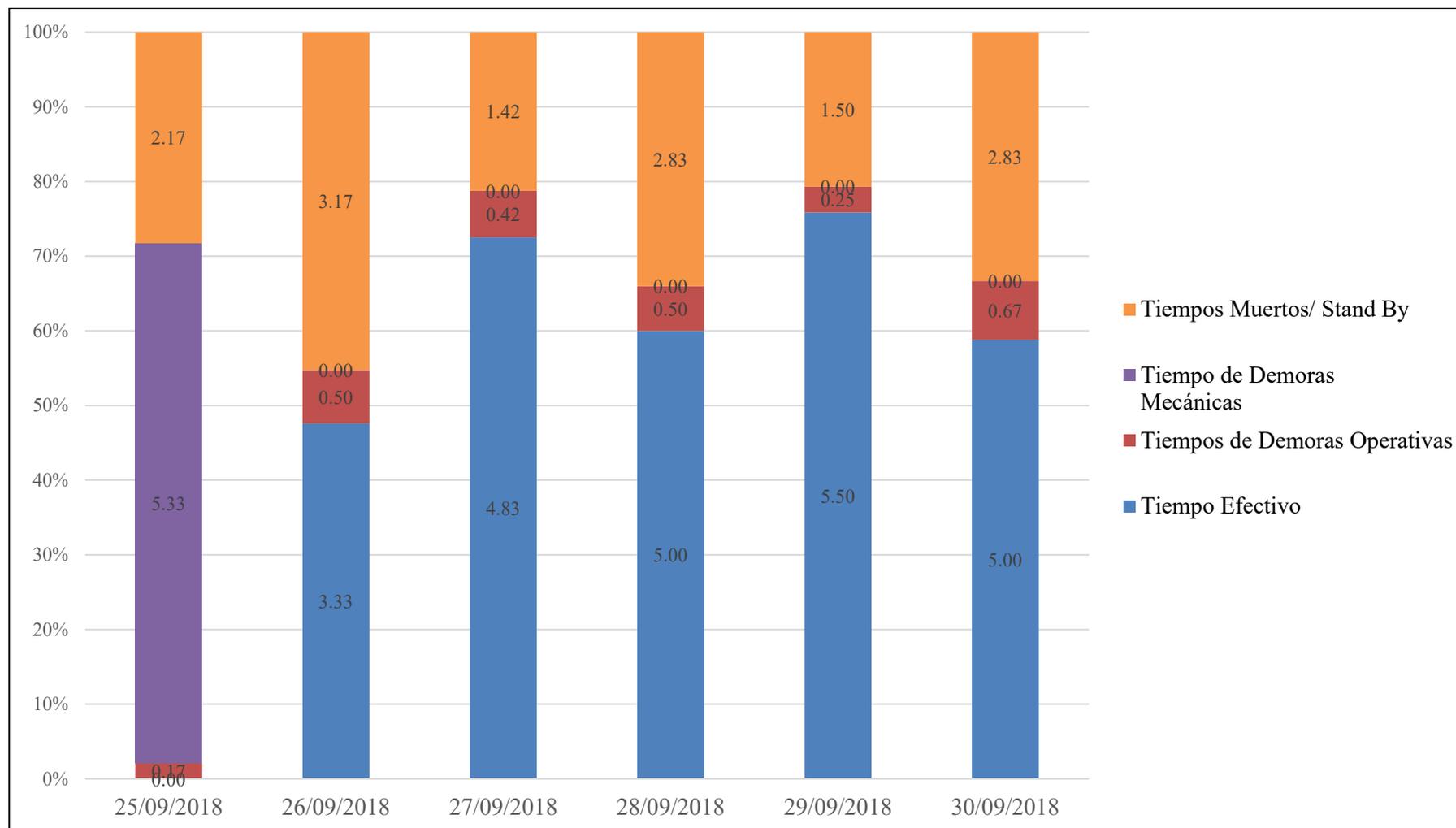


Figura 19 — Análisis de Tiempos de la Rock Drill DX 700 - Mes de Setiembre Turno Día



**Figura 20 — Análisis de Tiempos de la Rock Drill DX 700 - Mes de Setiembre - Turno Noche**

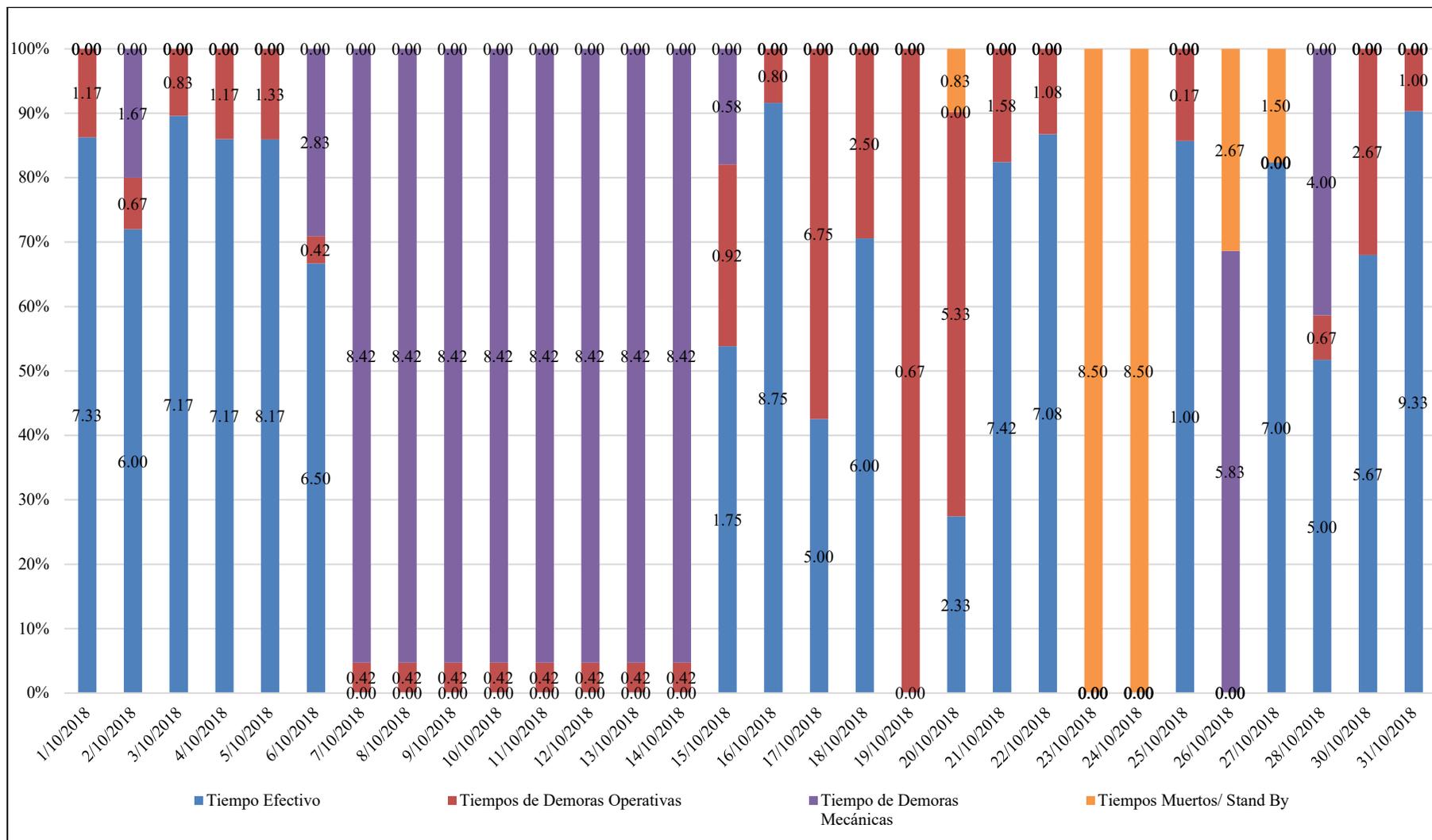


Figura 21 — Análisis de tiempos de la Rock Drill DX 700 en el mes de octubre - Turno día

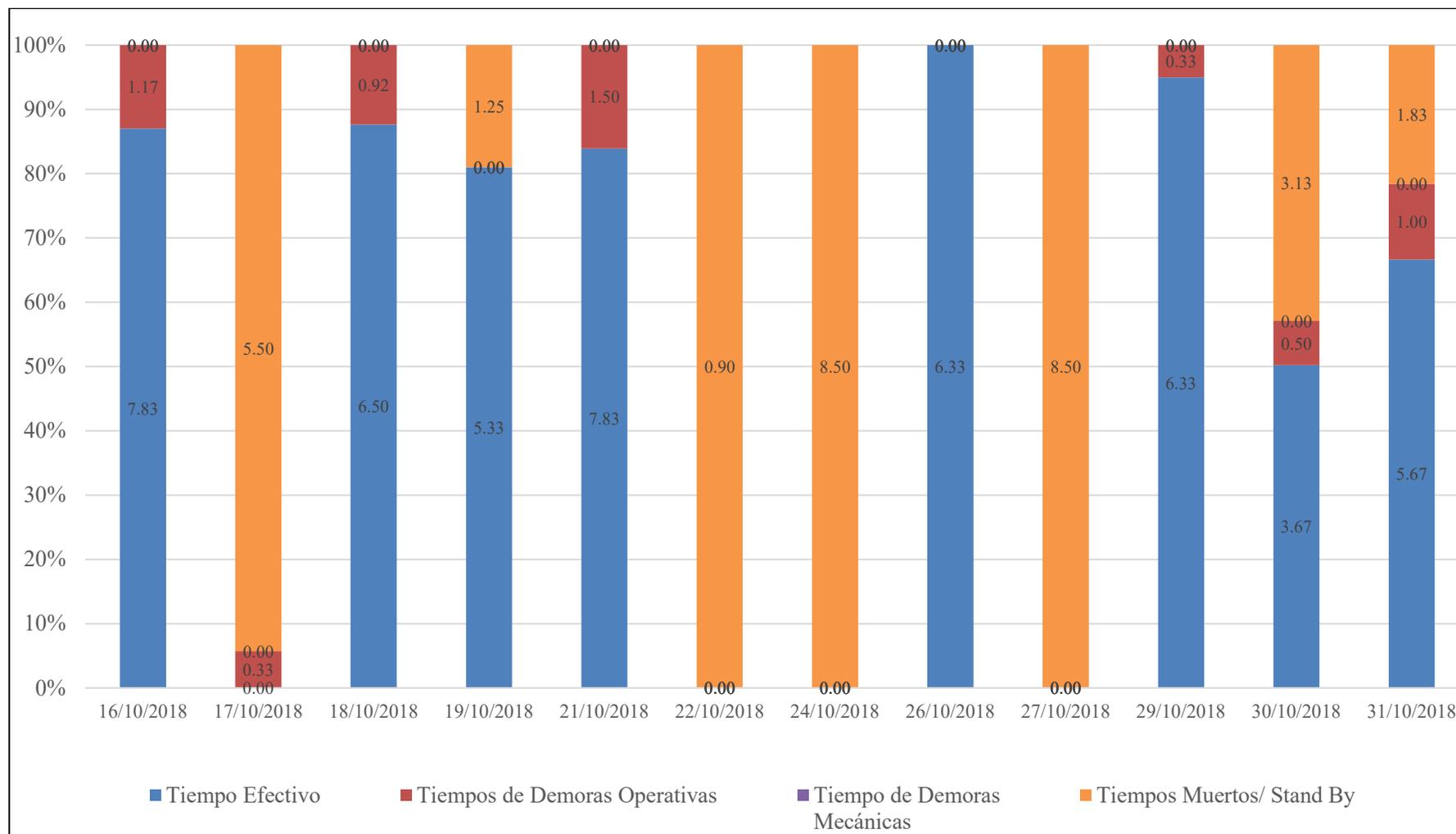
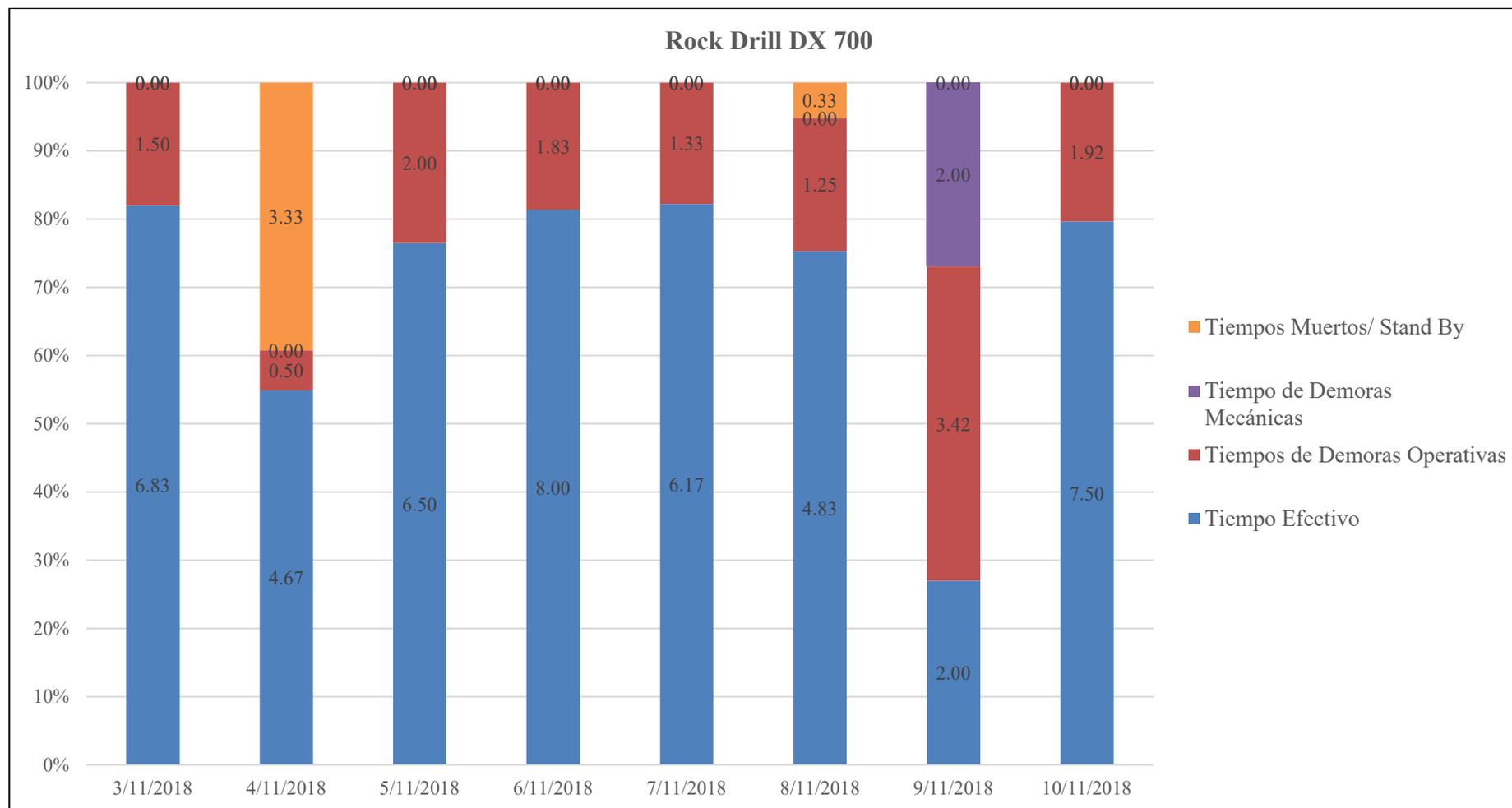
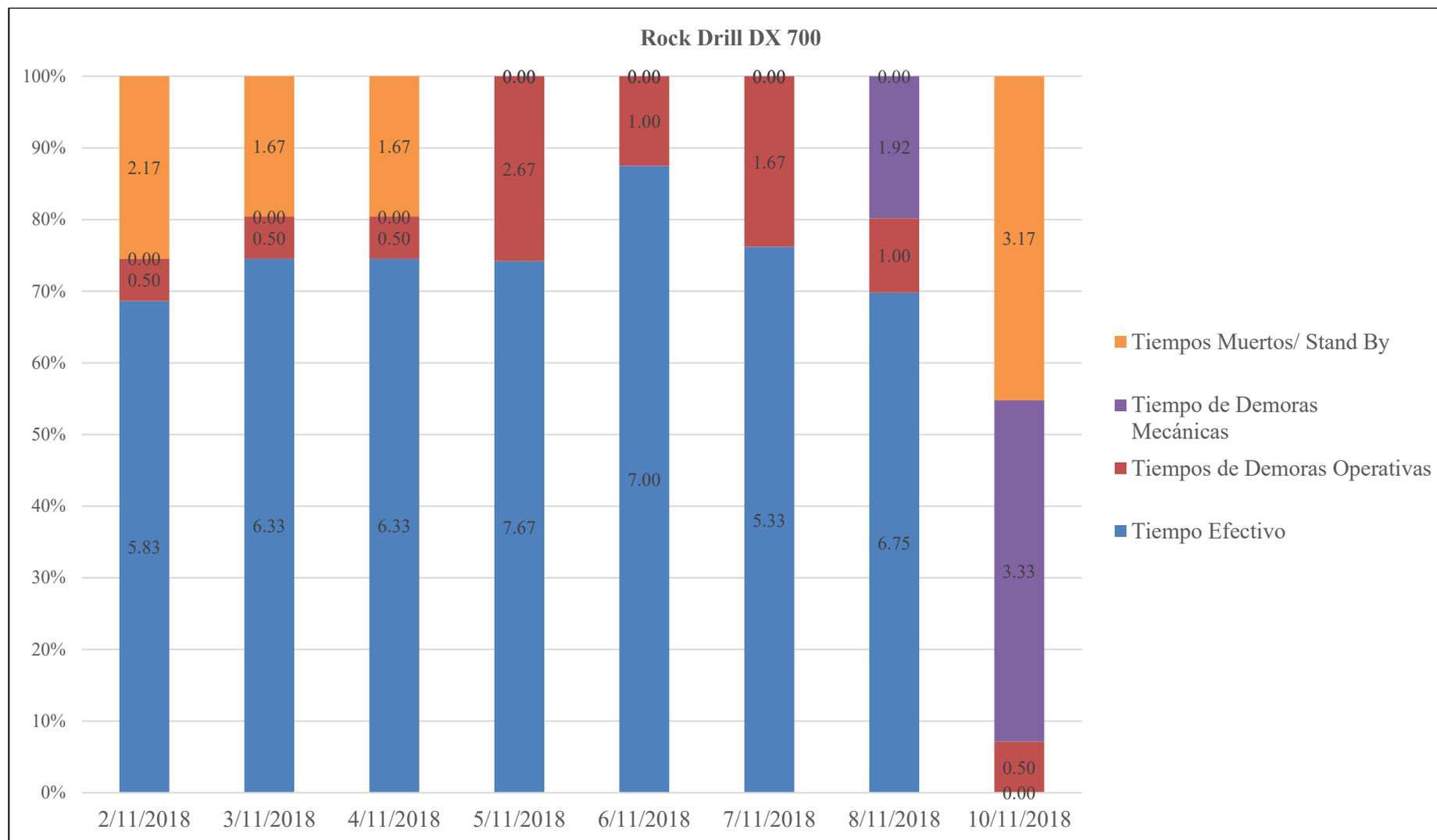


Figura 22 — Análisis de Tiempos de la Rock Drill DX 700 en el mes de octubre - Turno Noche



**Figura 23 — Análisis de tiempos de la Rock Drill DX 700 en el mes de noviembre – Turno día**



**Figura 24 — Análisis de tiempos para la Rock Drill DX 700 en el mes de noviembre - Turno noche.**

### 4.5.5.2 Análisis de tiempos para la Rock Drill FRD Furukawa 1200

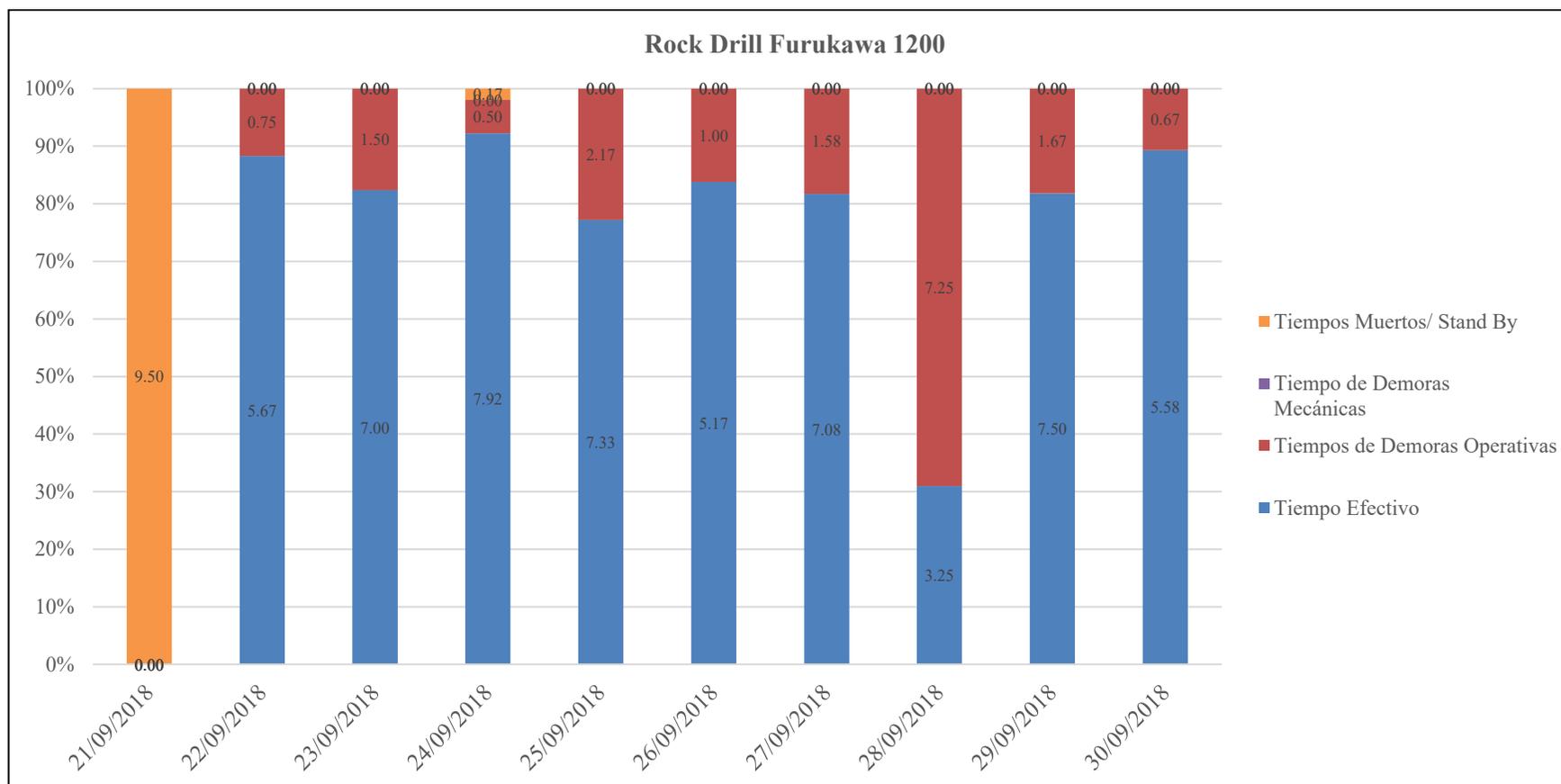
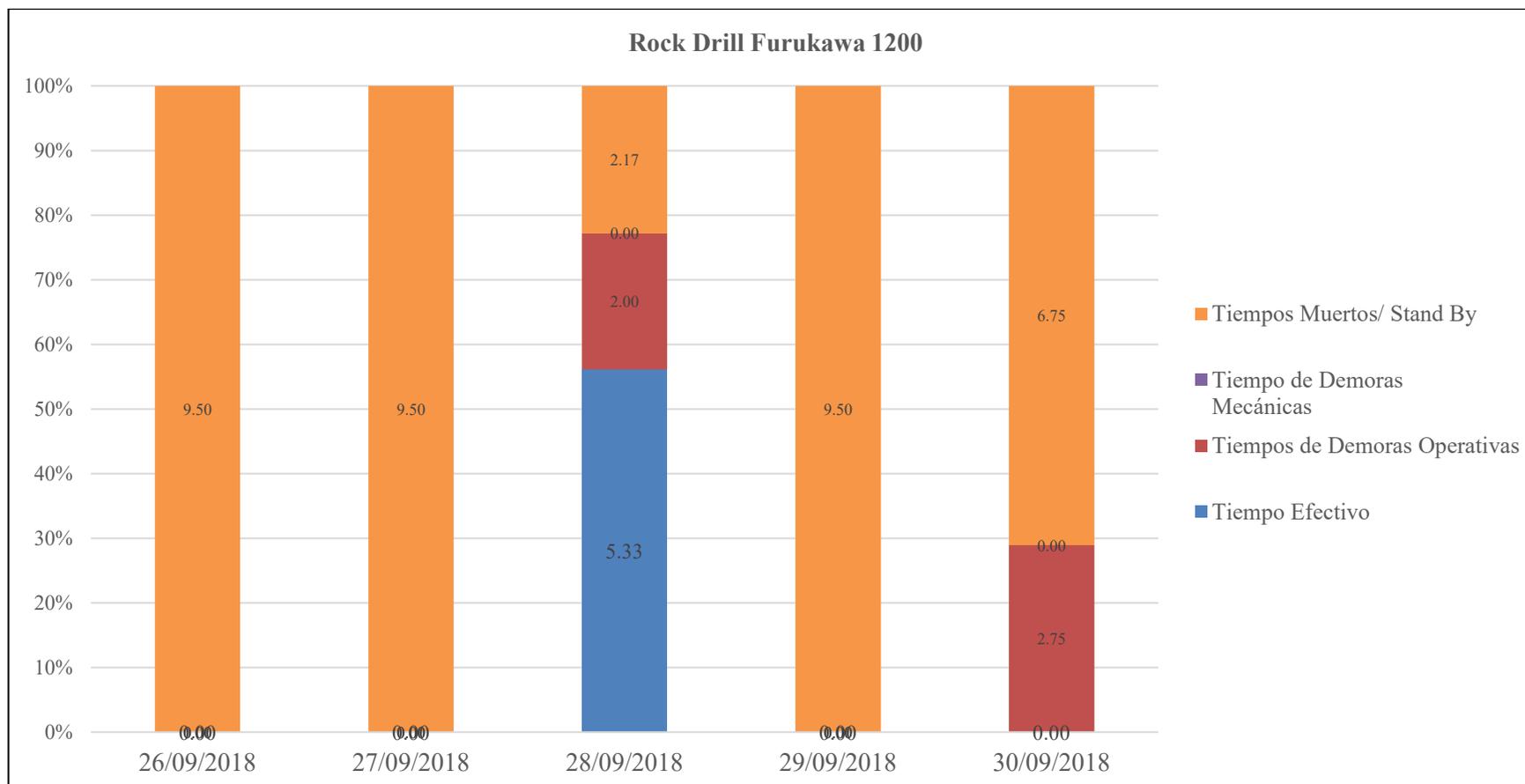


Figura 25 — Análisis de tiempos para la Rock Drill Furukawa 1200 en el mes de septiembre – Turno día



**Figura 26 — Análisis de tiempos para la Rock Drill Furukawa 1200 en el mes de septiembre - Turno noche**

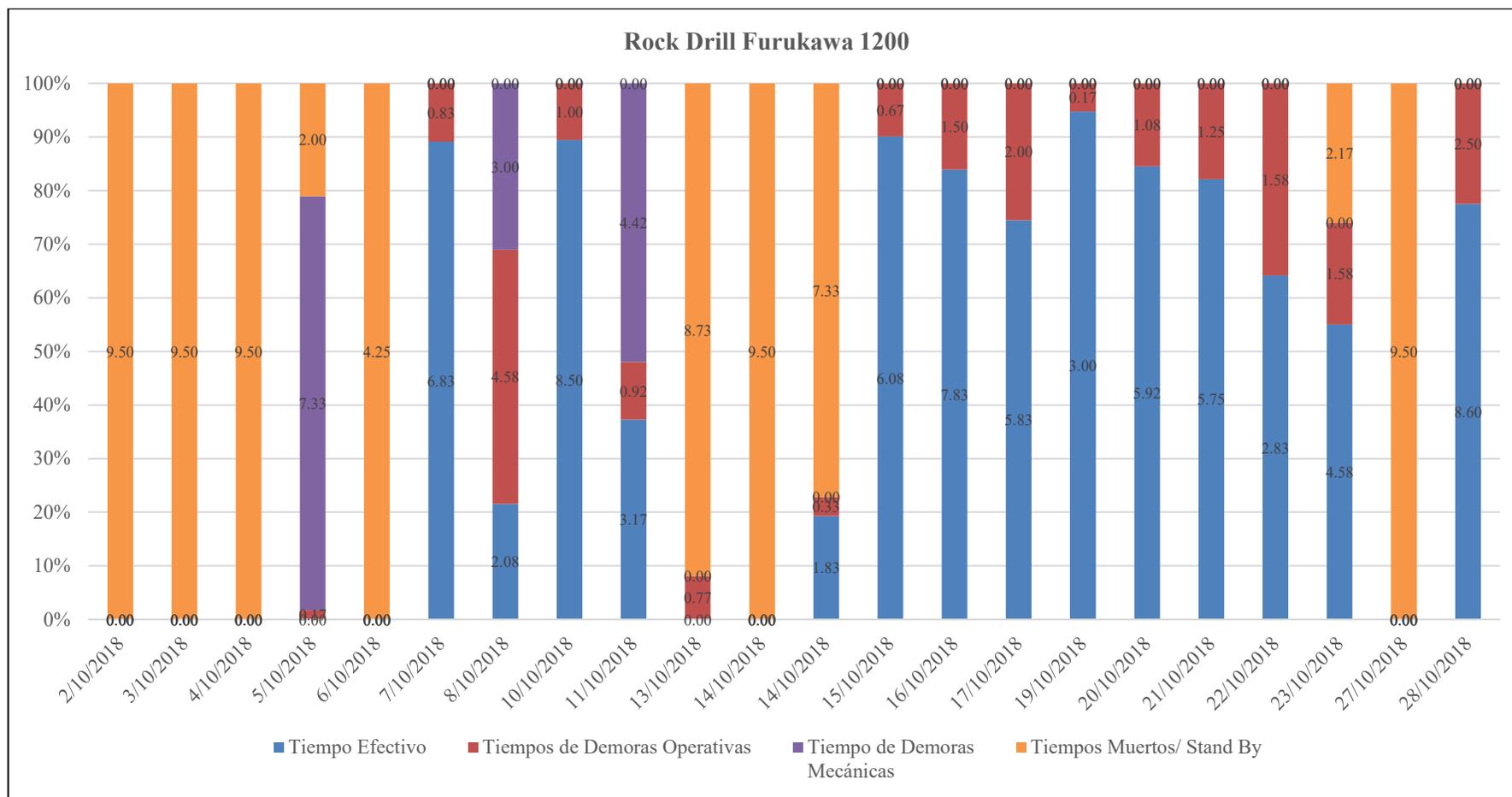
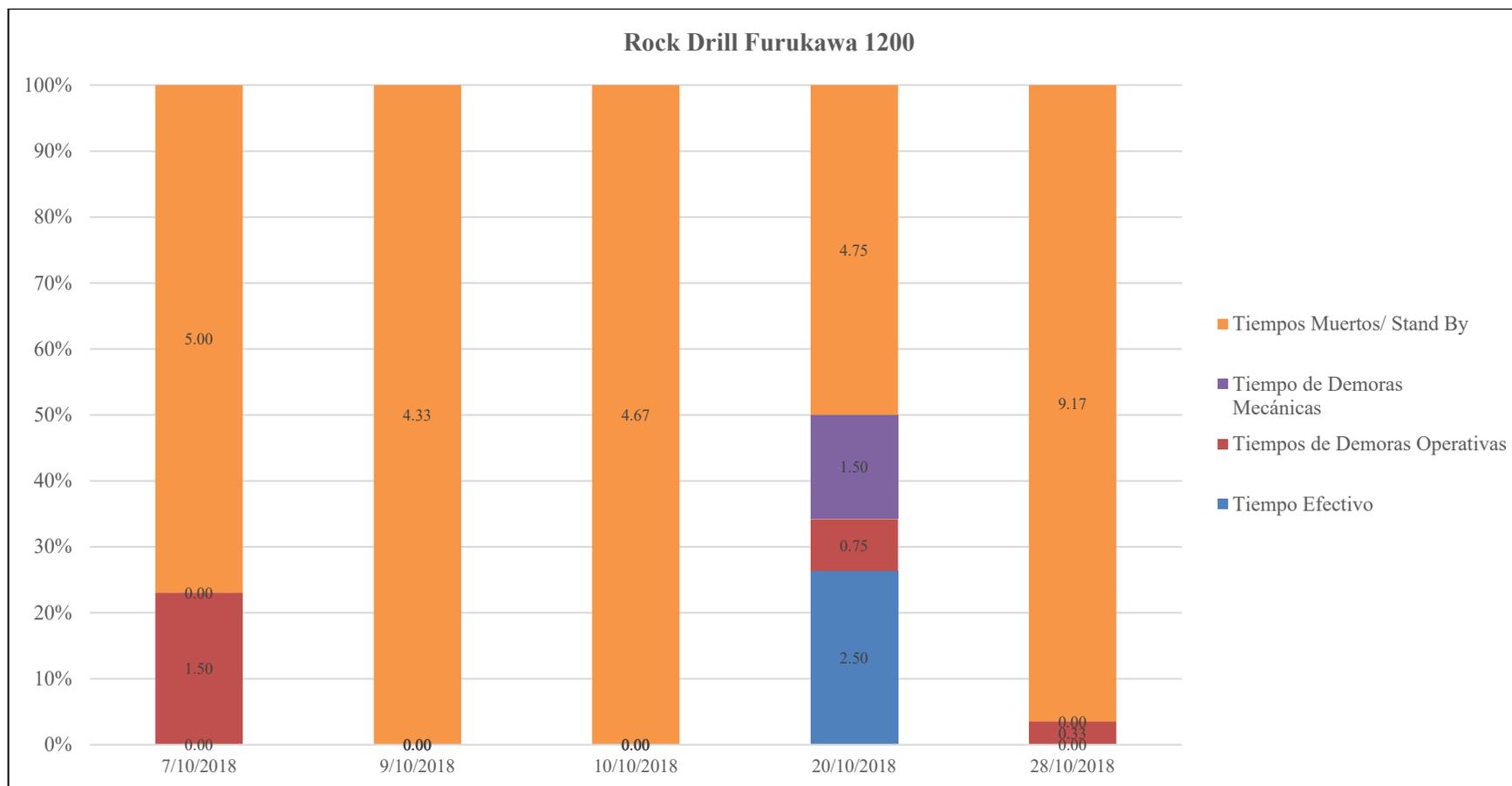
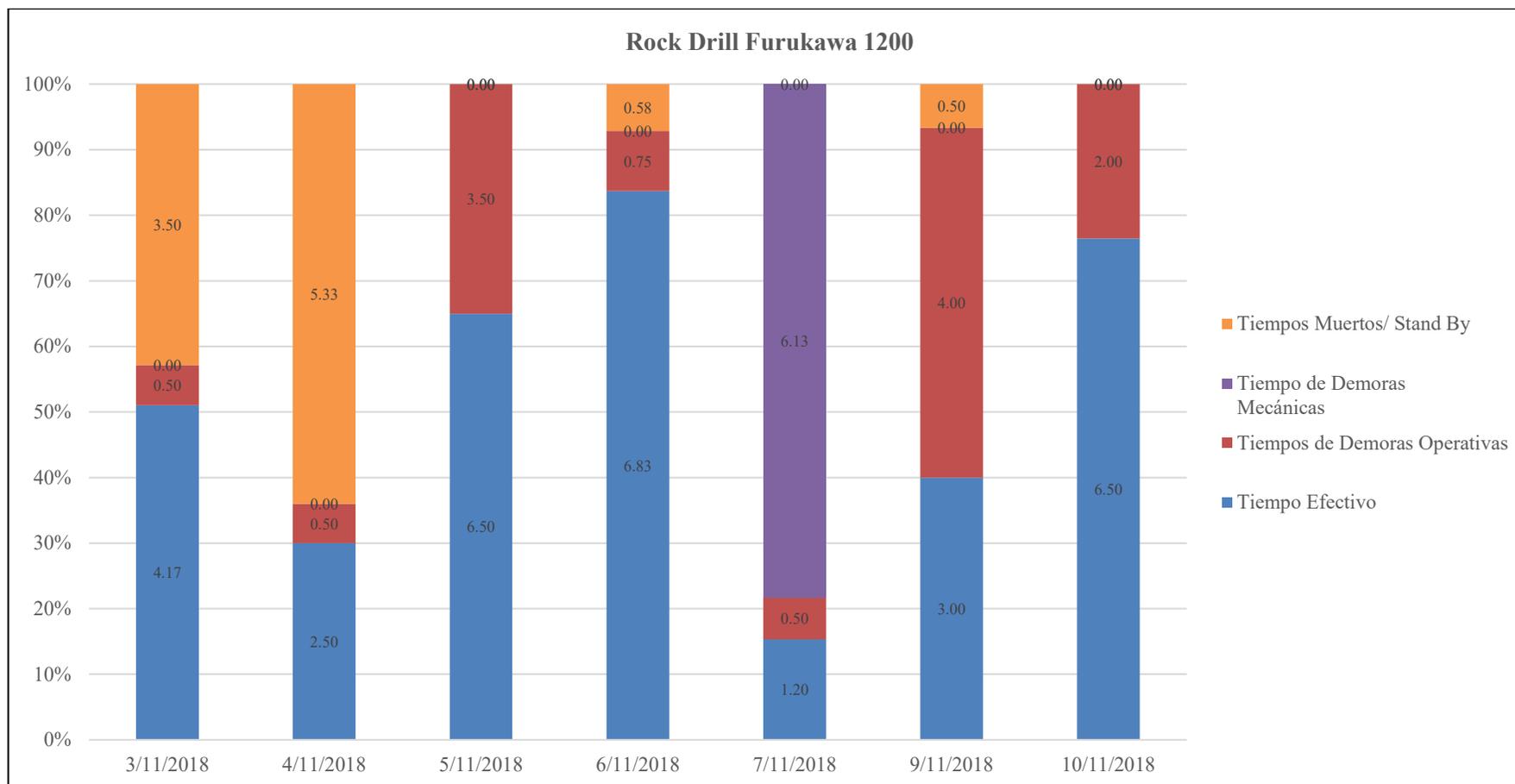


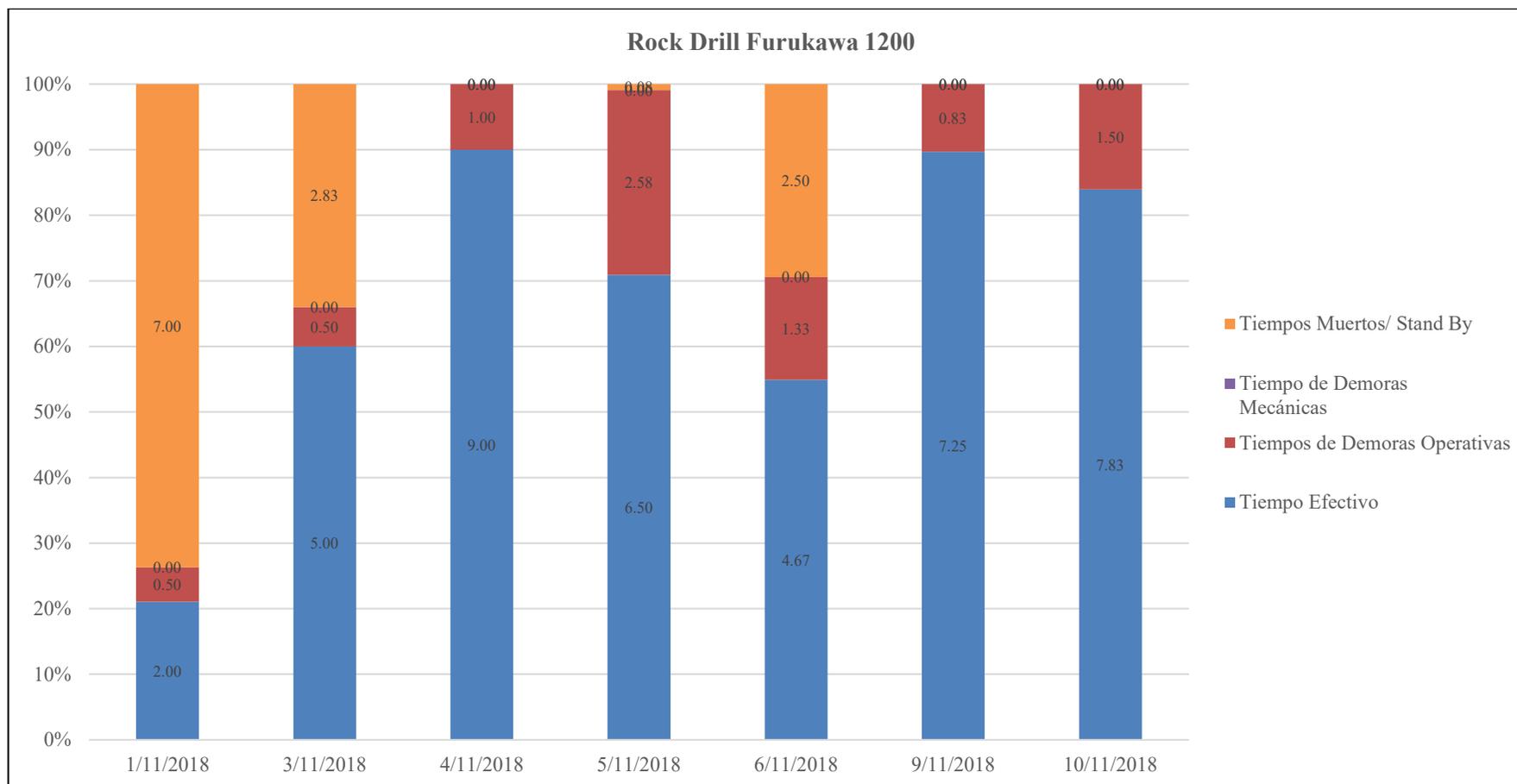
Figura 27 — Análisis de tiempos de la Rock Drill Furukawa 1200 en el mes de octubre – Turno día



**Figura 28 — Análisis de tiempos para la Rock Drill Furukawa 1200 en el mes de octubre - Turno noche**



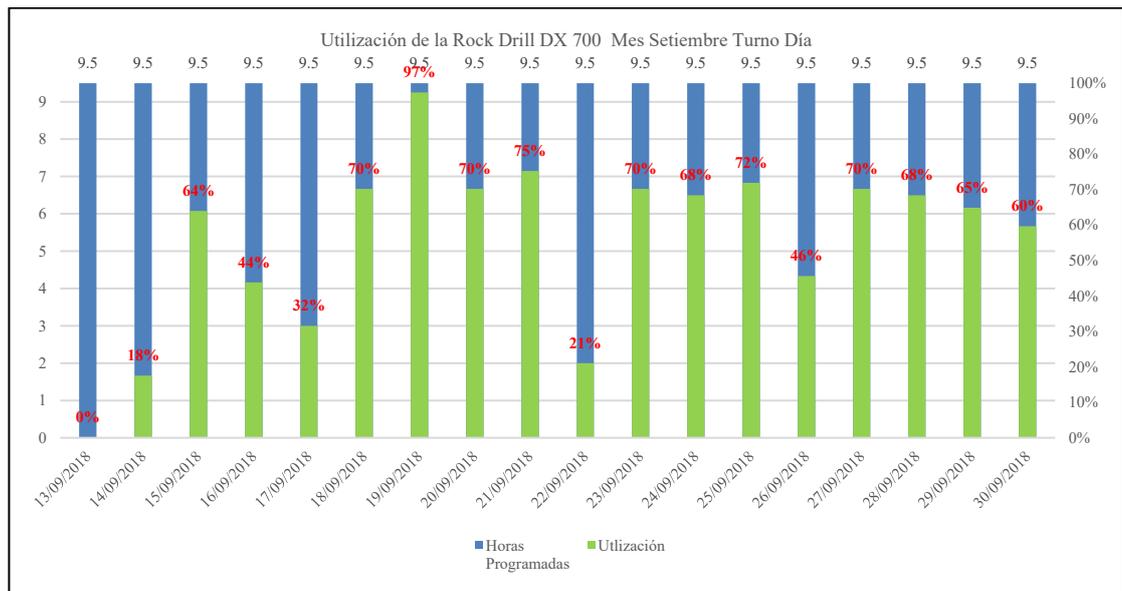
**Figura 29 — Análisis de tiempos para la Rock Drill Furukawa en el mes de noviembre - Turno día**



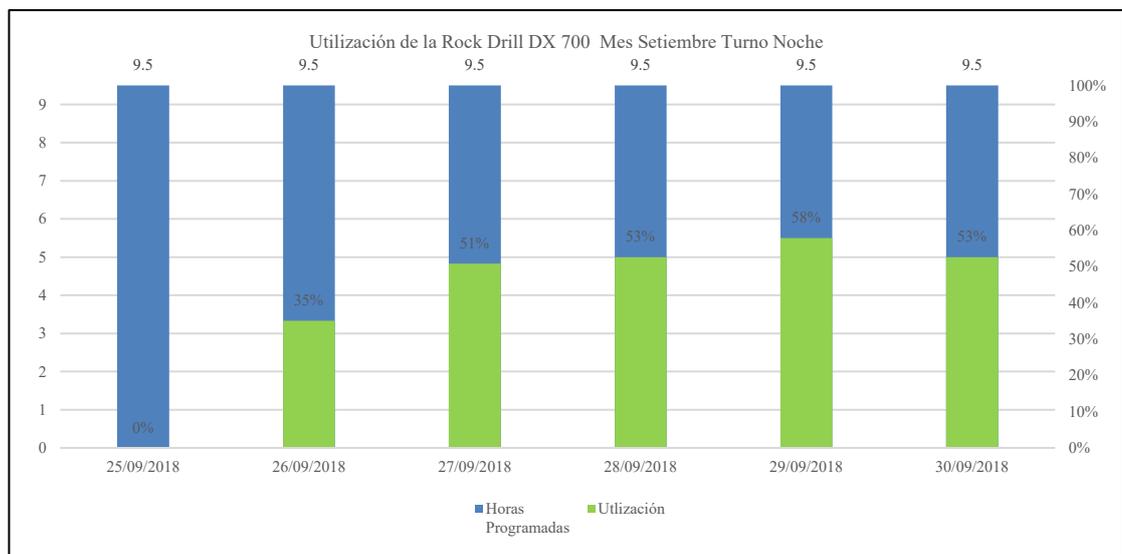
**Figura 30 — Análisis de tiempos para la Rock Drill Furukawa 1200 en el mes de noviembre - Turno noche**

#### 4.5.6 Estadística de los indicadores por proceso

##### 4.5.6.1 Utilización de la Rock Drill DX 700

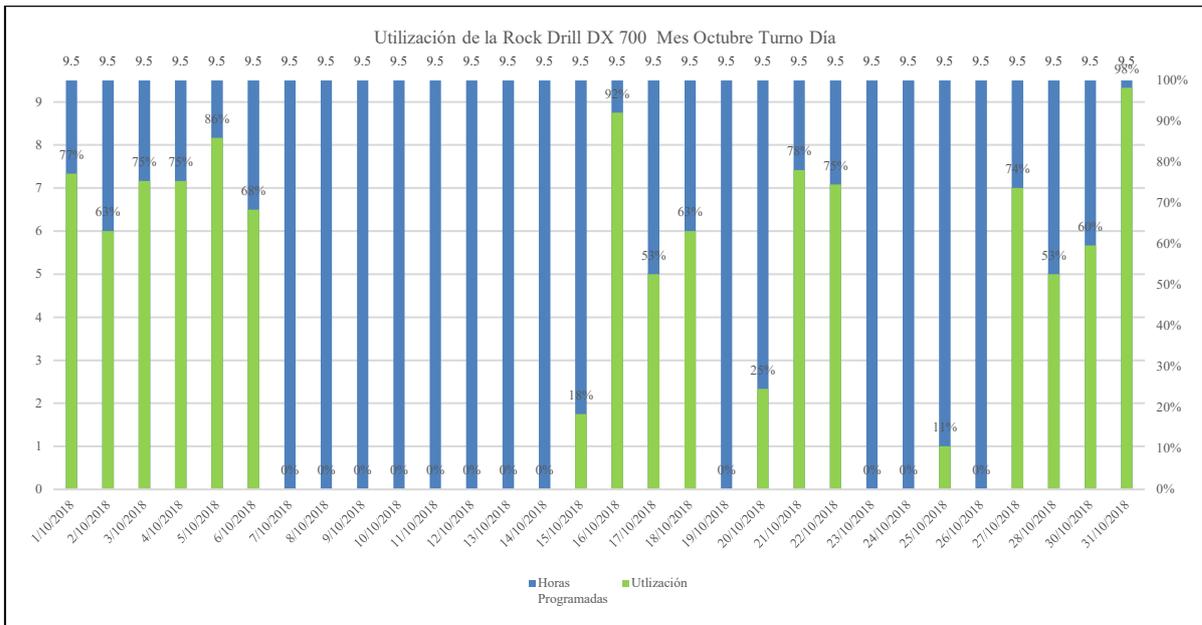


**Figura 31 — Utilización de la Rock Drill DX 700 en el mes de setiembre turno día fue un promedio de 56%**

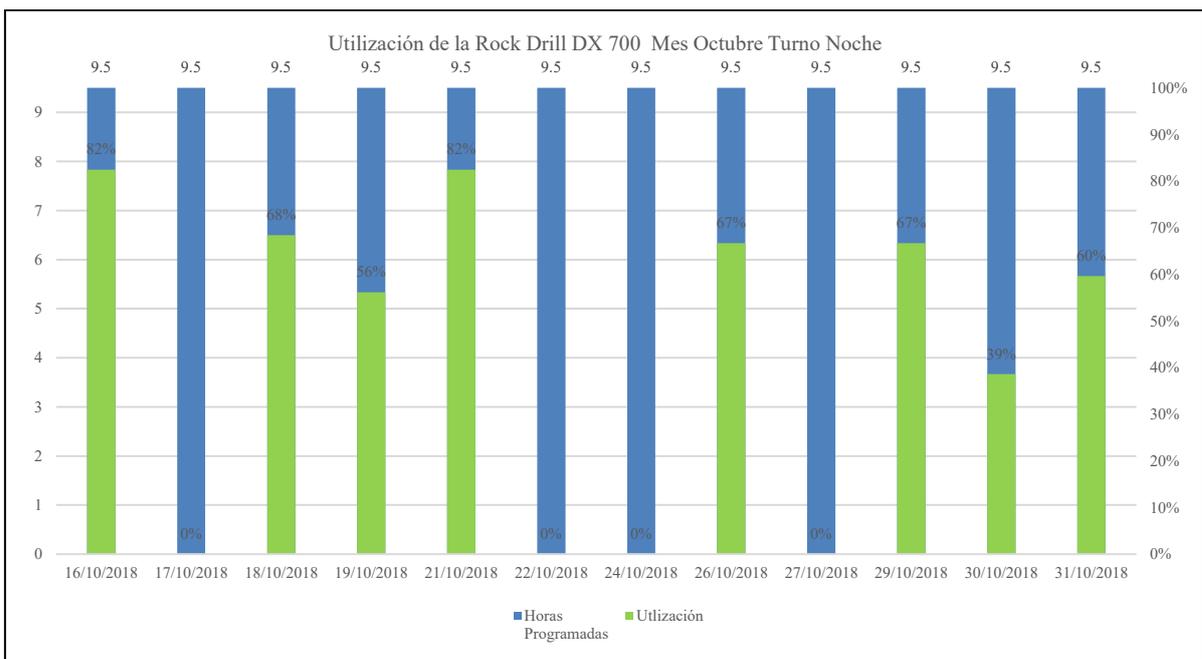


**Figura 32 — Utilización de la DX 700 en setiembre, turno noche tuvo un promedio de 36%**

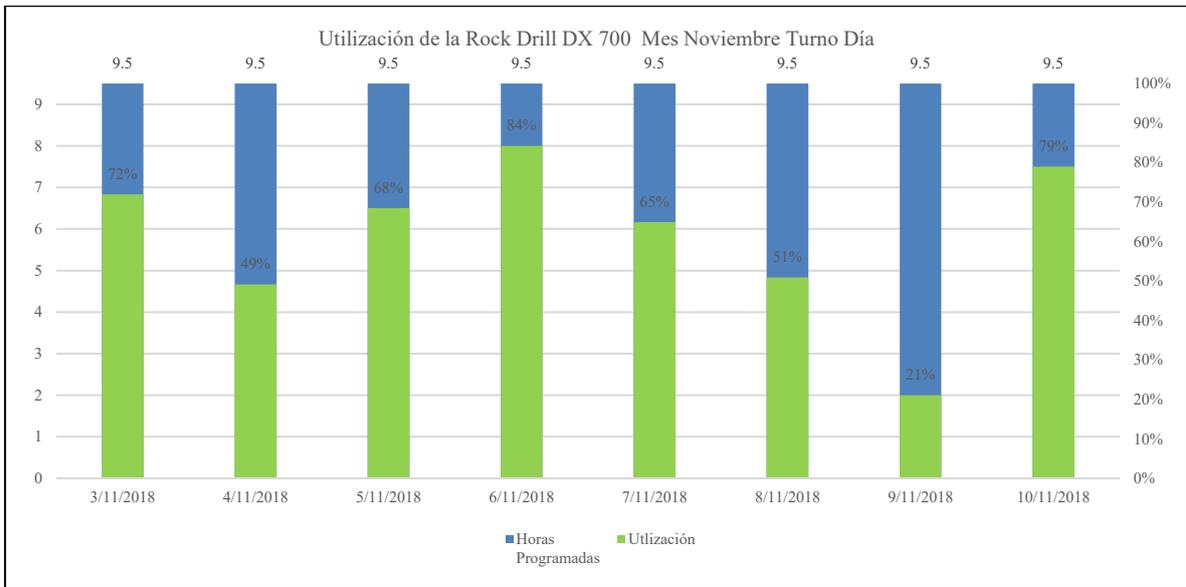




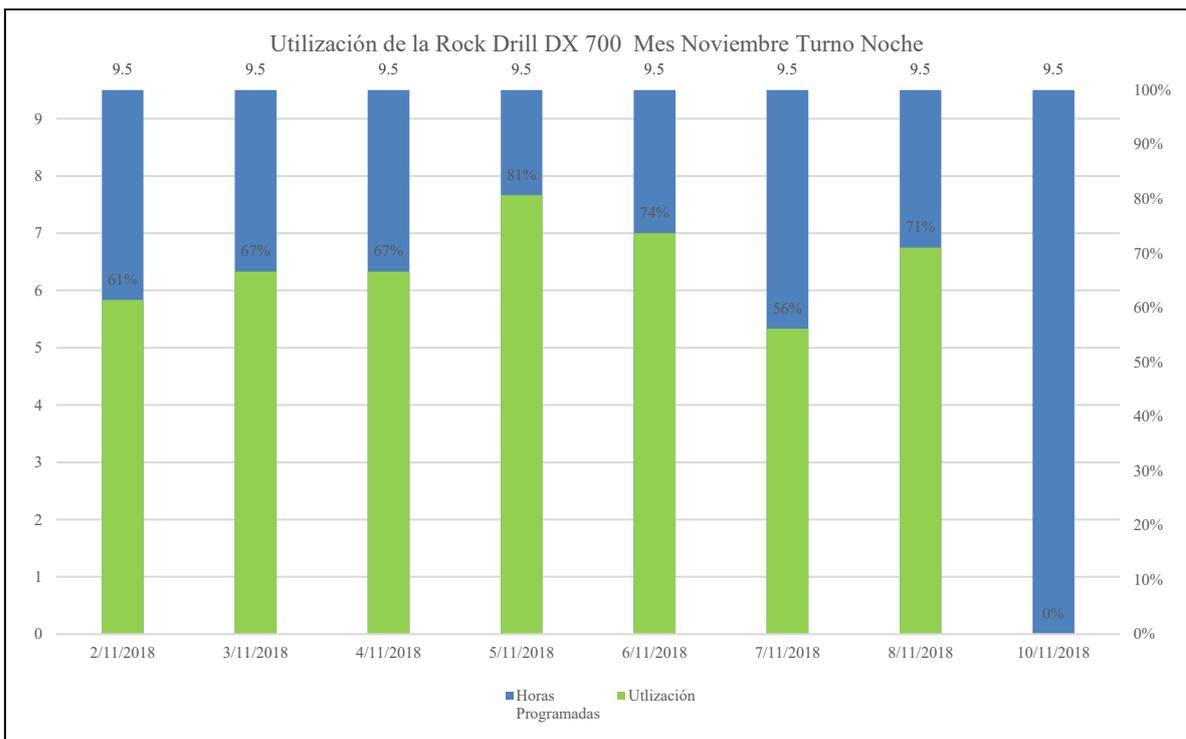
**Figura 33 — Utilización de la DX 700 en el mes de octubre, turno día fue un promedio de 64%**



**Figura 34 — Utilización de la DX 700 en el mes de octubre, turno noche tuvo un promedio de 65%**



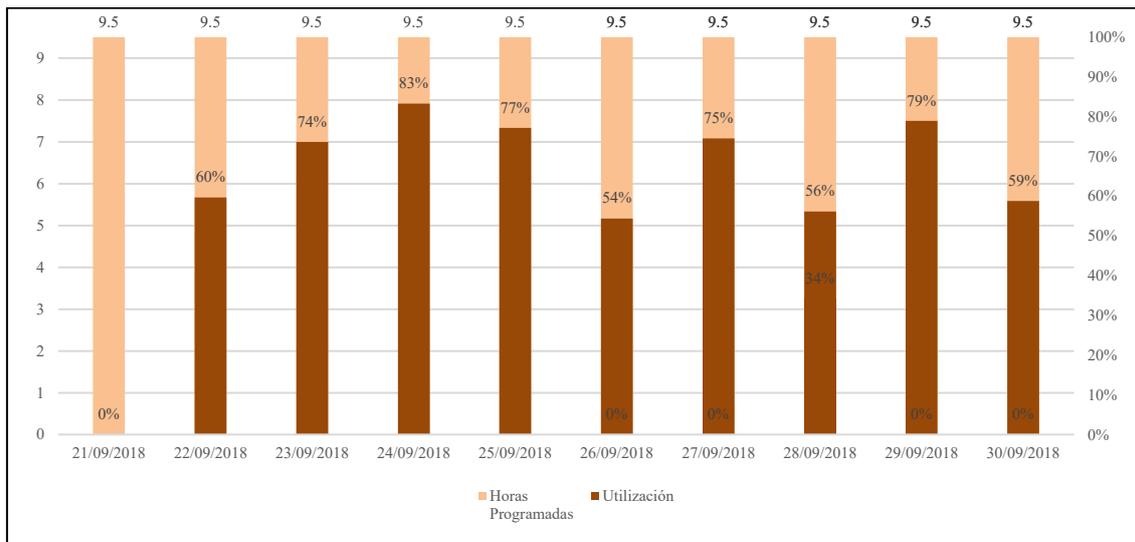
**Figura 35 — Utilización de la DX 700 en el mes de noviembre, turno día fue de 61%**



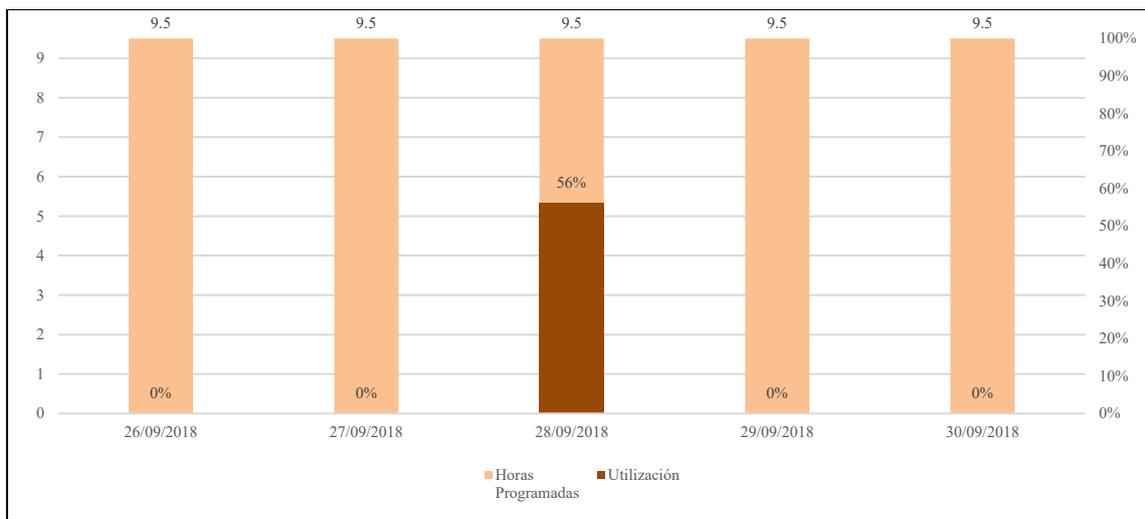
**Figura 36 — Utilización de la DX 700 en el mes de noviembre, turno noche fue un promedio de 68%**



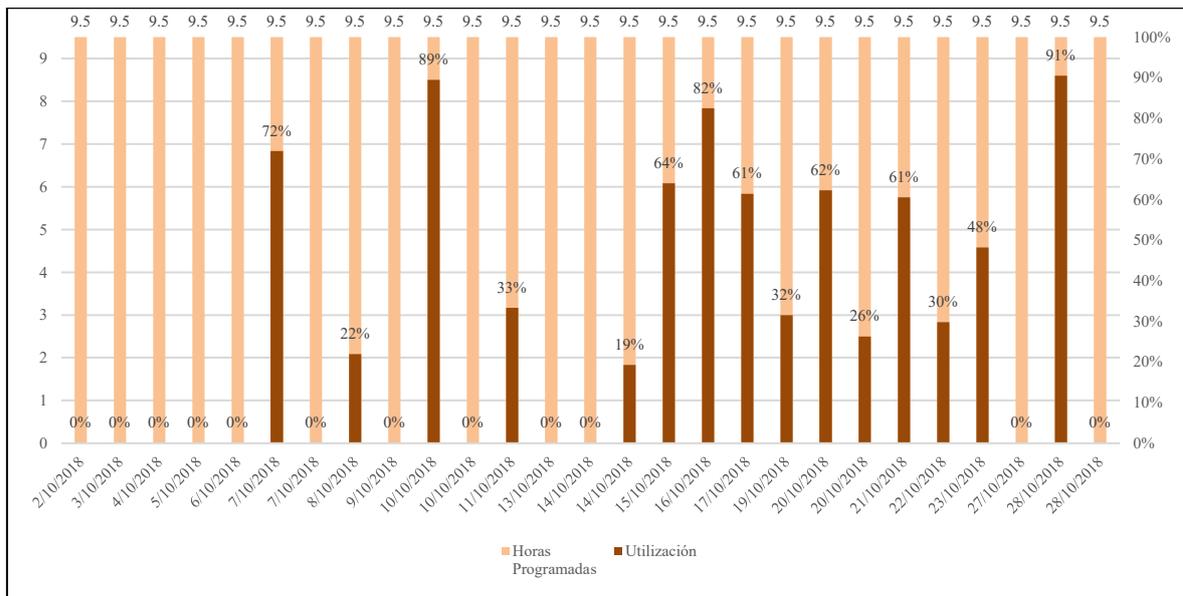
### 4.5.6.2 Utilización de la Rock Drill Furukawa FRD 1200



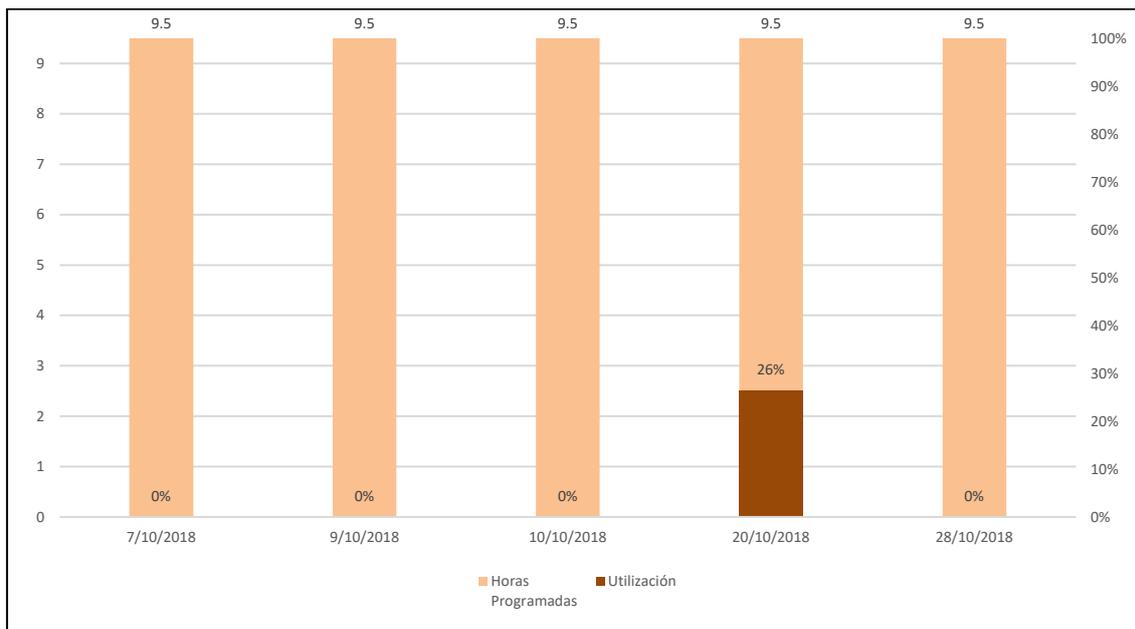
**Figura 37 — Utilización de la Rock Drill Furukawa 1200 en Setiembre. Turno día tuvo un promedio de 66%**



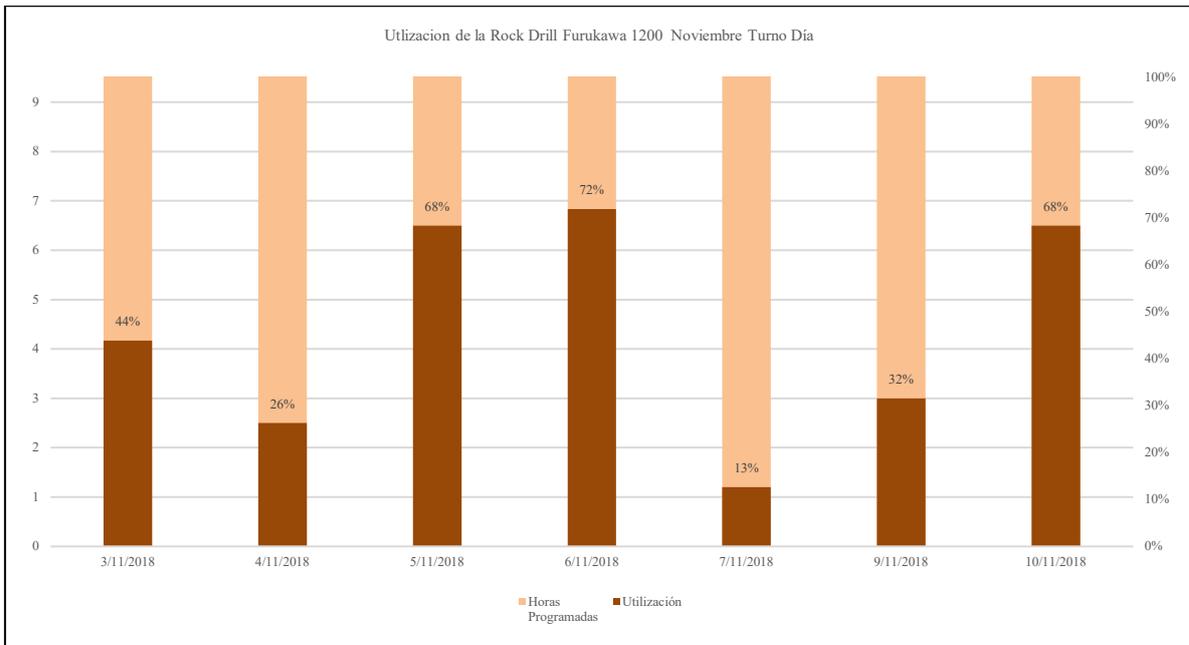
**Figura 38 — Utilización de la Rock Drill Furukawa 1200 en Setiembre. Turno noche tuvo un promedio de 56%**



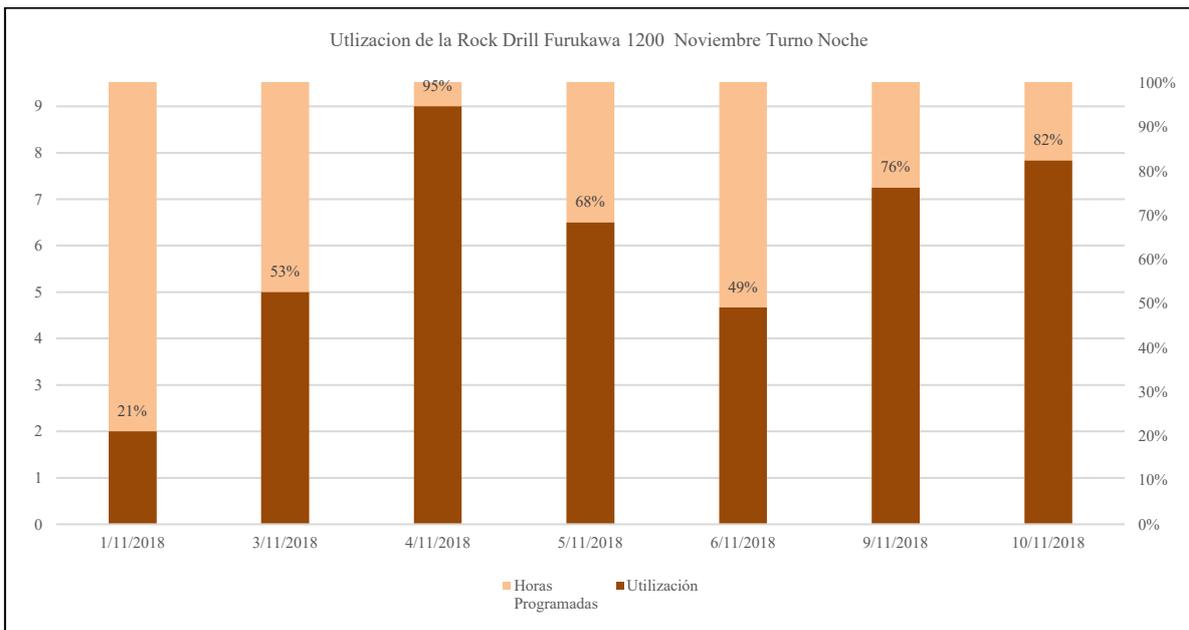
**Figura 39** — La utilización de la Rock Drill Furukawa 1200 en el mes de octubre en turo día, fue un promedio de 55%



**Figura 40** — La utilización de la Rock Drill Furukawa 1200 en el mes de octubre turno noche, fue un promedio de 26%



**Figura 41 — La Utilización de la Rock Drill Furukawa 1200 en el mes de noviembre turno día, fue un promedio de 46%**



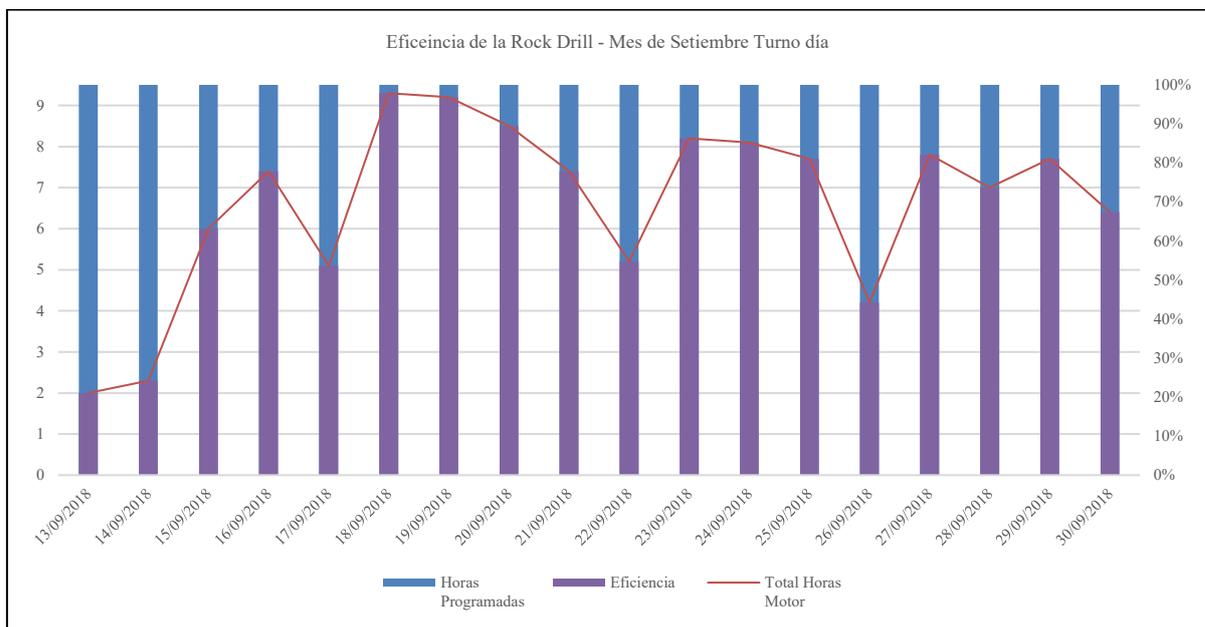
**Figura 42 — La Utilización de la Rock Drill Furukawa 1200 en el mes de noviembre turno noche, fue un promedio de 64%**

**Tabla 29 — Resumen general de la utilización**

<b>Utilización de equipos</b>			
<b>Equipo</b>	<b>Mes</b>	<b>Turno</b>	<b>Promedio</b>
DX 700	Setiembre	Día	56%
		Noche	36%
	Octubre	Día	64%
		Noche	65%
	Noviembre	Día	61%
		Noche	68%
Furukawa	Setiembre	Día	66%
		Noche	56%
	Octubre	Día	55%
		Noche	26%
	Noviembre	Día	46%
		Noche	64%
			<b>55%</b>

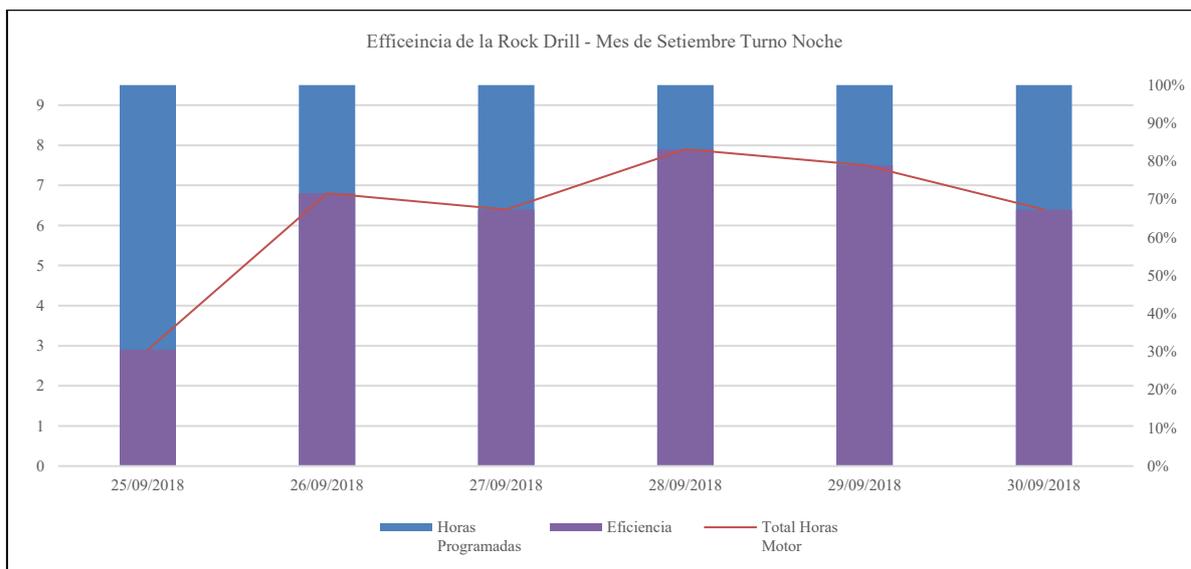
#### 4.5.7 Estadística de eficiencia de perforación

##### 4.5.7.1 Eficiencia de la Rock Drill Sandvick DX 700

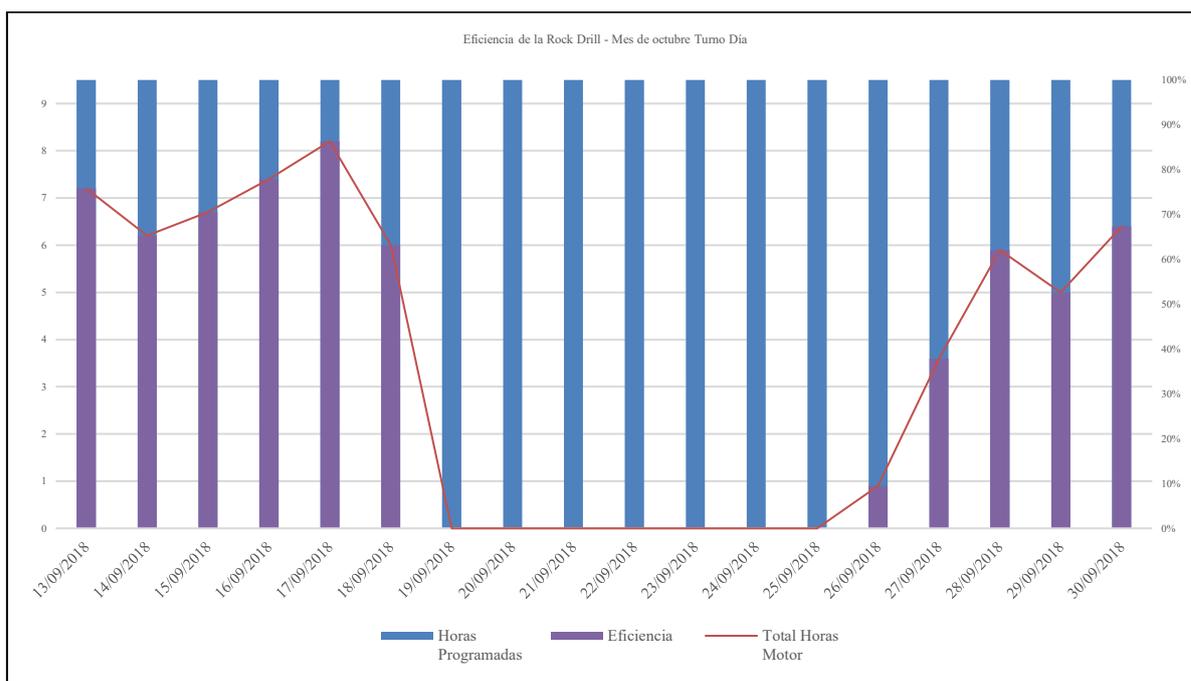


**Figura 43 — Eficiencia de la Rock Drill Sandvick DX 700 en el mes de setiembre, turno día fue un promedio de 70%**



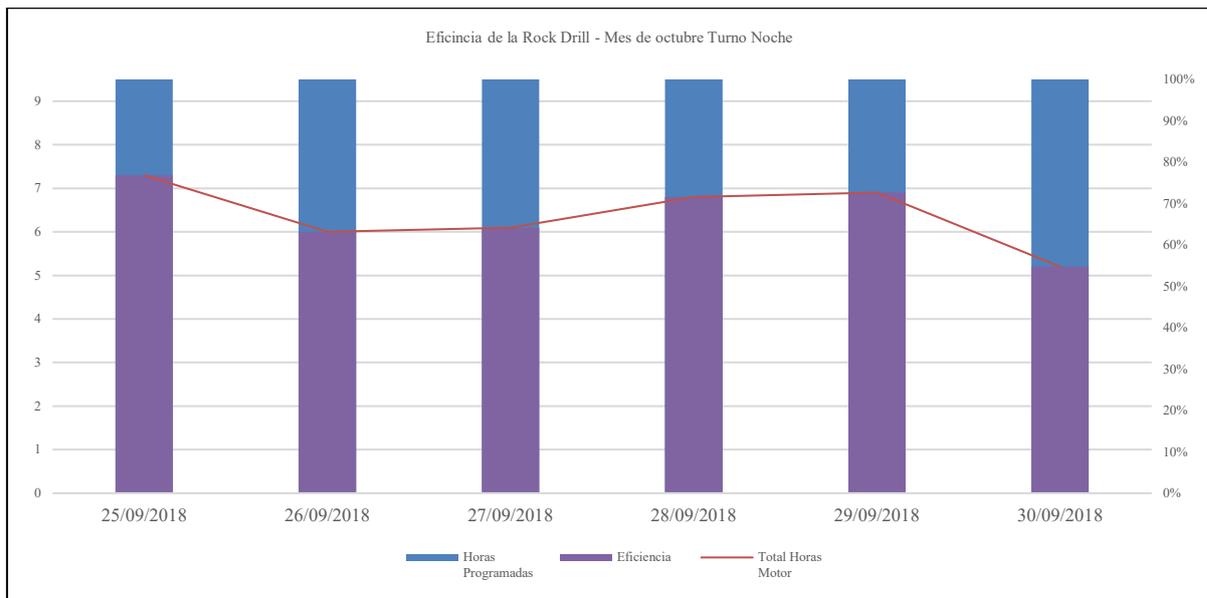


**Figura 44 — Eficiencia de la Rock Drill Sandvick DX 700 en el mes de setiembre, turno noche fue un promedio de 66%**

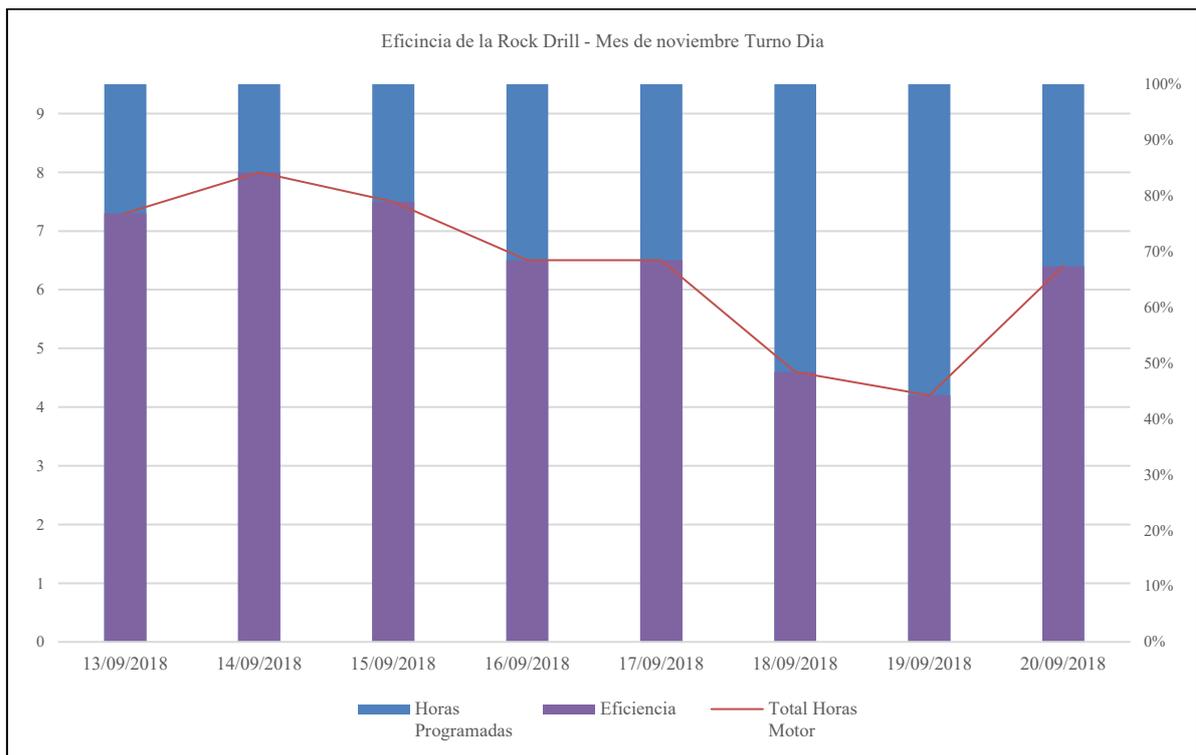


**Figura 45 — Eficiencia de la Rock Drill Sandvick DX 700 en el mes de octubre, turno día fue un promedio de 59%**



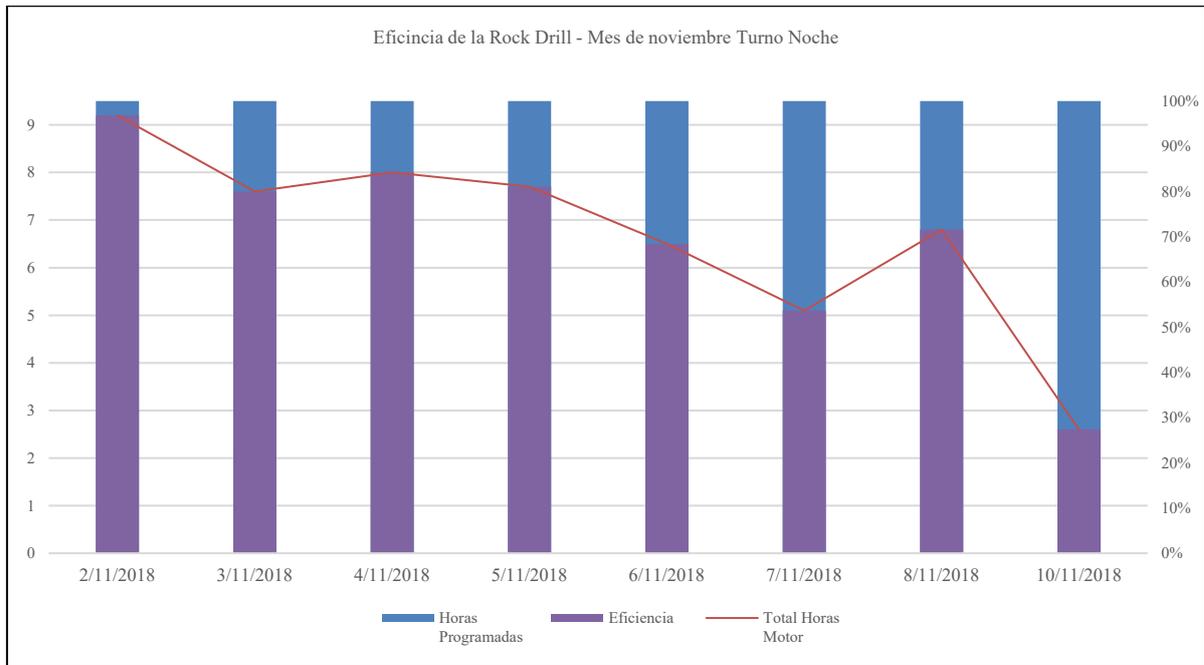


**Figura 46 — Eficiencia de la Rock Drill Sandvick DX 700 en el mes de octubre, turno noche fue un promedio de 63%**



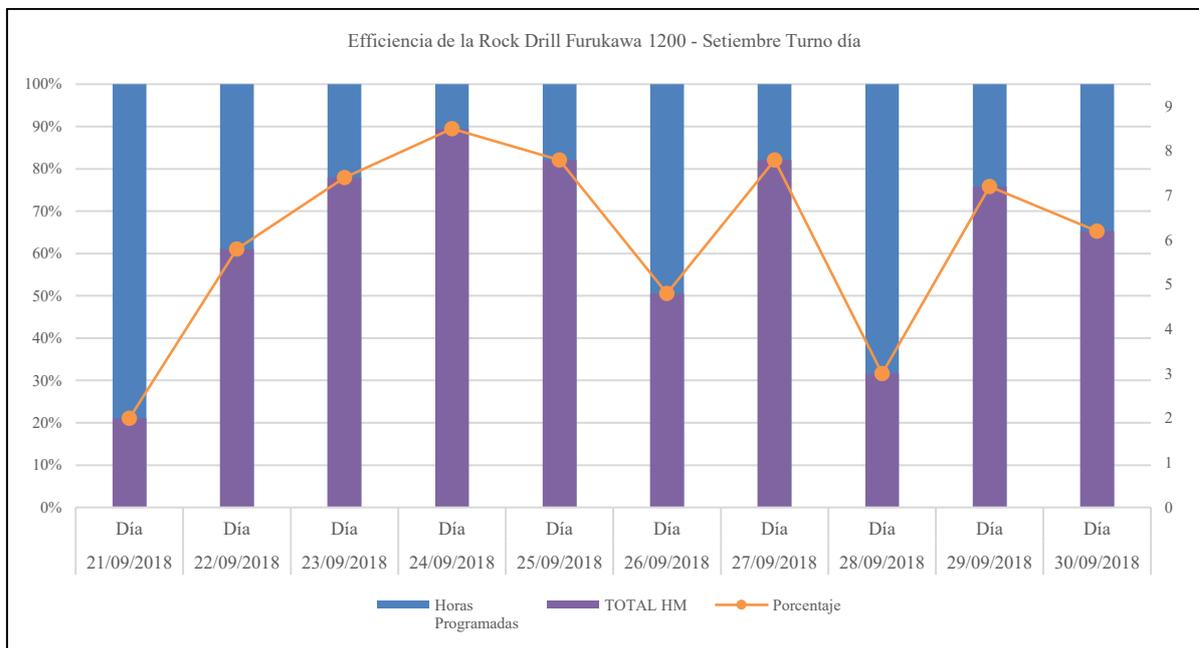
**Figura 47 — Eficiencia de la Rock Drill Sandvick DX 700 en el mes de noviembre, turno día fue un promedio de 67%**





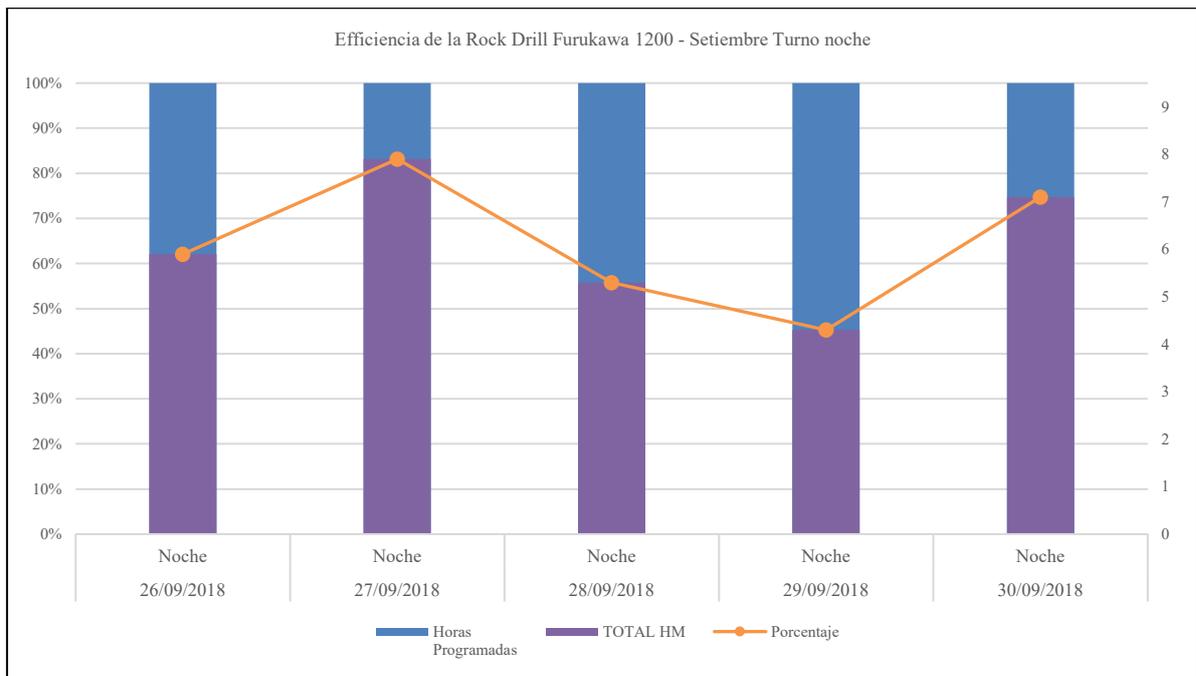
**Figura 48 — Eficiencia de la Rock Drill Sandvick DX 700 en el mes de noviembre, turno noche fue un promedio de 70%**

#### 4.5.7.2 Eficiencia de la Rock Dril Furukawa 1200



**Figura 49 — La eficiencia de la Rock Drill Furukawa 1200 en el mes de setiembre, turno día fue un promedio de 64%**



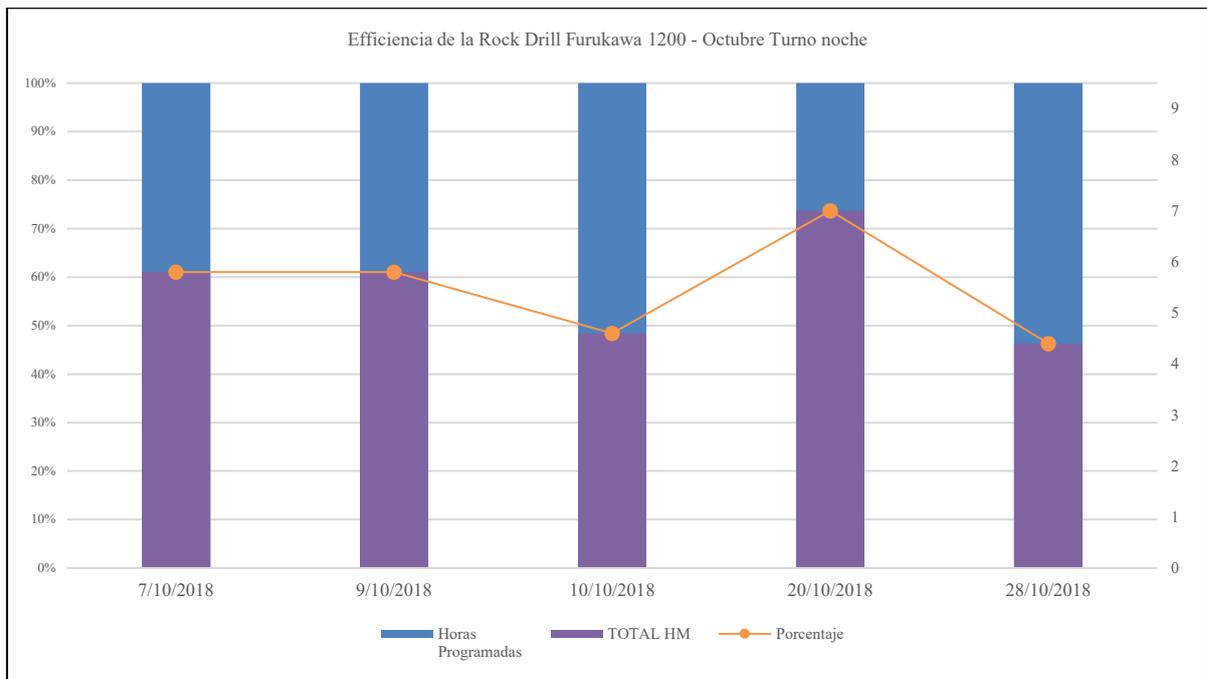


**Figura 50** — La eficiencia de la Rock Drill Furukawa 1200 en el mes de setiembre, turno noche fue un promedio de 64%

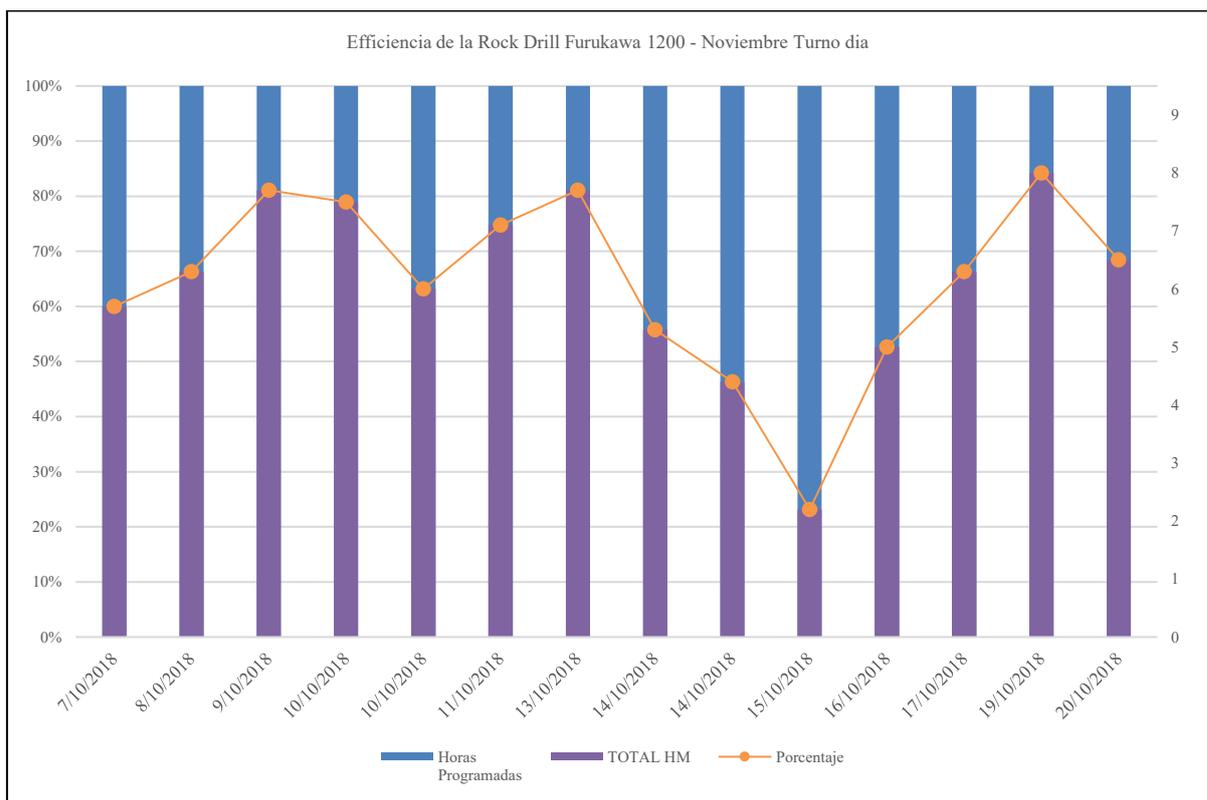


**Figura 51** — La eficiencia del rock drill Furukawa 1200, en el mes de octubre, turno día fue un promedio de 60%





**Figura 52 — La eficiencia del rock drill Furukawa en el mes de octubre turno noche, tuvo un promedio de 58%**



**Figura 53 — La eficiencia del rock drill Furukawa 1200 en el mes de noviembre turno día, fue un promedio de 62%**

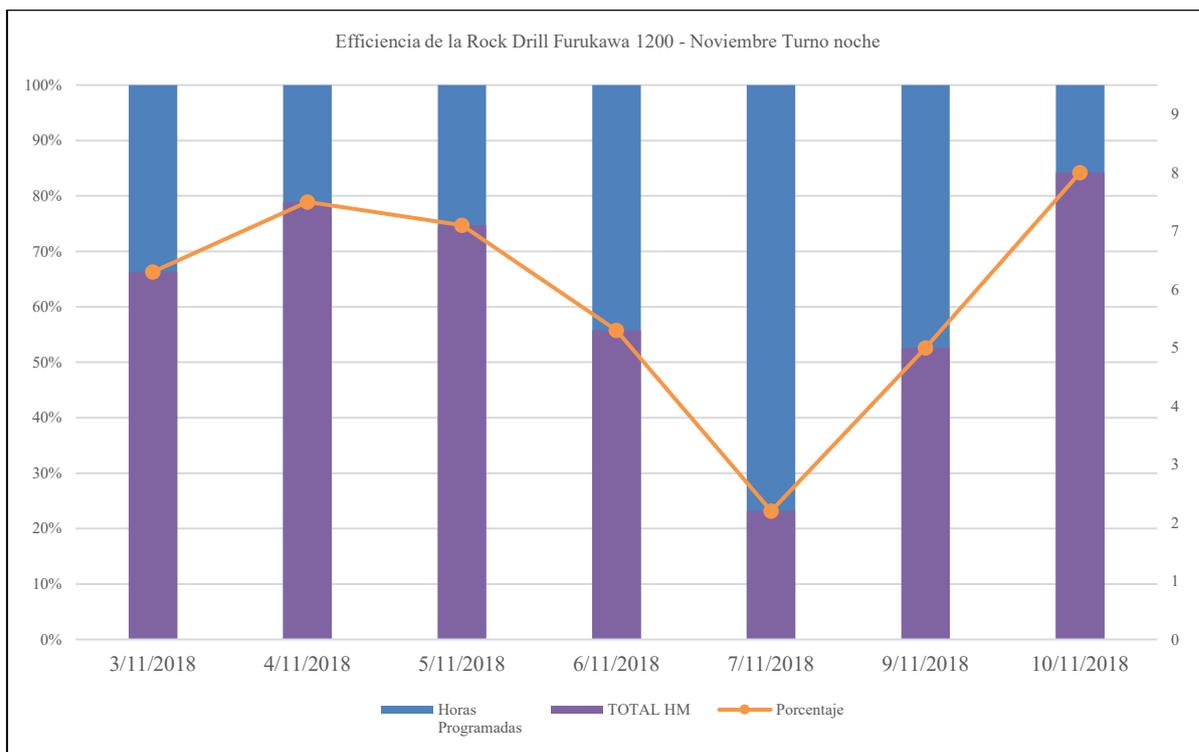


Figura 54 — La eficiencia del rock drill Furukawa 1200 en el mes de noviembre turno noche, tuvo un promedio de 67%

Tabla 30 — Cuadro resumen de eficiencias de ambos equipos

Eficiencia de equipos			
Equipo	Mes	Turno	Promedio
DX 700	Setiembre	Dia	70%
		Noche	66%
	Octubre	Dia	59%
		Noche	63%
	Noviembre	Dia	67%
		Noche	70%
Furukawa	Setiembre	Dia	64%
		Noche	64%
	Octubre	Dia	60%
		Noche	58%
	Noviembre	Dia	62%
		Noche	67%
			<b>64%</b>

De acuerdo al cuadro anterior se deduce que la eficiencia del rock drill DX 700 es de **66%**. Y la eficiencia del rock drill Furukawa 1200 es de **63%**.



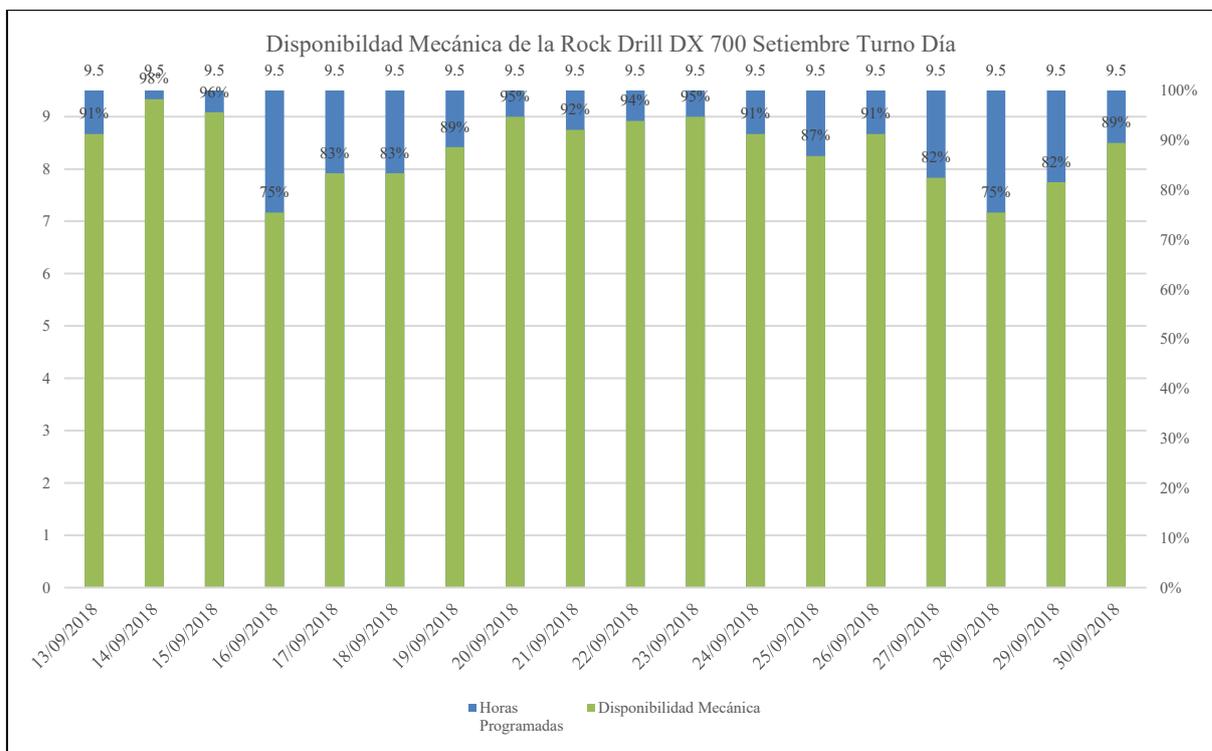
#### 4.5.8 Mantenimiento de equipos

El objetivo de un plan de mantenimiento es asegurar la garantía de que el equipo tenga una muy buena disponibilidad, y asimismo asegurar la confiabilidad de que el rock drill trabaje de manera óptima.

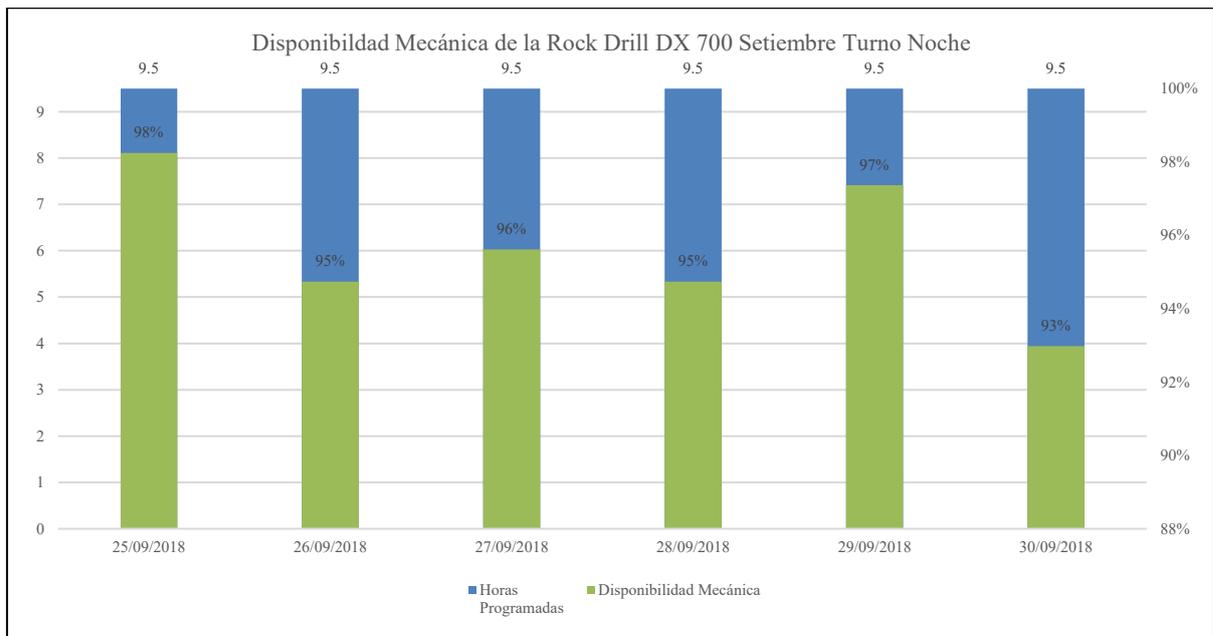
Asimismo, conservar y administrar adecuadamente dichos equipos a una condición que le permita cumplir con las funciones, dentro de un marco económico óptimo y de acuerdo a las normas técnicas y procedimientos de seguridad y medio ambiente establecidos.

##### 4.5.8.1 Indicadores de gestión de mantenimiento

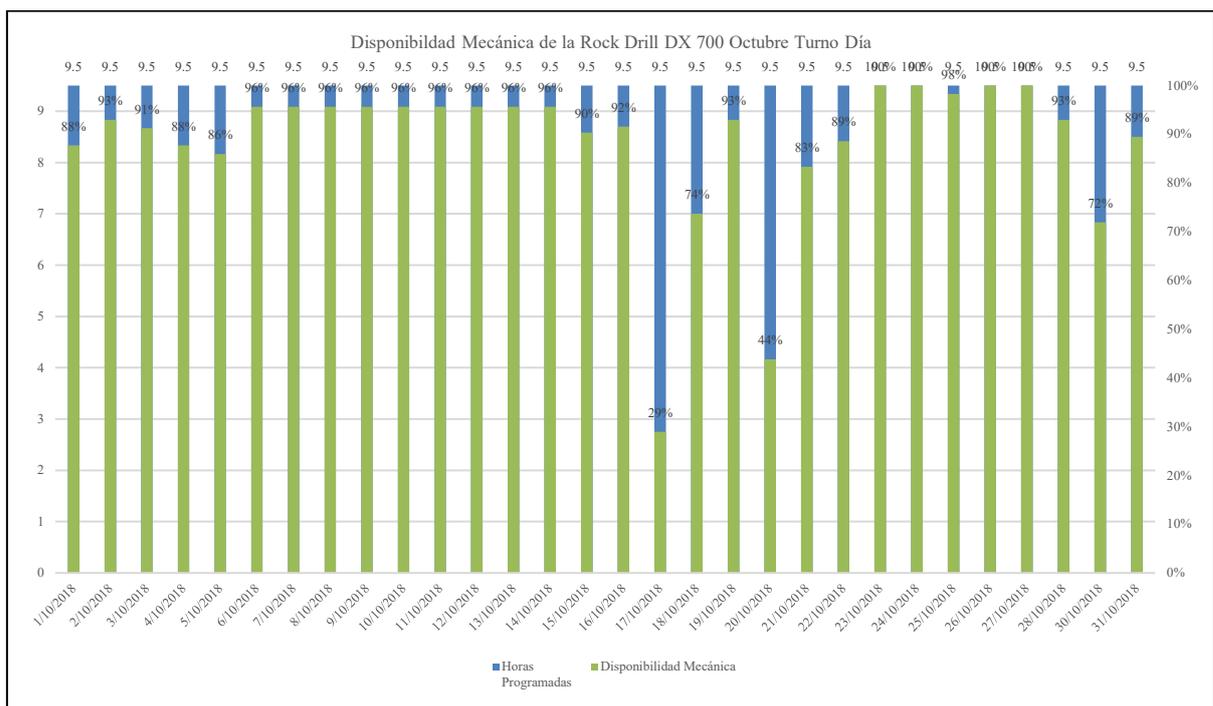
###### 4.5.8.1.1 Disponibilidad mecánica del Rock Drill DX 700



**Figura 55 — Disponibilidad mecánica del rock dril DX 700 en el mes de setiembre turno día, fue un promedio de 88%**

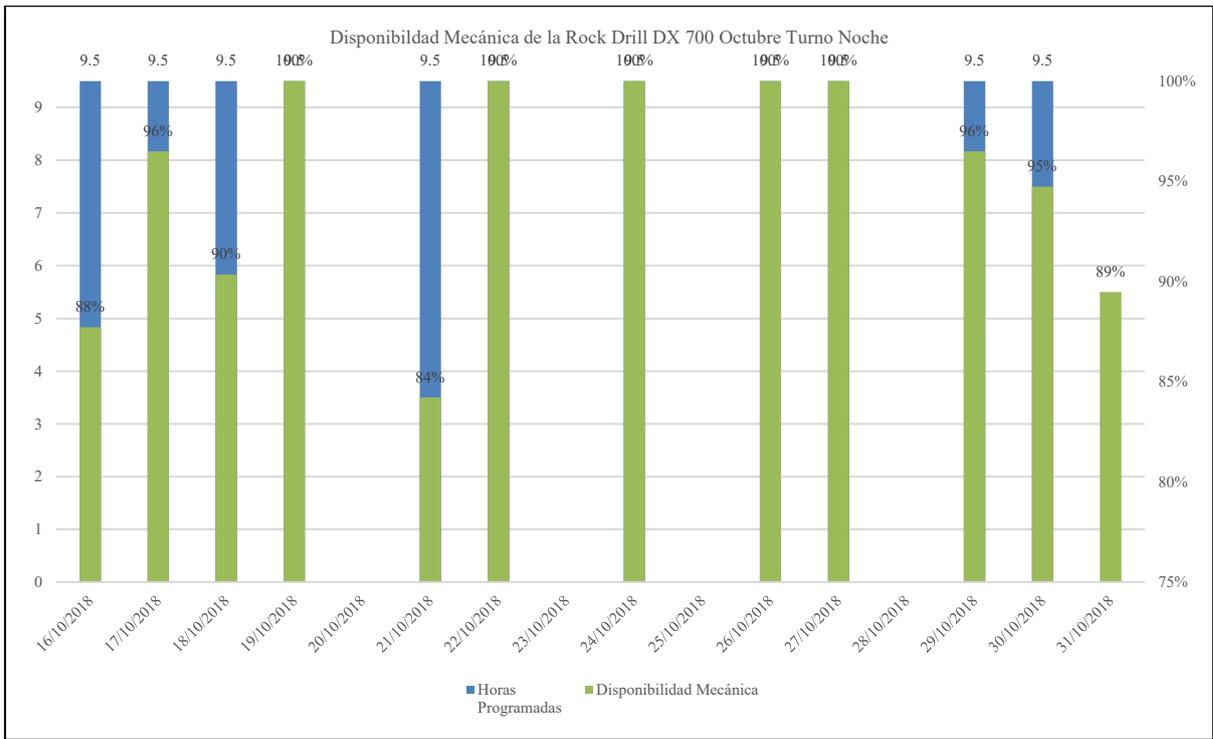


**Figura 56 — Disponibilidad mecánica del rock drill DX 700 en el mes de setiembre turno noche, fue un promedio de 96%**

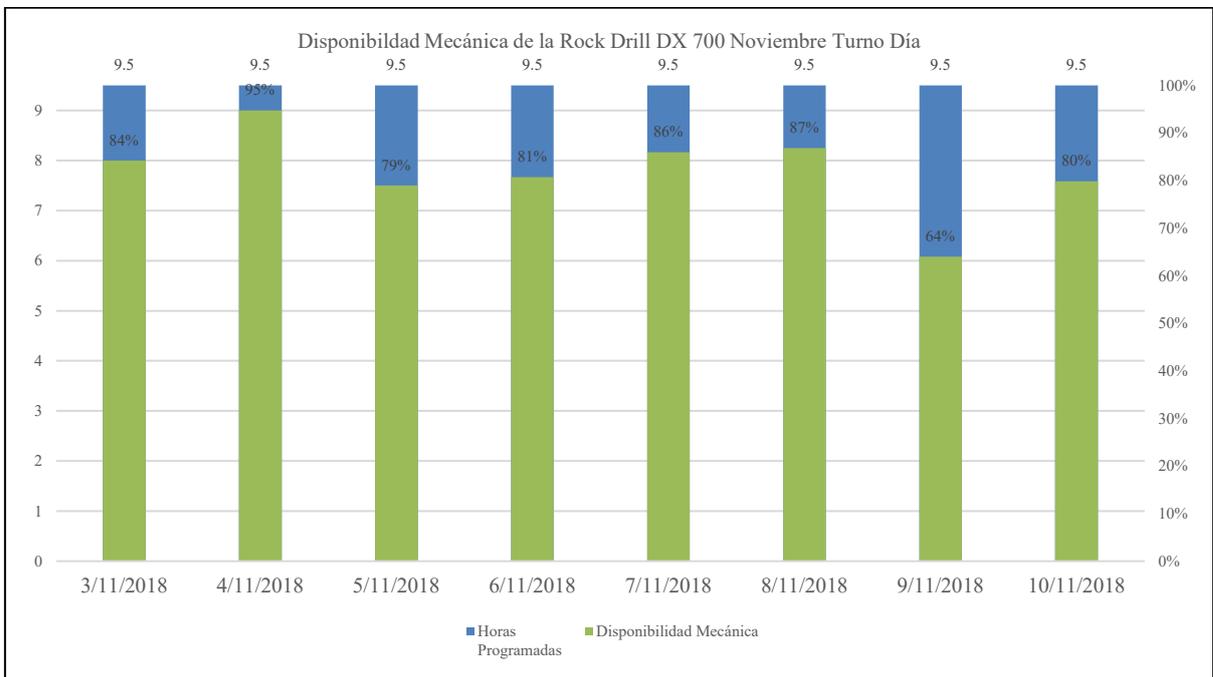


**Figura 57 — Disponibilidad mecánica del rock drill DX 700 en el mes de octubre turno día, tuvo un promedio de 88%**



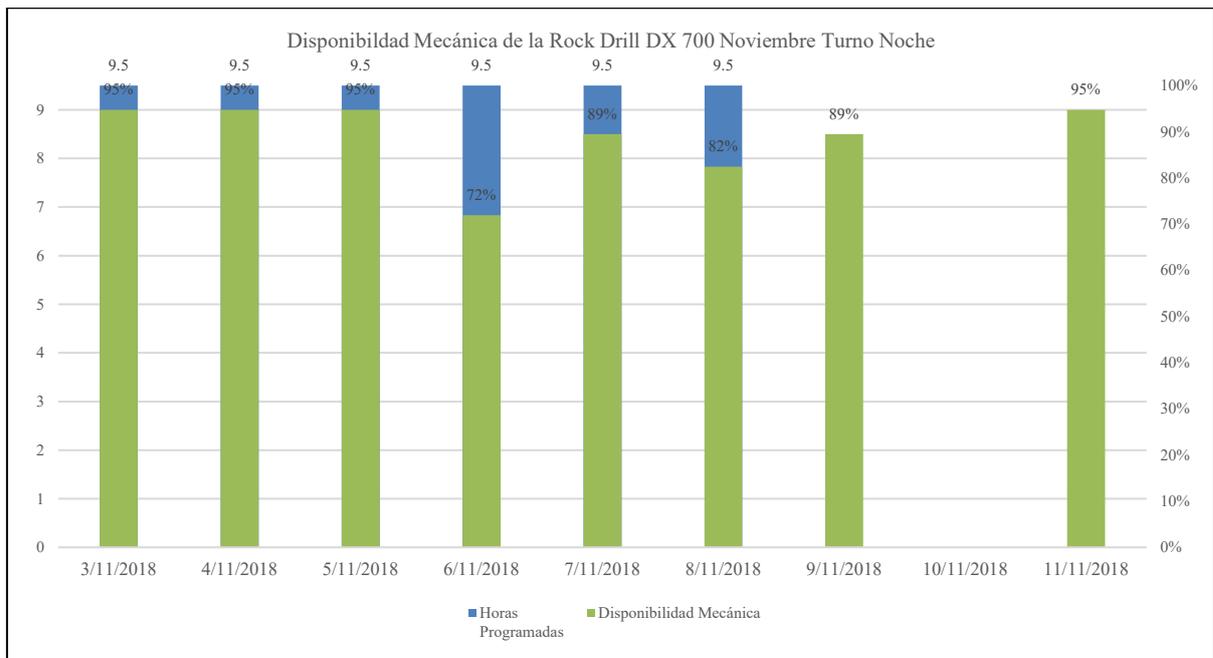


**Figura 58 — Disponibilidad mecánica del rock drill DX 700 en el mes de octubre turno noche, fue un promedio de 95%**



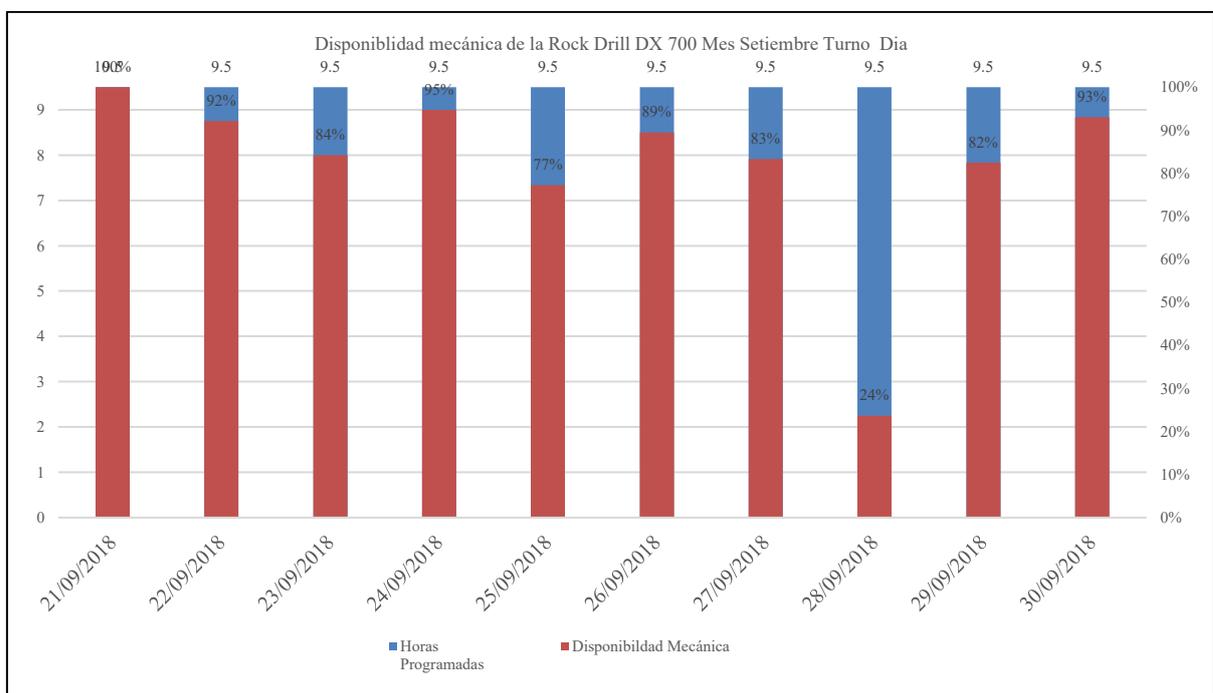
**Figura 59 — Disponibilidad mecánica del rock drill DX 700 en el mes de noviembre turno día, fue un promedio de 82%**





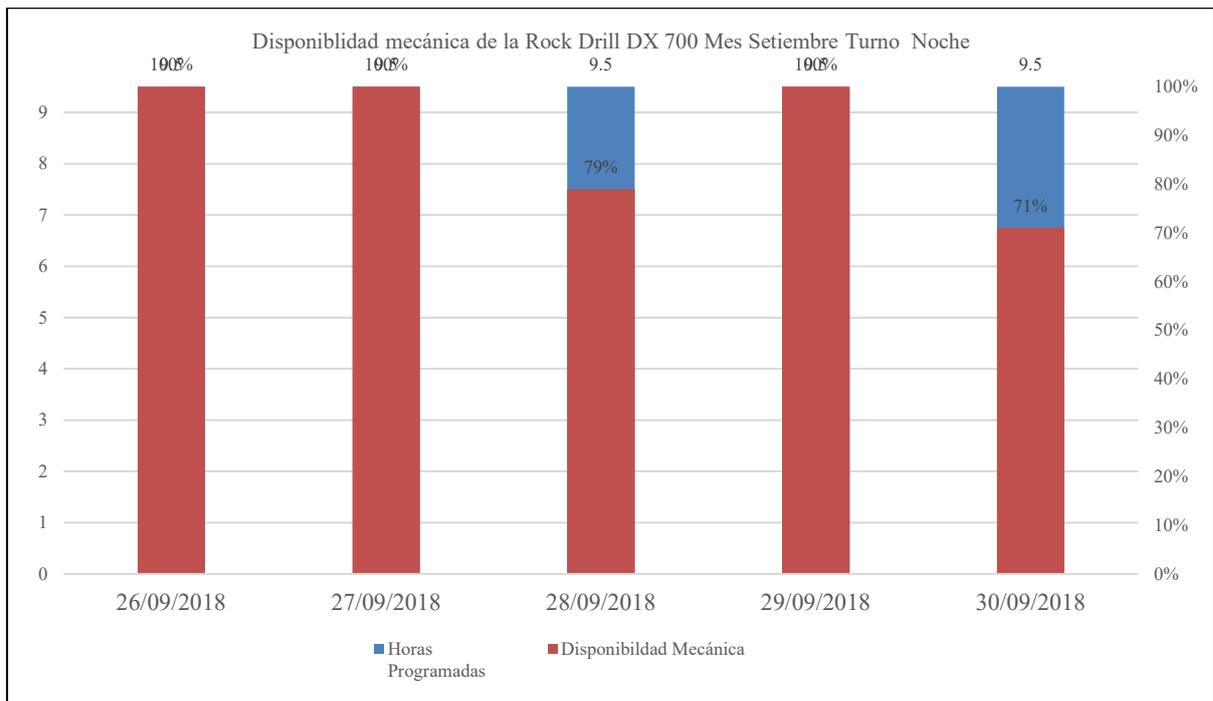
**Figura 60 — Disponibilidad mecánica del rock drill DX 700 en el mes de noviembre turno noche, tuvo un promedio de 89%**

#### 4.5.8.1.2 Disponibilidad mecánica del Rock Drill Furukawa 1200

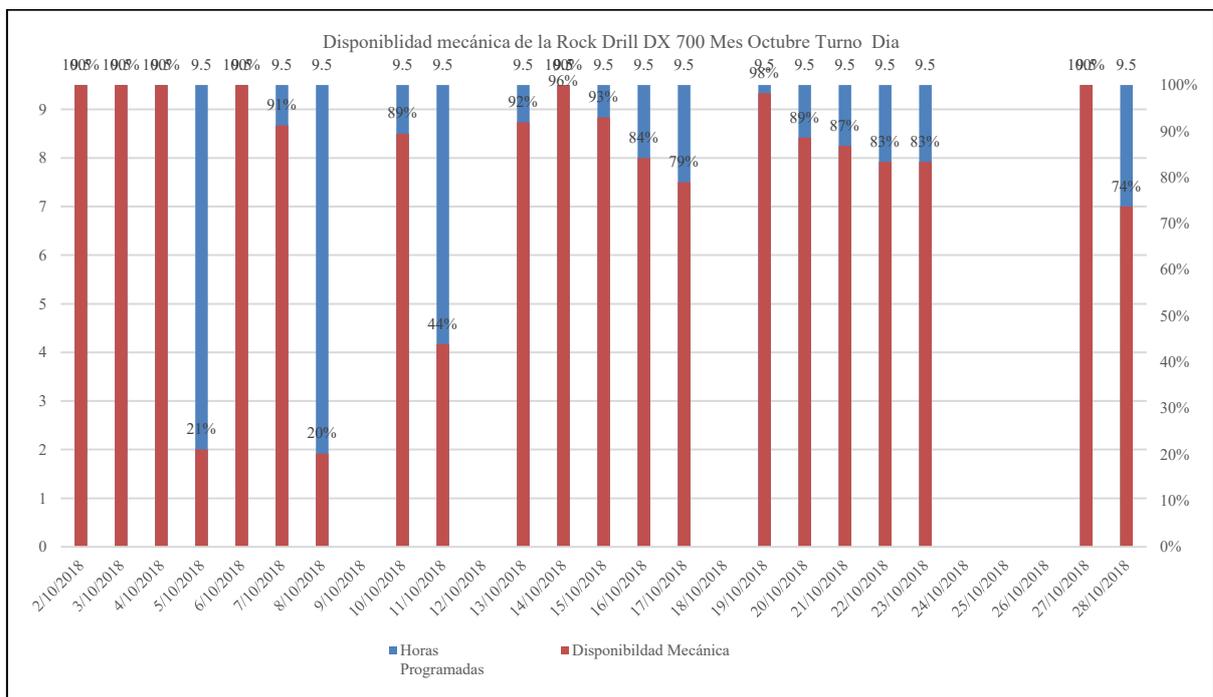


**Figura 61 — Disponibilidad mecánica del rock dril Furukawa 1200 en el mes de setiembre turno día fue un promedio de 82%**



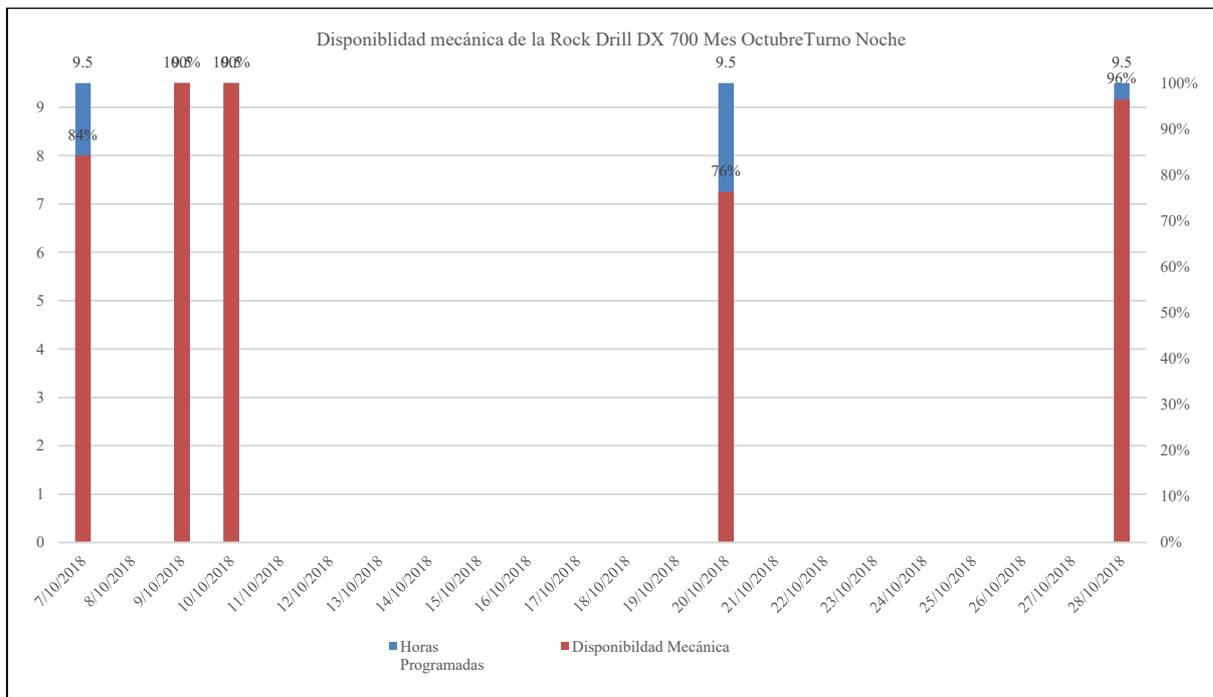


**Figura 62 — Disponibilidad mecánica del rock drill Furukawa en el mes de setiembre turno noche fue un promedio de 90%**

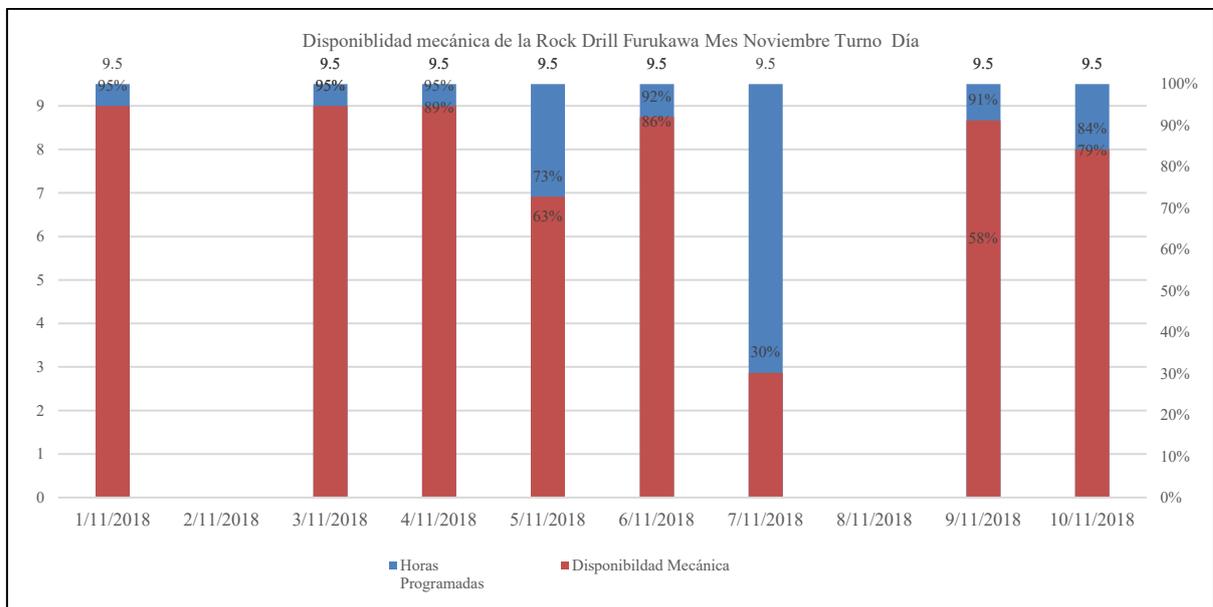


**Figura 63 — Disponibilidad mecánica del rock drill Furukawa 1200 en el mes de octubre turno día, fue un promedio de 83%**





**Figura 64 — Disponibilidad mecánica del rock drill Furukawa 1200 en el mes de octubre turno noche fue un promedio de 88%**



**Figura 65 — Disponibilidad mecánica del rock drill Furukawa 1200 en el mes de noviembre turno día fue un promedio de 73%**



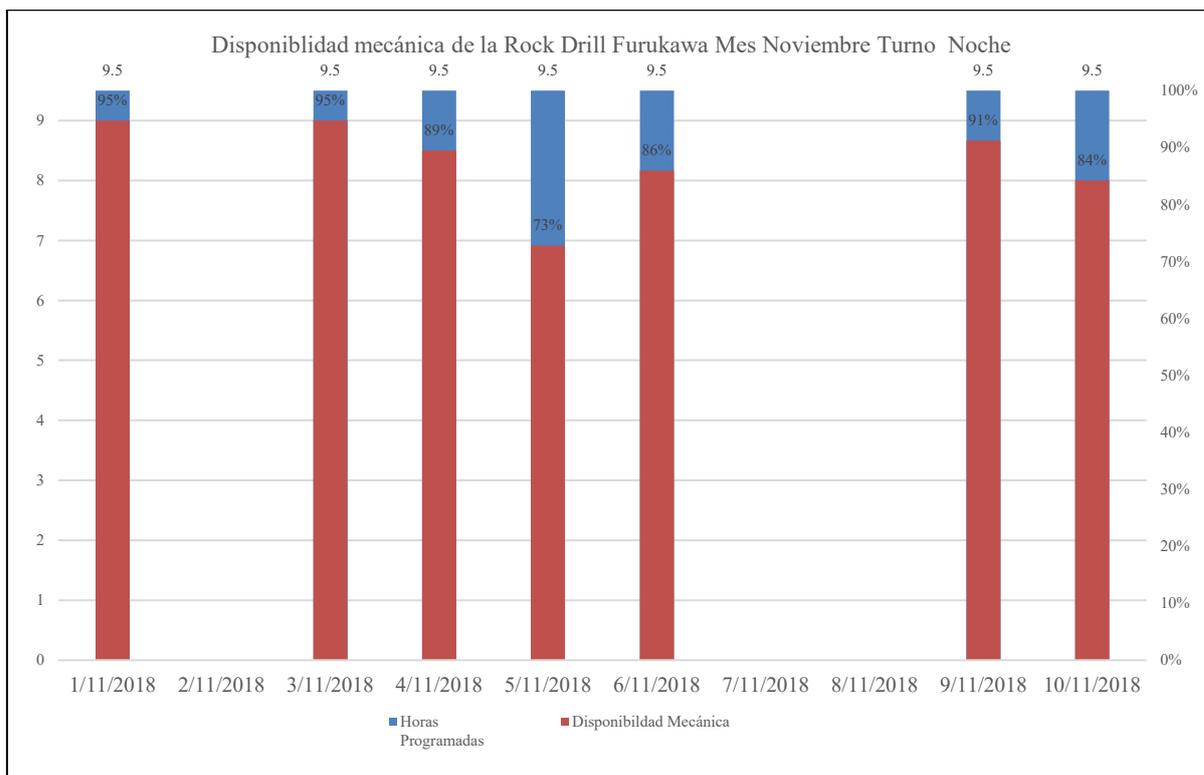


Figura 66 — Disponibilidad mecánica del rock drill Furukawa 1200 en el mes de noviembre turno noche tuvo un promedio de 88%

Tabla 31 — Cuadro resumen disponibilidad mecánica de ambos equipos de perforación

Disponibilidad mecánica de los equipos			
Equipo	Mes	Turno	Promedio
DX 700	Setiembre	Dia	88%
		Noche	96%
	Octubre	Dia	88%
		Noche	95%
	Noviembre	Dia	82%
		Noche	89%
Furukawa	Setiembre	Dia	82%
		Noche	90%
	Octubre	Dia	83%
		Noche	88%
	Noviembre	Dia	73%
		Noche	88%
			<b>87%</b>



#### 4.6 Técnica e instrumentos

Para el procedimiento de esta investigación se realizó los siguientes pasos, primero se eligió el tema perforación porque había un problema en el avance del proyecto Bulk Earthwork en Mina Justa, seguidamente se planteó el problema en sí, y luego se realiza la recolección de datos para plantear la hipótesis y desarrollar todo el marco teórico hasta obtener los resultados y conclusiones. Una vez recopilado la información necesaria de campo se procedió hacer un estudio detallado de cada una de las variables, para poder demostrar la alternativa de más óptimas solución y así tomar la mejor decisión y lograr resultados positivos.

Se realizaron las siguientes actividades:

- Codificación de datos
- Clasificación y análisis mediante tablas y cuadros

Las técnicas estadísticas a utilizar para mostrar la significancia de los resultados serán:

- Operaciones básicas matemáticas
- Media aritmética
- Promedio ponderado
- Gráficos
- Tablas dinámicas
- Gráficos dinámicos
- Filtros
- Validación de datos

El EXCEL fue una herramienta más utilizada para procesar la información de igual forma se realizaron cálculos en una libreta.

#### 4.7 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de datos se realiza mediante la Correlación de Pearson, que mide el grado de correlación entre dos variables. Para lo cual tomamos datos como el

número de equipos con su respectiva producción diaria, se desarrolla como muestra el siguiente cuadro estadístico:

**Tabla 32 — Cuadro estadístico**

	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
<b>Antes</b>	2	3588	7176	4	12873744
<b>Propuesto</b>	5	10599	52993.664	25	112333137
<b>2</b>	<b>7</b>	<b>14186.7328</b>	<b>60169.664</b>	<b>29</b>	<b>125206881</b>

Aplicamos la ecuación de coeficiente de correlación de Pearson (Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 2007, 20(2)):

$$r = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

$$r = \frac{2*60169.664 - (7)(14186.7328)}{\sqrt{[2*29 - (7)^2][2*125206881 - (14186.7328)^2]}}$$

$$r = 1$$

Según Pearson, un valor mayor que 0 indica que existe una correlación positiva. En este caso las variables estarían asociadas en sentido directo. Cuanto más cerca de +1, más alta es su asociación. Un valor exacto de +1 indicaría una relación lineal positiva perfecta. Lo cual significa que si una variable aumenta la otra variable también aumenta, mostrando una recta lineal positiva, se interpreta que el cambio en una variable es directamente proporcional al cambio de la otra variable.

En conclusión, deducimos que, si incrementamos el número de equipos rock drill para este proyecto a un costo determinado, también incrementa la productividad diaria.



## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1 Análisis de los resultados

##### 5.1.1 Cálculo de parámetros de perforación

Para Rock Drill DX 700 y Furukawa 1200 se halla mediante la siguiente ecuación. Según la ecuación de KONYA

$$B(m) = 0.0121 * \left[ 2 \left( \frac{\rho_{Explosivo}}{\rho_{Roca}} \right) + 1.5 \right] * \varnothing_{Explosivo} (mm)$$

Donde:

Ø Explosivo (mm) = Ø Taladro (mm) 2.5"	63.5	mm
Densidad de explosivo	Anfo	0.8 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad de la roca	Andesita	2.64 gr/cm <sup>3</sup>

$$B(m) = 0.0121 * \left[ 2 \left( \frac{0.8}{2.64} \right) + 1.5 \right] * 63.5$$

Burden (m)	= 1.60
Espaciamiento (m) E=1.17*B	= 1.90
Altura de banco (m)	= 6.00
Sobreperforación (m)	= 0.50

\*Para nuestro análisis tomaremos los siguientes valores para el Burden = 2.0 m y Espaciamiento = 2.2 m, en la actualidad se viene trabajando con esta malla de perforación, que salió a partir de varias pruebas en campo, de igual forma los resultados en la voladura han sido favorables, por lo cual se optó como una alternativa para el diseño de malla.



**Tabla 33 — Resumen de la vida útil de los aceros de perforación**

<b>Rendimiento de los aceros de perforación (mlp)</b>			
Mes	Broca normal de 2.5"	Barra MF, Rosca T38 de 12 pies	Adaptador de Culata Rosca T38
Setiembre	829	3553	1609
Octubre	1010	2200	3107
Noviembre	939	4250	2959
<b>Promedio</b>	<b>926</b>	<b>3334</b>	<b>2558</b>

### 5.1.2 Análisis de costos en función a la base de datos

#### 5.1.2.1 Análisis de costos para la Rock Drill DX 700

**Tabla 34 — Base de datos para análisis de costos**

<b>Base de datos – Producción</b>		<b>Ingreso de datos</b>	<b>Unidades</b>
<b>1.</b>	<b>Producción</b>		
	Producción Total Requerida	2.681.345	m <sup>3</sup>
	Período de Ejecución	8	meses
	Producción Mensual Requerida	335.168	m <sup>3</sup> /mes
	Producción Diaria Requerida	11.172	m <sup>3</sup> /día
	Tipo de Roca	Andesita	
	Resistencia a la Compresión de Roca	172,00	Mpa
<b>2.</b>	<b>Perforación</b>		
a)	Parámetros de Perforación		
	Diámetro de Perforación	2 1/2	Pulg
	Velocidad de Perforación	44,49	m/hr
	Eficiencia de Operación	66%	
	Granulometría Requerida	6	Pulg
	Pérdidas por Merma	0%	
	Jornada de Trabajo / Turno	9,50	Hr/turno
	Peso Específico de la Roca	2,64	TM/m <sup>3</sup>
	Burden	2,00	m
	Espaciamiento	2,20	m
	Altura de Banco	6,00	m
	Sobreperforación	0,50	m
b)	Equipo de Perforación		
	Tipo de Equipo de Perforación	Rock Drill	
	Marca del Equipo de Perforación	Sandvik	
	Modelo del Equipo de Perforación	DX 700	
	Equipo Propio / Alquilado	Alquilado	
	Costo Horario del Equipo (Sin I.G.V.)	85,00	US\$/hr



	Consumo de Petróleo	5,50	gln/hr
	Precio Unitario de Petróleo (Sin I.G.V.)	3,01	US\$/gln
c)	Vida Útil de Accesorios de Perforación		
	Broca de Botones, Rosca T38, de 2.5" ø	926	m.p.
	Barra MF, Rosca T38, de 12 pies	3.334	m.p.
	Adaptador de Culata, Rosca T38	2.558	m.p.
d)	Precio Unit. Acces. de Perforación (Sin I.G.V.)		
	Broca de Botones, Rosca T38, de 2.5" ø	190,00	US\$/und
	Barra MF, Rosca T38, de 12 pies	472,00	US\$/und
	Adaptador de Culata, Rosca T38	402,00	US\$/und
<b>3.</b>	<b>Voladura</b>		
a)	Jornada de Trabajo / Turno	8,00	Hr/turno
b)	Factor de Carga	0,20	Kgs/m <sup>3</sup>
c)	Precio Unit. de Explosivos (Sin I.G.V.)		
	ANFO	0,6500	US\$/kg
	Booster	2,2400	US\$/und
	Cordon Detonante	0,2700	US\$/m
	Detonador no Eléctrico	2,7900	US\$/und
	Guía de Seguridad	0,1900	US\$/m
	Fulminante N° 8	0,1500	US\$/und
	Retardo de Superficie	3,1300	US\$/und
<b>4.</b>	<b>Mano de obra</b>		
	Supervisor	6,00	US\$/H-H
	Operario Perforista	3,10	US\$/H-H
	Operario de Voladura	3,00	US\$/H-H
	Ayudante Perforista	2,25	US\$/H-H
<b>5.</b>	<b>Gastos generales</b>	<b>25,00%</b>	
<b>6.</b>	<b>Utilidad</b>	<b>10,00%</b>	
<b>NOTA: Todos los precios no incluyen el I.G.V.</b>			



5.1.2.1.1 Análisis de precios unitario

Tabla 35 — Análisis de precios unitario de perforación para el rock drill DX 700

Análisis de precios unitarios							
<b>Proyecto:</b>	Bulk Earthworks- Mina Justa	<b>N° Taladros:</b>	43	<b>Tal</b>	<b>P.e.:</b>	2,64	
<b>Partida:</b>	Perforación	<b>Diam. Perf.:</b>	2,50	<b>Pulg.</b>	<b>B (m):</b>	2,00	
<b>Equipo:</b>	Rock Drill	<b>Veloc. Perf.:</b>	44,49	<b>m/hr</b>	<b>E (m):</b>	2,20	
<b>Material:</b>	Andesita	<b>Efic. Operac.:</b>	66%		<b>H (m):</b>	6,00	
		<b>Hras/Turno:</b>	9,50	<b>Hr</b>	<b>S (m):</b>	0,50	
		<b>M³/Turno:</b>	1.030	<b>m³</b>	<b>Mts. Perf.</b>	278,95	
Descripción	Und	C cuadrilla	Aporte Unit.	P. Unit.	Parcial	Total	
			(Cant/m³)	US\$/UN D	US\$/m³	US\$/m³	
<b>Mano de obra</b>							
	Supervisor	HH	0,50	0,0046	6,00	0,0277	
	Operario Perforista	HH	1,00	0,0092	3,10	0,0286	
	Ayudante Perforista	HH	1,00	0,0092	2,25	0,0208	<b>0,0770</b>
<b>Materiales</b>							
	Broca de Botones, Rosca T38, de 2.5" ø	pza	1,00	0,000292	190,00	0,0556	
	Barra MF, Rosca T38, de 12 pies	pza	1,00	0,000081	472,00	0,0383	
	Adaptador de Culata, Rosca T38	pza	1,00	0,000106	402,00	0,0426	
	Afilado de brocas		15%			0,0083	<b>0,1448</b>
<b>Equipos</b>							
1,0	Rock Drill	HM	1,00	0,0061	85,00	0,5174	
A.1. Costo horario de posesión							
	Petróleo (gln/hr)		5,50				
	Petróleo (US\$/gln)	HM	3,01	0,0061	16,56	0,1008	
	Repuestos (US\$/hr)	%H M	0,05	0,0029	16,56	0,0479	
							<b>0,6661</b>
<b>Costo Directo</b>						<b>US\$/m3</b>	<b>0,8879</b>
<b>Gastos Generales</b>			<b>25,00%</b>			<b>%</b>	<b>0,2220</b>
<b>Utilidad</b>			<b>10,00%</b>			<b>%</b>	<b>0,0888</b>
<b>Precio Unitario</b>						<b>US\$/m³</b>	<b>1,1987</b>

5.1.2.1.2 Cuadro de resumen de costos para una Rock Drill DX 700

Tabla 36 — Cuadro resumen de costo directo de la Rock Drill DX 700

<b>Costo de Perforación</b>	<b>US\$/m³</b>
Mano de obra	0,077
Equipos	0,517
Combustible	0,149
Accesorios de perforación	0,145
<b>Costo Directo</b>	<b>0,888</b>



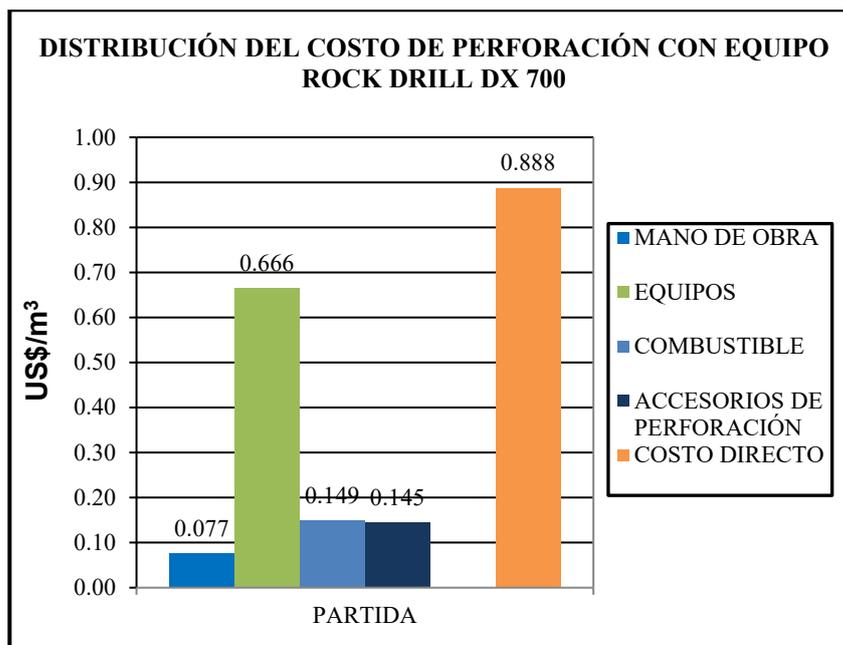


Figura 67 — Distribución de costo directo para la Rock Drill DX 700



Figura 68 — Distribución de costo directo del rock drill DX 700

Rendimiento de producción de la DX 700 y la producción diaria requerida

Tabla 37 — Rendimiento del rock drill DX 700

Producción Real / Día (2 Turnos)	2.060	m <sup>3</sup>
Producción Requerida / Día	11.172	m <sup>3</sup>

De acuerdo al cuadro de análisis de costos se puede deducir que perforando 1 m<sup>3</sup> de roca con la Rock drill DX 700 es necesario invertir **US\$ 1.1987**, es decir **4.59** soles.



## 5.1.2.2 Análisis de costos para la Rock Drill Furukawa 1200

Tabla 38 — Base de datos para el análisis de costos para el Rock Drill Furukawa 1200

Base de datos – Producción		Ingreso de Datos	Unidades
<b>1.</b>	<b>Producción</b>		
	Producción Total Requerida	2.681.345	m <sup>3</sup>
	Período de Ejecución	8	meses
	Producción Mensual Requerida	335.168	m <sup>3</sup> /mes
	Producción Diaria Requerida	11.172	m <sup>3</sup> /día
	Tipo de Roca	Andesita	
	Resistencia a la Compresión de Roca	172,00	Mpa
<b>2.</b>	<b>Perforación</b>		
	<b>a) Parámetros de Perforación</b>		
	Diámetro de Perforación	2 1/2	Pulg
	Velocidad de Perforación	37,08	m/hr
	Eficiencia de Operación	63%	
	Granulometría Requerida	6	Pulg
	Pérdidas por Merma	0%	
	Jornada de Trabajo / Turno	9,50	Hr/turno
	Peso Específico de la Roca	2,64	TM/m <sup>3</sup>
	Burden	2,00	m
	Espaciamiento	2,20	m
	Altura de Banco	6,00	m
	Sobreperforación	0,50	m
	<b>b) Equipo de Perforación</b>		
	Tipo de Equipo de Perforación	Rock Drill	
	Marca del Equipo de Perforación	Furukawa	
	Modelo del Equipo de Perforación	FRD 1200	
	Equipo Propio / Alquilado	Alquilado	
	Costo Horario del Equipo (Sin I.G.V.)	83,00	US\$/hr
	Consumo de Petróleo	5,50	gln/hr
	Precio Unitario de Petróleo (Sin I.G.V.)	3,01	US\$/gln
	<b>c) Vida Util de Accesorios de Perforación</b>		
	Broca de Botones, Rosca T38, de 2.5" ø	926	m.p.
	Barra MF, Rosca T38, de 12 pies	3.334	m.p.
	Adaptador de Culata, Rosca T38	2.558	m.p.
	<b>d) Precio Unit. Acces. de Perforación (Sin I.G.V.)</b>		
	Broca de Botones, Rosca T38, de 2.5" ø	190,00	US\$/und
	Barra MF, Rosca T38, de 12 pies	472,00	US\$/und
	Adaptador de Culata, Rosca T38	402,00	US\$/und
<b>3.</b>	<b>Voladura</b>		
	a) Jornada de Trabajo / Turno	9,50	Hr/turno

b)	Factor de Carga	0,20	Kgs/m <sup>3</sup>
c)	Precio Unit. de Explosivos (Sin I.G.V.)		
	ANFO	0,6500	US\$/kg
	Booster	2,2400	US\$/und
	Cordón Detonante	0,2700	US\$/m
	Detonador no Eléctrico	2,7900	US\$/und
	Guía de Seguridad	0,1900	US\$/m
	Fulminante N° 8	0,1500	US\$/und
	Retardo de Superficie	3,1300	US\$/und
<b>4.</b>	<b>Mano de obra</b>		
	Supervisor	6,00	US\$/H-H
	Operario Perforista	3,10	US\$/H-H
	Operario de Voladura	3,00	US\$/H-H
	Ayudante Perforista	2,25	US\$/H-H
<b>5.</b>	<b>Gastos Generales</b>	<b>25,00%</b>	
<b>6.</b>	<b>Utilidad</b>	<b>10,00%</b>	
<b>NOTA: Todos los precios no incluyen el I.G.V.</b>			

### 5.1.2.2.1 Análisis de precios unitarios

Tabla 39 — Análisis de precios unitarios del Rock Drill Furukawa 1200

Análisis de precios unitarios							
<b>Proyecto:</b>	Bulk Earthworks- Mina Justa	<b>N° Taladros:</b>	34	<b>Tal</b>	<b>P.e.:</b>	2,64	
<b>Partida:</b>	Perforación	<b>Diam. Perf.:</b>	2,50	<b>Pulg.</b>	<b>B (m):</b>	2,00	
<b>Equipo:</b>	Rock Drill	<b>Veloc. Perf.:</b>	37,08	<b>m/hr</b>	<b>E (m):</b>	2,20	
<b>Material:</b>	Andesita	<b>Efic. Operac.:</b>	63%		<b>H (m):</b>	6,00	
		<b>Hras/Turno:</b>	9,50	<b>Hr</b>	<b>S (m):</b>	0,50	
		<b>m<sup>3</sup>/Turno:</b>	819	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Mts. Perf.</b>	221,92	
Descripción		Und	Cuadrilla	Aporte Unit. (Cant/m <sup>3</sup> )	P. Unit. US\$/und	Parcial US\$/m <sup>3</sup>	Total US\$/m <sup>3</sup>
<b>Mano de obra</b>							
	Supervisor	HH	0,50	0,0058	6,00	0,0348	
	Operario Perforista	HH	1,00	0,0116	3,10	0,0359	
	Ayudante Perforista	HH	1,00	0,0116	2,25	0,0261	<b>0,0968</b>
<b>Materiales</b>							
	Broca de Botones, Rosca T38, de 2.5" ø	pza	1,00	0,000292	190,00	0,0556	
	Barra MF, Rosca T38, de 12 pies	pza	1,00	0,000081	472,00	0,0383	
	Adaptador de Culata, Rosca T38	pza	1,00	0,000106	402,00	0,0426	
	Afilado de brocas		15%			0,0083	<b>0,1448</b>
<b>Equipos</b>							
1,0	Rock Drill	HM	1,00	0,0073	83,00	0,6062	
	A.1. Costo horario de posesión						

Petróleo (gln/hr)		5,50				
Petróleo (US\$/gln)	HM	3,01	0,0073	16,56	0,1209	
Repuestos (US\$/hr)	%HM	0,05	0,0035	16,56	0,0574	
						<b>0,7846</b>
<b>Costo Directo</b>					<b>US\$/m<sup>3</sup></b>	<b>1,0262</b>
<b>Gastos Generales</b>		<b>25,00%</b>			<b>%</b>	<b>0,2565</b>
<b>Utilidad</b>		<b>10,00%</b>			<b>%</b>	<b>0,1026</b>
<b>Precio Unitario</b>					<b>US\$/m<sup>3</sup></b>	<b>1,3854</b>

### 5.1.2.2.2 Cuadro de resumen de costo de la Furukawa 1200

Tabla 40 — Resumen de costo directo del rock drill Furukawa

Costo de perforación	US\$/m <sup>3</sup>
Mano de obra	0,097
Equipos	0,606
Combustible	0,178
Accesorios de perforación	0,145
<b>Costo directo</b>	<b>1,026</b>

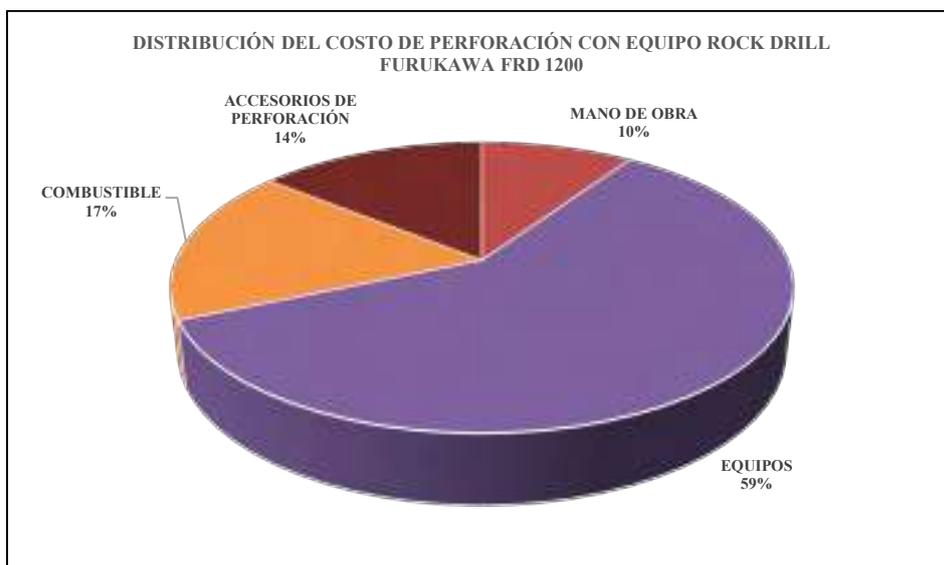
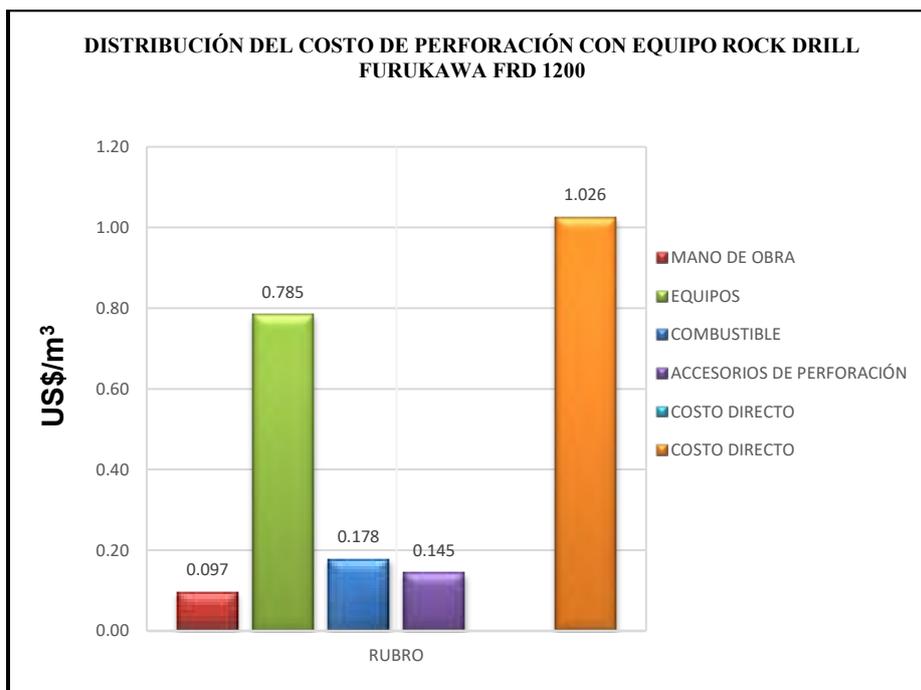


Figura 69 — Distribución de costo directo para la Rock Drill Furukawa 1200



**Figura 70 — Distribución de costo directo para el Rock Drill Furukawa**

Rendimiento de producción de la Furukawa FRD 1200 y la producción diaria requerida

**Tabla 41 — Rendimiento de la Rock Drill FRD 1200**

Producción Real / Día (2 Turnos)	1.639	m <sup>3</sup>
Producción Requerida / Día	11.172	m <sup>3</sup>

De acuerdo al cuadro de análisis de costos se puede deducir que perforando 1 m<sup>3</sup> de roca con la Rock drill Furukawa FRD 1200 es necesario invertir US\$ 1.3854, en soles 5.31 soles.

### 5.1.2.3 Análisis de costos para la Rock Drill JUNJIN SD-1300E como alternativa

Según la ecuación de KONYA

$$B(m) = 0.0121 * \left[ 2 \left( \frac{\rho \text{ Explosivo}}{\rho \text{ Roca}} \right) + 1.5 \right] * \varnothing \text{ Explosivo. (mm)}$$

Donde:

Ø Explosivo (mm) = Ø Taladro (mm)	3"	88.9	mm
Densidad de explosivo	Anfo	0.8	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad de la roca	Andesita	2.64	gr/cm <sup>3</sup>

$$B(m) = 0.0121 * \left[ 2 \left( \frac{0.8}{2.64} \right) + 1.5 \right] * 63.5$$

Burden (m)	= 2.30
Espaciamiento (m) $E=1.17*B$	= 2.70
Altura de banco (m)	= 6.00
Sobreperforación (m)	= 0.50

\*Para nuestro análisis tomaremos estos datos Burden = 2.5 m y Espaciamiento = 3.0 m, ya que en la actualidad se realizaron pruebas para este tipo de malla y los resultados son positivo tanto para perforación y voladura.

El rendimiento del equipo según la empresa proveedora F y A es de 23 m/h, la eficiencia es de 80% y alquiler de US\$ 85.00. Con un consumo de 5.51 Gln/Hora.

**Tabla 42 — Base de datos para el análisis de costos unitarios del rock drill Junjin SD-1300E**

Base de Datos – Producción		Ingreso de Datos	Unidades
<b>1.</b>	<b>Producción</b>		
	Producción Total Requerida	2.681.345	m <sup>3</sup>
	Período de Ejecución	8	meses
	Producción Mensual Requerida	335.168	m <sup>3</sup> /mes
	Producción Diaria Requerida	11.172	m <sup>3</sup> /día
	Tipo de Roca	Andesita	
	Resistencia a la Compresión de Roca	172,00	Mpa
<b>2.</b>	<b>Perforación</b>		
	a) Parámetros de Perforación		
	Diámetro de Perforación	3 1/2	Pulg
	Velocidad de Perforación	23,00	m/hr
	Eficiencia de Operación	80%	
	Granulometría Requerida	6	Pulg
	Pérdidas por Merma	0%	
	Jornada de Trabajo / Turno	9,50	Hr/turno
	Peso Específico de la Roca	2,64	TM/m <sup>3</sup>
	Burden	2,50	m
	Espaciamiento	3,00	m
	Altura de Banco	6,00	m
	Sobreperforación	0,50	m
	b) Equipo de Perforación		
	Tipo de Equipo de Perforación	Rock Drill	
	Marca del Equipo de Perforación	Junjin	
	Modelo del Equipo de Perforación	SD-1300E	



	Equipo Propio / Alquilado	Alquilado	
	Costo Horario del Equipo (Sin I.G.V.)	85,00	US\$/hr
	Consumo de Petróleo	5,51	gln/hr
	Precio Unitario de Petróleo (Sin I.G.V.)	3,01	US\$/gln
	<b>c) Vida Útil de Accesorios de Perforación</b>		
	Broca de Botones, Rosca T45, de 3.5" $\varnothing$	926	m.p.
	Barra MF, Rosca T45, de 12 pies	3.334	m.p.
	Adaptador de Culata, Rosca T45	2.558	m.p.
	<b>d) Precio Unit. Acces. de Perforación (Sin I.G.V.)</b>		
	Broca de Botones, Rosca T45, de 3,5" $\varnothing$	219,00	US\$/und
	Barra MF, Rosca T45, de 12 pies	480,00	US\$/und
	Adaptador de Culata, Rosca T45	450,00	US\$/und
	<b>3. Voladura</b>		
	a) Jornada de Trabajo / Turno	9,50	Hr/turno
	b) Factor de Carga	0,20	Kgs/m <sup>3</sup>
	<b>c) Precio Unit. de Explosivos (Sin I.G.V.)</b>		
	ANFO	0,6500	US\$/kg
	Booster	2,2400	US\$/und
	Cordon Detonante	0,2700	US\$/m
	Detonador no Eléctrico	2,7900	US\$/und
	Guía de Seguridad	0,1900	US\$/m
	Fulminante N° 8	0,1500	US\$/und
	Retardo de Superficie	3,1300	US\$/und
	<b>4. Mano de obra</b>		
	Supervisor	6,00	US\$/H-H
	Operario Perforista	3,10	US\$/H-H
	Operario de Voladura	3,00	US\$/H-H
	Ayudante Perforista	2,25	US\$/H-H
	<b>5. Gastos Generales</b>	<b>25,00%</b>	
	<b>6. Utilidad</b>	<b>10,00%</b>	
<b>NOTA: Todos los precios no incluyen el I.G.V.</b>			



### 5.1.2.3.1 Análisis de costos para la JUNJIN

Tabla 43 — Análisis de precios unitarios para el rock drill Junjin SD-1300E

Análisis de precios unitarios							
<b>Proyecto:</b>	Bulk Earthworks- Mina Justa	<b>N° Taladros:</b>	27	Tal	<b>P.e.:</b>	2,64	
<b>Partida:</b>	Perforacion	<b>Diam. Perf.:</b>	3,50	Pulg.	<b>B (m):</b>	2,50	
<b>Equipo:</b>	Rock Drill	<b>Veloc. Perf.:</b>	23,00	m/hr	<b>E (m):</b>	3,00	
<b>Material:</b>	Andesita	<b>Efic. Operac.:</b>	80%		<b>H (m):</b>	6,00	
		<b>Hras/Turno:</b>	9,50	Hr	<b>S (m):</b>	0,50	
		<b>m³/Turno:</b>	1.210	m³	<b>Mts. Perf.</b>	174,80	
Descripción	Und	Cuadrilla	Aporte Unit.		Parcial	Total	
			(Cant/m³)	US\$/Und	US\$/m³	US\$/m³	
<b>Mano de obra</b>							
	Supervisor	HH	0,50	0,0039	6,00	0,0236	
	Operario Perforista	HH	1,00	0,0079	3,10	0,0243	
	Ayudante Perforista	HH	1,00	0,0079	2,25	0,0177	<b>0,0655</b>
<b>Materiales</b>							
	Broca de Botones, Rosca T45, de 3,5" ø	pza	1,00	0,000156	219,00	0,0342	
	Barra MF, Rosca T45, de 12 pies	pza	1,00	0,000043	480,00	0,0208	
	Adaptador de Culata, Rosca T45	pza	1,00	0,000056	450,00	0,0254	
	Afilado de brocas		15%			0,0051	<b>0,0855</b>
<b>Equipos</b>							
1,0	Rock Drill	HM	1,00	0,0063	85,00	0,5338	
	A.1. Costo horario de posesión						
	Petróleo (gln/hr)		5,51				
	Petróleo (US\$/gln)	HM	3,01	0,0063	16,59	0,1042	
	Repuestos (US\$/hr)	%HM	0,05	0,0030	16,59	0,0495	
						<b>0,6874</b>	
<b>Costo directo</b>						<b>US\$/m3</b>	<b>0,8385</b>
<b>Gastos Generales</b>			<b>25,00%</b>			<b>%</b>	<b>0,2096</b>
<b>Utilidad</b>			<b>10,00%</b>			<b>%</b>	<b>0,0838</b>
<b>Precio Unitario</b>						<b>US\$/m³</b>	<b>1,1320</b>

### 5.1.2.3.2 Cuadro de resumen de la Junjin SD-1300E

Tabla 44 — Resumen de costo directo del rock drill Junjin SD-1300E

Costo de perforación	US\$/m³
Mano de obra	0,066
Equipos	0,534
Combustible	0,154
Accesorios de perforación	0,085
<b>Costo Directo</b>	<b>0,838</b>



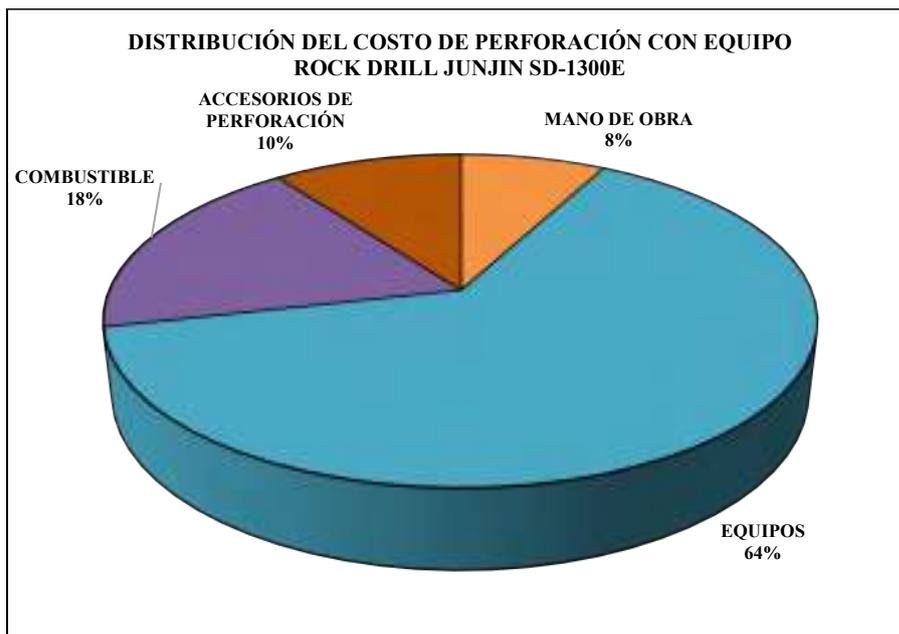


Figura 71 — Distribución de costo directo de perforación con Junjin SD-1300E

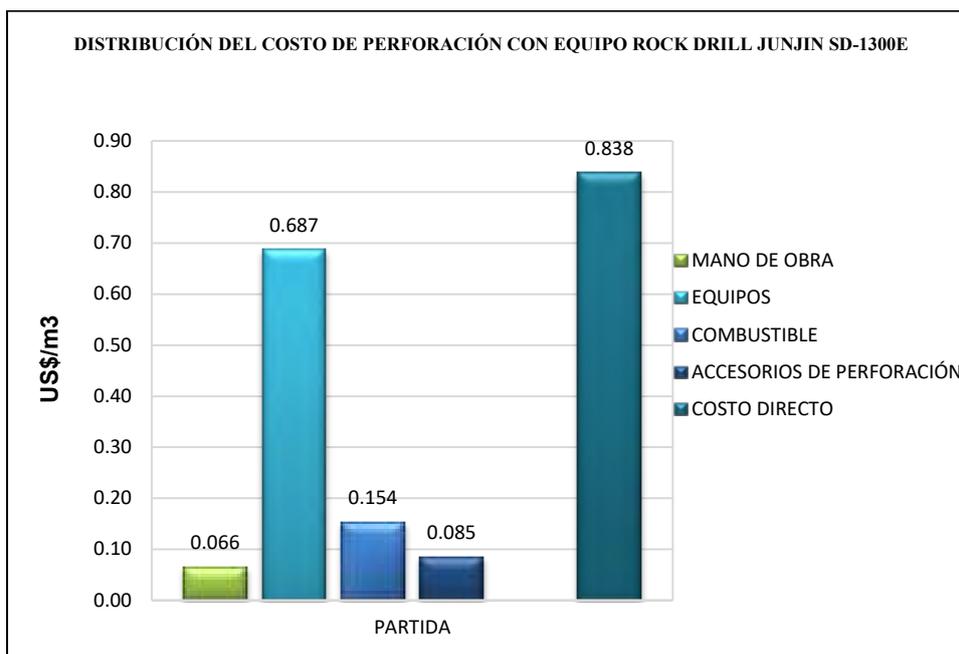


Figura 72 — Distribución de costo directo del rock drill Junjin SD-1300E

Tabla 45 — Rendimiento de la rock drill. Junjin 1300

Producción Real / Día (2 Turnos) por un equipo	2.420	m <sup>3</sup>
Producción Requerida / Día	11.172	m <sup>3</sup>

De acuerdo al cuadro de análisis de costos se puede deducir que perforando 1 m<sup>3</sup> de roca con la Rock drill JUNJIN 1300 es necesario invertir **US\$ 1.13**, en soles **4.34** soles.

### 5.1.3 Factores incidentes en la productividad

De acuerdo al análisis realizado en cada uno de los equipos uno de los factores más importantes es el rendimiento del equipo, asimismo la eficiencia y la correcta elección de los parámetros de perforación como es el caso del Burden y espaciamiento.

#### 5.1.3.1 Control de pisos en frentes de trabajo

Uno de los factores influyentes es el estado de la plataforma de perforación, ya que con un adecuado acondicionamiento el rendimiento del equipo se ve reflejada en una disminución por tiempos de traslado y posicionamiento para cada taladro, disminuyendo así los tiempos improductivos.



**Figura 73 — Plataforma de perforación**

## 5.2 Contratación hipótesis

### 5.2.1 Dimensionamiento de equipos de perforación

**Tabla 46 — Cuadro resumen del dimensionamiento de equipos**

Equipo	Modelo	Diámetro (Pulg)	Rendimiento (m/h)	PU (US\$/m <sup>3</sup> )	Producción (m <sup>3</sup> /Día)	Producción Requerida (m <sup>3</sup> )	Nº de equipos	Producción real por día (m <sup>3</sup> )
Junjin	SD-1300E	3,5"	23	2.26	2.420	10.000	2	4840
Furukawa	FRD 1200	2,5"	37	1,38	1.639		1	1639
Sandvik	DX 700	2,5"	44	2.40	2.060		2	4120
				<b>6.05</b>			<b>5</b>	<b>10.599</b>

Por temas de costos se decidió alquilar 2 equipos Junjin SD-1300E con un costo unitario de 1.13 US\$/m<sup>3</sup> y 11.07 US\$/mlp con cada uno y asimismo alquilar un equipo DX 700 con un costo de producción de 1.20 US\$/m<sup>3</sup> y 7.58 US\$/mlp. En total se requiere 5 equipos rock drill para cubrir la producción diaria planificada de 10,000 m<sup>3</sup> de roca, con un costo total de 6.05 US\$/m<sup>3</sup>. Cabe mencionar que el 10% del volumen con lo cual se ha proyectado es ripable.

## 5.3 Discusión de resultados

Se ha determinado el dimensionamiento de 5 equipos rock drill para incrementar la productividad del Proyecto Bulk Earthworks en Mina Justa, la producción incrementó de 3488 m<sup>3</sup> por día a 10599 m<sup>3</sup> por día, a un costo unitario de 6.05 US\$/m<sup>3</sup>, cual permite cubrir la producción requerida. Específicamente se requirió 2 equipos rock drill Junjin SD-1300E y una DX 700.

Según (González Riquelme, 2017) en su tesis “Selección y Asignación Óptima de Equipos de Carguío para el Cumplimiento de un Plan de Producción en Minería a Cielo Abierto”, la metodología desarrollada permite, dada una flota de equipos, obtener una asignación a los lugares de trabajo de los distintos equipos de carguío, encontrando una secuencia minera de corto/mediano plazo que cumple restricciones de operación y de producción. De esta manera se puede obtener una guía para el planificador, ahorrando tiempo y recursos.

En la investigación de (Vidal Loli, 2010), “Estudio del Cálculo de Flota de Camiones para una Operación Minera a Cielo Abierto”, este modelo para el cálculo de camiones

puede ser utilizado desde antes que inicie la explotación de la mina, en el inicio, y durante el desarrollo de la misma, en la cual cambiarán los parámetros y se obtendrá nuevos resultados. El cálculo correcto de la flota de camiones, ayuda a mantener en óptimas condiciones la relación \$/ton para el costo de operaciones mina. El exceso o la falta de camiones incurre directamente en los costos unitarios. El cálculo correcto de la flota de camiones, ayuda a mantener en óptimas condiciones la relación \$/ton para el costo de operaciones mina. El exceso o la falta de camiones incurre directamente en los costos unitarios.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- Se determina 5 equipos rock dril: 2 equipos DX 700 con una producción diaria de 2060 m<sup>3</sup> por cada equipo, a un costo de 2.40 US\$/m<sup>3</sup> de ambos equipos, para un diámetro de 2.5 pulg y una malla de perforación 2.0 m x 2.2 m. 2 equipos Junjin con una producción de 2420 m<sup>3</sup> cada equipo a un costo de 2.26 US\$/m<sup>3</sup> de ambos equipos, para un diámetro de 3 pulg con una malla de perforación de 3.0 m x 3.5 m. Finalmente un rock drill Furukawa 1200 con una producción de 1639 m<sup>3</sup>, con un costo de 1.39 US\$/m<sup>3</sup>, para un diámetro de 2.5 pulg y una malla de perforación 2.0 m x 2.2 m. Haciendo costo global de 6.05 US\$/m<sup>3</sup> la cual logra cumplir la producción diaria de 10599 m<sup>3</sup>, en la actualidad se cuenta con 2 equipos rock dril, la perforadora DX 700 con una producción de 1973 m<sup>3</sup>, el cual logró incrementar la producción diaria a 2060 m<sup>3</sup>, incrementando en un 2.9%, , disminuyendo el precio unitario en 0.035 US\$/m<sup>3</sup>, mermando los tiempos de stand by y tiempos improductivos, de esta forma aumentando la utilización, de la misma forma la perforadora Furukawa 1200 logró incrementar su producción en un 1.5%, es decir de 1615 m<sup>3</sup> a 1639 m<sup>3</sup> por día, disminuyendo el precio en 0.021 US\$/m<sup>3</sup>.
- El rendimiento de los equipos de perforación de acuerdo al análisis de la base de datos que se maneja actualmente en el área de perforación y voladura es el siguiente: para la DX 700 tiene un rendimiento promedio de 44.49 m/h y para el rock drill Furukawa FRD 1200 se determina un rendimiento de 37.08 m/h, estos rendimientos varían de acuerdo a las condiciones del terreno, destreza del operador y diámetro de perforación, y estas repercuten positivamente y negativamente en la productividad de cada equipo. Los rendimientos promedios en la actualidad son las mismas de ambos equipos de perforación.



- La eficiencia de perforación y la productividad del proyecto Bulk Earthworks tiene una estrecha relación, de acuerdo a la base de datos que maneja y alimenta el área de perforación y voladura se determina que la eficiencia del rock drill DX 700 es de 66% y para el rock drill Furukawa FRD 1200 una eficiencia de 63%, se concluye que no se cumple con las 9.5 horas programadas para guardia debido a los tiempos improductivos como son el de stand by y demoras operativas.
- El mantenimiento de los equipos rock drill es una variable que se debe considerar al realizar una proyección, de acuerdo al estudio de la disponibilidad mecánica de los equipos que contamos actualmente se obtuvo los siguientes valores: el equipo DX 700 tiene una disponibilidad mecánica de 90% y el rock drill Furukawa FRD 1200 tiene una disponibilidad mecánica de 84%, estas mismas influyen directamente a la producción diaria de cada equipo.

## 6.2 Recomendaciones

- Par poder llevar mejor un control de los tiempos y de la producción se recomienda implementar un nuevo formato de control para la perforación, junto con ello capacitar a los operadores para que realicen un buen llenado de los formatos de reportes, y así obtener unos buenos ratios de control de perforación.
- Se recomienda mantener un buen paralelismo de lo taladros, identificarlo si hubiera alguna alteración en el macizo rocoso, y poder dar una información más acertada al área de voladura.
- La estabilidad de cada equipo es una de las variables que deberá de ingresar para poder aplicar a cada frente de trabajo, para ello lo puntos de perforación deberán ser conformados en plataformas y así aumentar el rendimiento de los equipos.
- Se recomienda tener un buen cronograma de actividades para determinar con más certeza las áreas de perforación para no tener los equipos en stand by, y no acumular costos por tiempos en stand by.
- Se recomienda realizar una limpieza del hole collar, para que no se obstruyan con alguna roca o material. Asimismo, hacer una medición de cada taladro y dejar un

tablero en cada uno los mismo para poder identificar los cortes, longitud de carga y el taco.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**OROZCO CORNEJO, Abraham. 2018.** *Reducción de Costos de Perforación Rotativa en Rocas de Alta Resistencia Compresiva.* Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Geológica, Minería y Metalúrgica. Lima-Perú : s.n., 2018. Tesis de Grado. Tesis de Grado.

**PAJARES CERNA , Carlos Manuel. 2020.** *DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS DE ACARREO CONSIDERANDO VARIABLES OPERATIVAS DE MINADO PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA, 2020.* Cajamarca - Perú : s.n., 2020.

**ACOSTA, Jorge, y otros. 2011.** *Memoria sobre la Geología Económica de Ica.* Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Lima - Perú : Dirección de Recursos Minerales y Energéticos, 2011. págs. 5-6. Proyecto GE 33.

**ANDER-EGG, Ezequiel. 1995.** *Técnicas de Investigación Social.* 24.a edición. Buenos Aires : Editorial LUMEN, 1995. pág. 101.

**CALDAS VIDAL, Julio. 1978.** *Geología de los Cuadrángulos de San Juan. Acari y Yauca - Hojas: (31-m, 31-n, 32-n).* Instituto de Geología y Minería. Lima - Perú : Editado por el Instituto de Geología y Minería, 1978. pág. 11. BOLETIN N° 30.

**EXSA. 2015.** *Manual Práctico de Voladura.* Quinta. Lima : EXSA Servicios Exactas, 2015.

**FURUKAWA ROCK DRILL LATIN AMÉRICA S.A. . 2018.** *Perforadora Hidráulica / Rock Drill Top Hammer FRD Furukawa HCR 1200-EDII.* Filial Chile : FDR Furukawa, 2018.

**G. ARIAS FIDIAS. 2012.** *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica.* 6ta Edición. Caracas : Editorial Episteme, C.A., 2012. pág. 57. 9800785299.

**GONZÁLEZ RIQUELME, Héctor Antonio. 2017.** *Selección y Asignación Óptima de Equipos de Carguío para el Cumplimiento de un Plan de Producción en Minería a Cielo Abierto.* Santiago de Chile : Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería de Minas, 2017. Tesis de Grado..



**HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto. 2014.** *Metodología de la Investigación*. Sexta Edición. México : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2014. pág. 105. 9781456223960.

**HERRERA HERBERT, Juan, CASTILLA GÓMEZ, Jorge y BERNAOLA ALONSO, José . 2013.** *Perforación y Voladura de Rocas en Minería*. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid : Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas - Laboratorio de Tecnologías Mineras, 2013.

**HIGALGO MENDIETA, Julio F. . 1974.** *Perforación y Disparos Primarios*. Programa Académico de Ingeniería Geológica, Minera y Metalurgia. Lima - Perú : Universidad Nacional de Ingeniería, 1974. Tesis de Grado.

**HUARICALLA HUAQUI, Miguel Ángel. 2018.** *Determinación de Equipos a Corto Plazo para el Proceso de Operación a Cielo Abierto - Mina 5 - Compañía Minera SHOUGANG - Marcona - Perú*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa - Lima. : Facultad de Geología, Geofísica y Minas, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, 2018. Tesis de Grado.

**INSIDEO. 2013.** *Tercera modificación del estudio de impacto ambiental semidetallado (categoría ii) proyecto de exploración mina justa*. 2013. resumen ejecutivo. Número de Proyecto: 023-4-001.

**LAZO SEGURA, Carlos Michell. 2019.** *Análisis del método de muestreo de detritos de los taladros para voladura y control de envío de mineral en la Mina Justa, San Juan de Marcona - Nasca - Ica*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima - Perú : s.n., 2019. Tesis para optar el título de Ingeniero Geólogo. Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

**LEANO, Adriana. 2019.** Blog Erasmus. [En línea] 2019. [Citado el: 6 de Noviembre de 2021.] <https://erasmusu.com/es/erasmus-peru/blog-erasmus/marcona-el-destino-oculto-de-ica-533844>.



**LINS DE NORONHA, Osmar. 2018.** *Dimensionamiento de flota en las operaciones de carguío y transporte usando modelos de simulación de sistemas.* Universidade Federal de Goiás. Goiás, Brasil : s.n., 2018. 1993-4912.

**MARCOBRE S.A.C. 2009.** *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO MINA LA JUSTA.* Lima - Perú : s.n., 2009. págs. 13-14.

**MENDEZ ÁLVARES, Carlos Eduardo. 2001.** *METODOLOGÍA. Diseño y desarrollo del proceso de investigación.* Tercera Edición . Bogotá : Facultad de Administración de Empresas, 2001. 4000000099380.

**OROZCO CORNEJO, Abraham. 2018.** *Reducción de Costos de Perforación Rotativa en Rocas de Alta Resistencia Compresica.* Universidad Nacional de Ingeniería. Lima - Perú : Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica, 2018.

*Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Restrepo , B, y otros. 2007, 20(2).* 0120-0690, Medellín, Colombia : s.n., 2007, 20(2), Vol. 20.

**SABINO, Carlos. 1992.** *El proceso de investigación.* Caracas : Ed. Panapo, Caracas, Ed. Panamericana, Bogotá y y Ed. Lumen, Buenos Aires, 1992. pág. 54.

**SANDVIK. 2019.** *Pantera DP1500i T3 - Technical Specification.* s.l. : Sandvik Mining and Rock Technology, 2019.

**SANDVIK. 2007.** *Technical Specification - Sandvik DX700.* s.l. : Sandvik Mining and Construction, 2007.

**VIDAL LOLI, Mnauel Arturo. 2010.** *Estudio del Cálculo de Flota de Camiones para una Operación Minera a Cielo Abierto.* Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : Facultad de Ciencias e Ingenría, 2010. Tesis de Grado.



## ANEXOS



**ANEXO 01 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

<b>“DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROYECTO BULK EARTHWORKS- MINA JUSTA 2018”</b>					
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES E INDICADORES</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b>
<p><b>Problema general</b> ¿De qué manera influye el dimensionamiento de equipos de perforación en la productividad del Proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019?</p> <p><b>Preguntas específicas</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>¿En qué medida influye el rendimiento de las perforadoras en el proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019?</li> <li>¿De qué manera determinamos la influencia entre la eficiencia de perforación y la productividad del proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019?</li> <li>¿Cómo influirá el estudio de la disponibilidad mecánica de los equipos de perforación en la productividad del Proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019?</li> </ol>	<p><b>Objetivo general</b> Determinar el dimensionamiento de equipos de perforación para incrementar la productividad del Proyecto Bulk Earthworks- Mina Justa 2019.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Identificar cómo influye el rendimiento de los equipos de perforación en el incremento de la productividad del Proyecto Bulk Earthworks- Mina Justa 2019.</li> <li>Determinar la influencia entre la eficiencia de perforación y la productividad del Proyecto Bulk Earthworks- Mina Justa 2019.</li> <li>Realizar un análisis de la disponibilidad mecánica de los equipos de perforación para incrementar la productividad en el Proyecto Bulk Earthworks- Mina Justa 2019.</li> </ol>	<p><b>Hipótesis general</b> Con el dimensionamiento adecuado de equipos de perforación se logrará incrementar la productividad del Proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019.</p> <p><b>Hipótesis específica</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>El rendimiento de las perforadoras influirá en la productividad del proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019.</li> <li>La eficiencia perforación influirá en la productividad del proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019.</li> <li>El estudio de la disponibilidad mecánica de los equipos de perforación influirá en la productividad del Proyecto Bulk Earthworks – Mina Justa 2019.</li> </ol>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>Equipos de perforación.</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Rendimiento de las perforadoras.</li> <li>Eficiencia de perforación.</li> <li>Disponibilidad mecánica del equipo.</li> </ol> </li> <li><b>Variable Dependiente</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Productividad en el proyecto Bulk Earthworks.</li> <li>Fragmentación optima de la voladura.</li> <li>Metros cúbicos perforados.</li> <li>Avance lineal por guardia.</li> </ol> </li> </ol>	<p>Para el presente trabajo de investigación se ha tomado como muestra al proyecto Bluk Earthworks a cargo de la empresa MOTA ENGIL PERU S.A.</p>	<p><b>Tipo.</b> Este proyecto de investigación es de tipo APLICADA, porque se está utilizando de los conocimientos en la práctica, para aplicarlos, en en la mayoría de los casos, en la mejora de la productividad de las empresas y compañías mineras.</p> <p><b>Nivel.</b> El nivel de investigación que se está empleando es descriptiva – correlacional porque se está determinando el grado de asociación.</p>

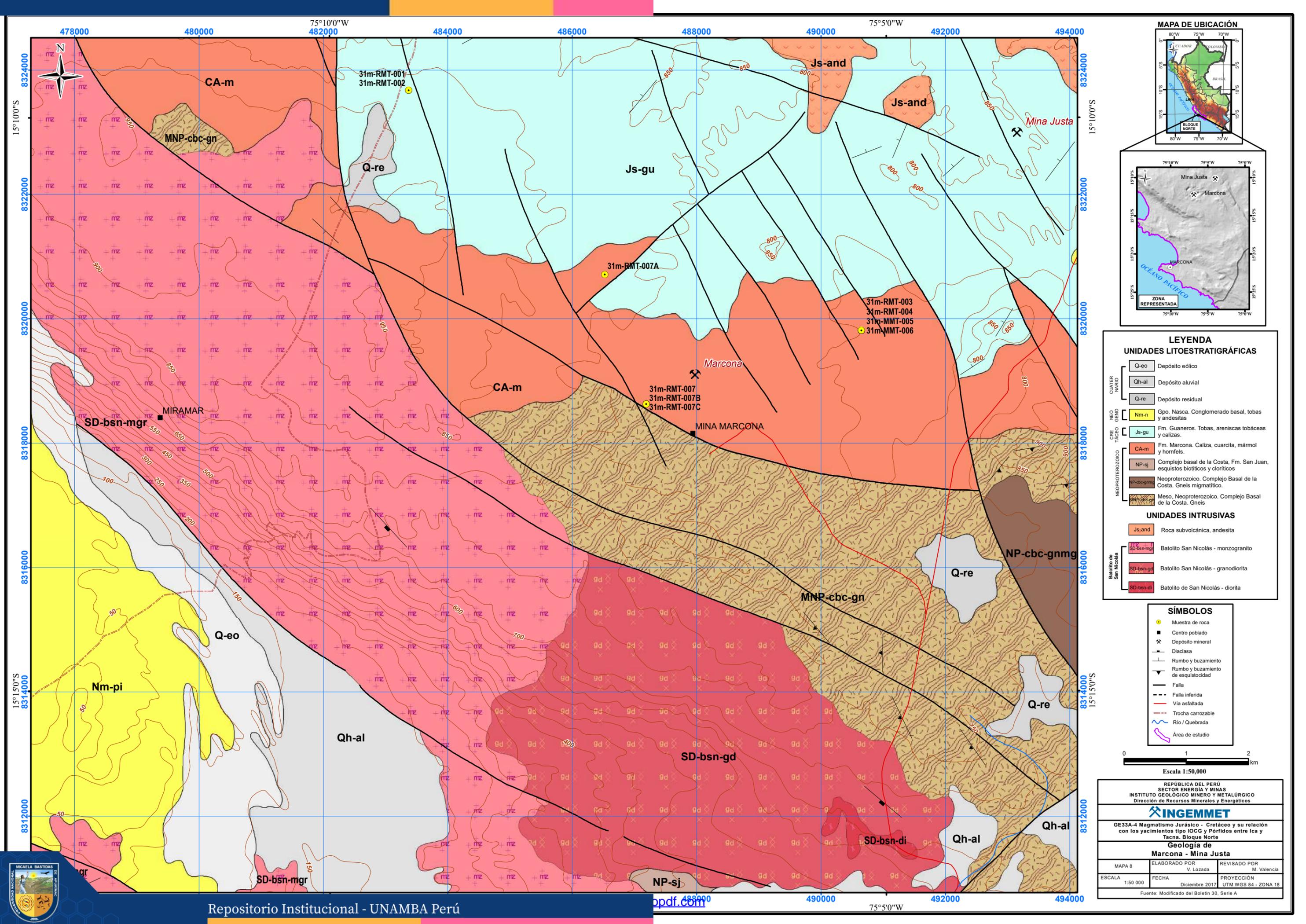
## ANEXO 02 FORMATO DE REPORTE DE PERFORACIÓN

		REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN MOTA-ENGIL PERU MINA JUSTA																
		FECHA:	TURNO:	OPERADOR:	COMBU.	M.L. TOTAL												
CÓDIGOS DE OPERACIÓN		EQUIPO:	AYUDANTE:	H. Mot.	N° TAL.TOTAL													
TIEMPO EFECTIVO	HORÓMETRO MOTOR				HORÓMETRO PERCUSIÓN				LUGAR DE PERFORACIÓN				N° Vale	H. PROM. TAL	M3 TOTAL			
101 Perforación de accesos	INICIO				INICIO								M3 TOTAL					
102 Perforación de plataforma	FINAL				FINAL								M3 TOTAL					
103 Reperforación de taladros	COD.	Hora inicio	Hora final	Tiempo hrs	Descripción	N° Tal	Altura perf.	Tipo Taladro	B°E	N° Tal	Altura perf.	Tipo Taladro	B°E	N° Tal	Altura perf.	Tipo Taladro	B°E	
<b>TIEMPO DE DEMORAS NO OPERATIVAS</b>																		
201	Demoras inicio guardia/después de refrigerio					1				24					47			
202	Firma de tareas					2				25					48			
203	Desplazamiento al parqueo fin de guardia					3				26					49			
<b>TIEMPO DE DEMORAS OPERATIVAS</b>																		
301	Charla de seguridad					4				27					50			
302	Reparto o distribución del trabajo					5				28					51			
303	Llenado de IPRC					6				29					52			
304	Inspección o revisión de equipo (Check List)					7				30					53			
305	Abastecimiento de combustible					8				31					54			
306	Abastecimiento de agua					9				32					55			
307	Abastecimiento de Hidrocarburos					10				33					56			
308	Marcado malla y levantamiento topográfico					11				34					57			
309	Stan by por falta de frente					12				35					58			
310	Stan by por falta de limpieza en el frente					13				36					59			
311	Stan by por voladura					14				37					60			
312	Stan by por condiciones climáticas					15				38					61			
313	Cambio de aceros (Shank, barras brocas)					16				39					62			
314	Obstrucción al área de perforación					17				40					63			
315	Falta y/o fallas de aceros de perforación					18				41					64			
316	Falta de combustible					19				42					65			
317	Falta de agua					20				43					66			
318	Falta o ausencia del operador					21				44					67			
319	Atascamiento de las barras de perforación					22				45					68			
320	Elaboración reporte perforación máx. 10 min					23				46					69			
<b>CONTROL DE ACEROS</b>																		
<b>OPERACIONES AUXILIARES</b>		TIPO DE ROCA	CONDICIONES DEL TERRENO			TIPO DE TAL.	DESCRIPCIÓN	BROCA	SHANK	BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3						
401	Pre calentamiento/calentamiento del equipo	Normal	Fracturada	Con agua	Producción (P)	Código												
402	Traslado de equipo	Dura	D	DF	DA	Precorte (PC)	Uso a la fecha											
403	Preparación de la zona de trabajo	Media	M	MF	MA	Piloto (P)	Metros perfo.											
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO</b>		Suave	S	SF	SA	Buffer (B)	acumulado (m)											
501	Mantenimiento preventivo programado.	OBSERVACIONES:																
<b>DEMORAS MECANICAS, ELECTRICAS O ELECTRONICAS</b>																		
601	Fallas mecanicas,electricas o electrónicas																	
602	Fallas del sistema hidráulico																	
<b>TIEMPO DE REFRIGERIO</b>																		
701	Refrigerio	FIRMA OPERADOR																
702	Otros (Especificar que...)	CAPATAZ DE PERFORACIÓN																

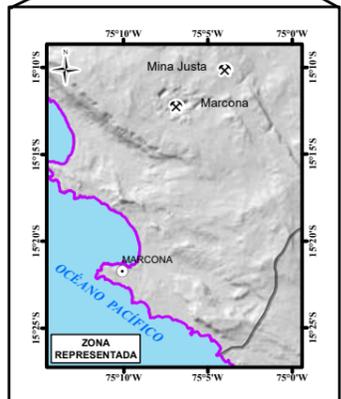
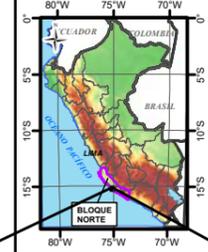
## ANEXO 03 MAPA GEOLÓGICA DE MARCONA

Extraído de INGEMET





**MAPA DE UBICACIÓN**



**LEYENDA**

- UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS**
- CUATERARIO**
    - Q-eo Depósito eólico
    - Qh-al Depósito aluvial
    - Q-re Depósito residual
  - NEOGENO**
    - Nm-n Gpo. Nasca. Conglomerado basal, tobas y andesitas
  - CRETÁCEO**
    - Js-gu Fm. Guaneros. Tobas, areniscas tobáceas y calizas.
    - CA-m Fm. Marcona. Caliza, cuarcita, mármol y hornfels.
    - NP-sj Complejo basal de la Costa. Fm. San Juan, esquistos biotíticos y cloríticos
  - NEOPROTEROZOICO**
    - NP-cbc-gnmgm Neoproterozoico. Complejo Basal de la Costa. Gneis migmatítico.
    - MNP-cbc-gn Meso. Neoproterozoico. Complejo Basal de la Costa. Gneis
  - UNIDADES INTRUSIVAS**
    - Js-and Roca subvolcánica, andesta
    - SD-bsn-mgr Batolito San Nicolás - monzogranito
    - SD-bsn-gd Batolito San Nicolás - granodiorita
    - SD-bsn-di Batolito de San Nicolás - diorita

- SÍMBOLOS**
- Muestra de roca
  - Centro poblado
  - Depósito mineral
  - Diaclasi
  - Rumbo y buzamiento
  - Rumbo y buzamiento de esquistocidad
  - Falla
  - Falla inferida
  - Vía asfaltada
  - Trocha carrozable
  - Río / Quebrada
  - Área de estudio

Escala 1:50,000

REPÚBLICA DEL PERÚ  
SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO  
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos

**INGEMMET**

GE33A-4 Magmatismo Jurásico - Cretáceo y su relación con los yacimientos tipo IOCG y Pórfidos entre Ica y Tacna. Bloque Norte

**Geología de Marcona - Mina Justa**

MAPA 8	ELABORADO POR V. Lozada	REVISADO POR M. Valencia
ESCALA 1:50 000	FECHA Diciembre 2017	PROYECCIÓN UTM WGS 84 - ZONA 18

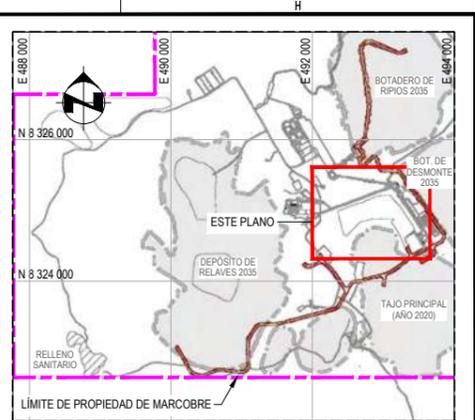
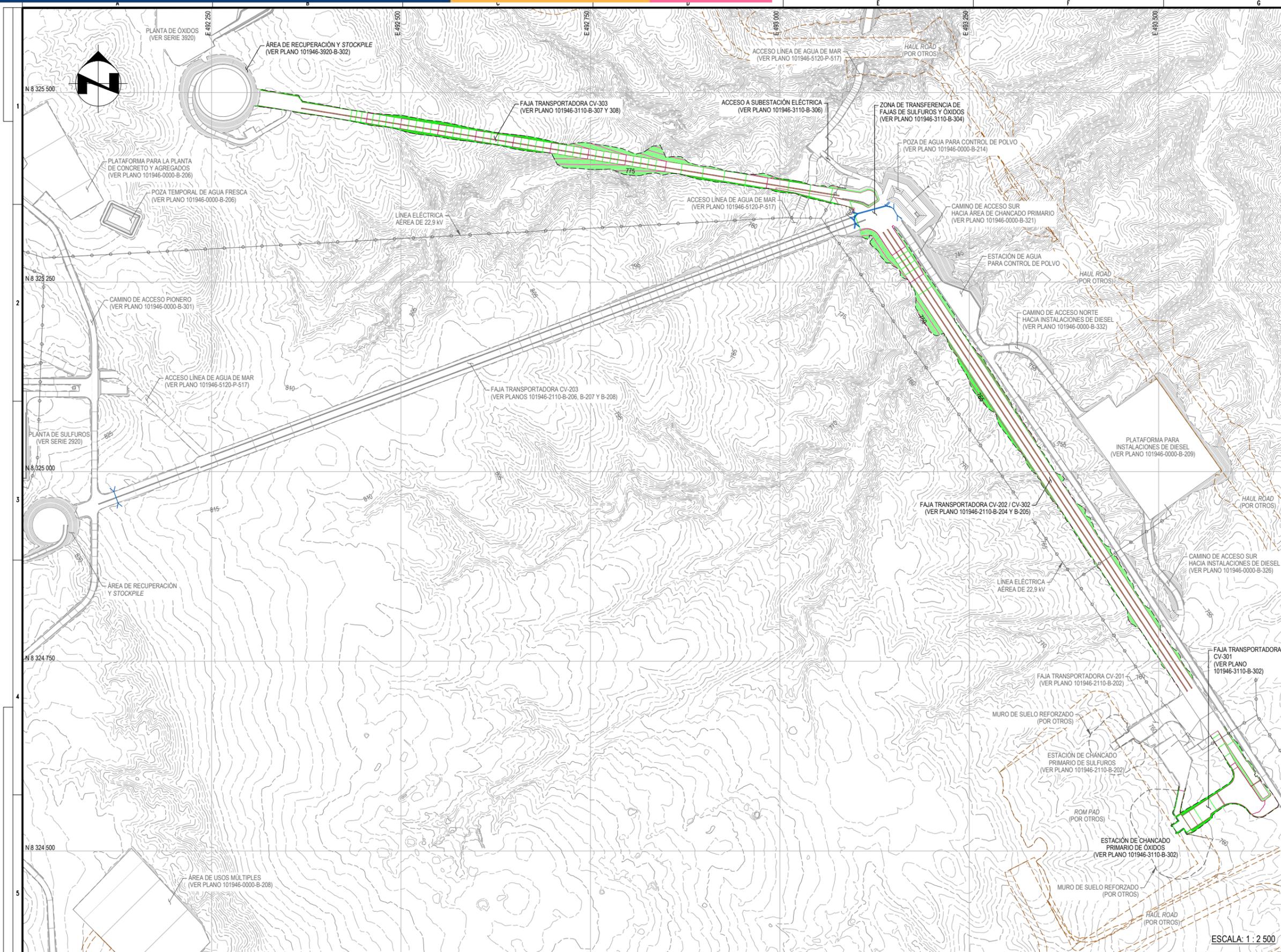
Fuente: Modificado del Boletín 30, Serie A

## ANEXO 04

Planos:

- Planta de Sulfuros – Arreglo General
- Plano de Chancadora primaria de sulfuros y óxidos, faja transportadora de óxidos y sulfuros.
- Planta de Óxidos – Arreglo General
- Plano de Acceso Principal Prog. 6+000 al 7+000
- Plano de Acceso Principal Prog. 7+000 al 8+000
- Plano de Acceso Principal Prog. 8+000 al 9+000
- Plano de Acceso Principal Prog. 9+000 al 9+600





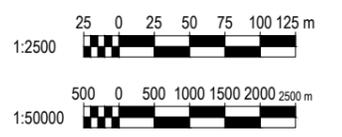
PLANO LLAVE ESCALA: 1 : 50 000

LEYENDA

- SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE LAS ESTRUCTURAS PROPUESTAS
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DEL CHANCADO PRIMARIO DE ÓXIDOS
- LÍMITE DE CORTE O RELLENO
- LÍNEA DE DISEÑO
- LÍMITE DE PROPIEDAD DE MARCOBRE
- LÍMITE DE TAJO
- LÍMITE DE BOTADERO
- INSTALACIONES PROYECTADAS
- LÍNEA DE TRANSMISIÓN
- PROYECCIÓN DE SUPERFICIE DE ROM PAD (POR OTROS) / CAMINO DE ACARREO DE MINA (HAUL ROAD) (VER NOTA 4)
- PROYECCIÓN DE MURO DE SUELO REFORZADO (POR OTROS)
- CRUCE DE TUBERÍAS DE AGUA (VER NOTA 5)

NOTAS:

1. LA BASE TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR MARCOBRE MEDIANTE EL INFORME JU-001-06-0913-0000-26-RE-0002 EN JULIO DEL 2017. EL ÁREA DEL PROYECTO ESTÁ LOCALIZADO EN LA ZONA 18S DEL SISTEMA UTM, ELIPSOIDE WGS84.
2. LAS INSTALACIONES EXISTENTES QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS LÍMITES DE CONSTRUCCIÓN, DEBERÁN SER REMOVIDAS Y/O REUBICADAS POR MARCOBRE ANTES DEL INICIO DE LA CONSTRUCCIÓN.
3. LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA SUPERIOR PARA LAS PLATAFORMAS Y EL NIVEL DE SUBRASANTE PARA LOS ACCESOS ADYACENTES A LAS FAJAS TRANSPORTADORAS.
4. LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DEL HAUL ROAD FUE PROPORCIONADA POR MARCOBRE EN ABRIL DEL 2018.
5. PARA VER EL DETALLE DE LOS "CRUCES DE TUBERÍAS DE AGUA", REFERIRSE AL PLANO 101946-4310-P-110 A 115.



ESCALA: 1 : 2 500

REFERENCIAS	REVISIONES
101946-4310-P-110	ÁREA DE SERVICIOS - AGUA Y DESAGÜE - ARREGLO GENERAL - PLANTA
101946-2110-B-205	FAJA TRANSPORTADORA CV-202/CV-302 - PLANTA Y PERFIL - LÁMINA 2 DE 2
101946-2110-B-204	FAJA TRANSPORTADORA CV-202/CV-302 - PLANTA Y PERFIL - LÁMINA 1 DE 2
101946-3920-B-302	ÁREA DE RECUPERACIÓN Y STOCKPILE - PLANTA Y SECCIONES
101946-3110-B-308	FAJA TRANSPORTADORA CV-303 - PLANTA Y PERFIL - LÁMINA 2 DE 2
101946-3110-B-307	FAJA TRANSPORTADORA CV-303 - PLANTA Y PERFIL - LÁMINA 1 DE 2
101946-3110-B-306	ACCESO A SUBESTACIÓN ELÉCTRICA - PLANTA Y PERFIL
101946-3110-B-304	ZONA DE TRANSFERENCIA - PLANTA
101946-3110-B-302	ESTACIÓN DE CHANCADO PRIMARIO DE ÓXIDOS - PLANTA

Ubicación:	Distrito:	Provincia:	Departamento:
	Marcona	Nasca	Ica
Diseñado por:	Danny Naivares C.		
Fecha:	Diciembre del 2018		
ESCALA:	INDICADA		

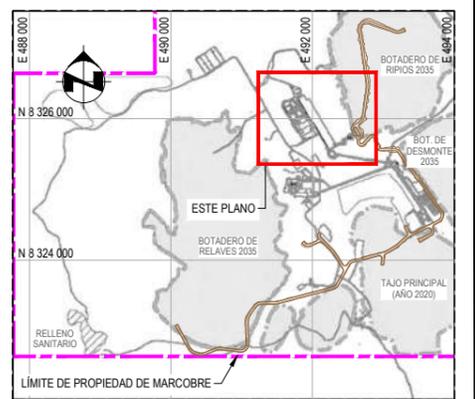
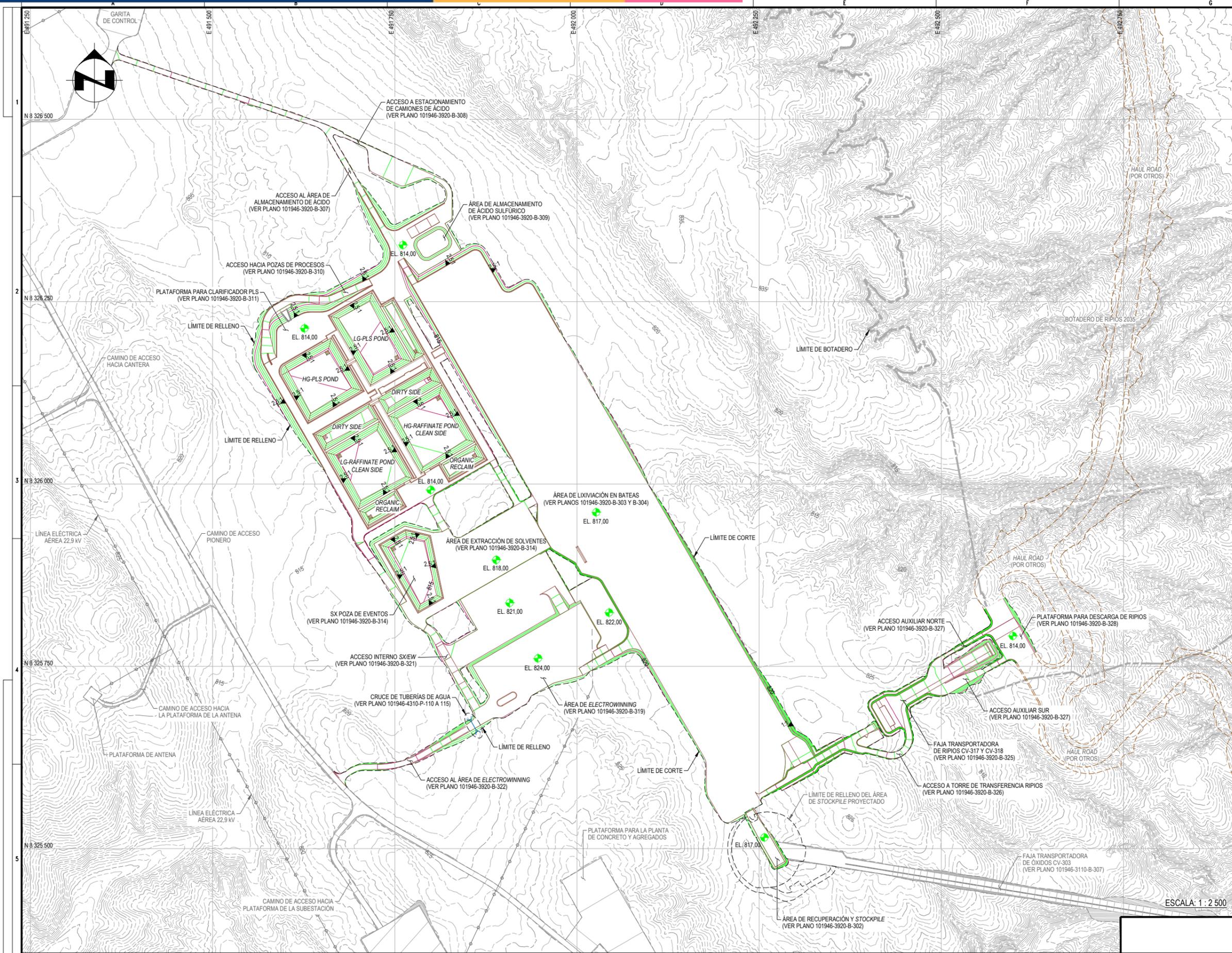
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

PROYECTO: MINA JUSTA PROJECT FASE DE EJECUCIÓN MOVIMIENTO DE TIERRAS

CONTENIDO: ÁREA DE CHANCADO PRIMARIO DE ÓXIDOS ARREGLO GENERAL

N° PLANO CLIENTE: 02 LÁMINA N° 02 de 07

NOMBRE CONVIG. DE PLOTEO: ESC. DE PLOTEO: FORMATO:



**PLANO LLAVE** ESC.: 1 : 50 000

**LEYENDA**

- SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE LAS ESTRUCTURAS PROPUESTAS
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DE LA PLANTA DE ÓXIDOS
- LÍMITE DE CORTE O RELLENO
- LÍNEA DE DISEÑO
- LÍMITE DE PROPIEDAD DE MARCOBRE
- LÍMITE DE TAJOS
- LÍMITE DE BOTADERO
- CAMINO DE ACARREO DE MINA (HAUL ROAD) (VER NOTA 3)
- NIVEL DE PLATAFORMA (msnm)
- INSTALACIONES PROYECTADAS
- LÍNEA DE TRANSMISIÓN
- CRUCE DE TUBERÍAS DE AGUA

- NOTAS:**
- LA BASE TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR MARCOBRE MEDIANTE EL INFORME JU-001-06-0913-0000-26-RE-0002 EN JULIO DEL 2017. EL ÁREA DEL PROYECTO ESTÁ LOCALIZADO EN LA ZONA 18S DEL SISTEMA UTM, ELIPSOIDE WGS84.
  - LAS INSTALACIONES EXISTENTES QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS LÍMITES DE CONSTRUCCIÓN, DEBERÁN SER REMOVIDAS Y/O REUBICADAS POR MARCOBRE ANTES DEL INICIO DE LA CONSTRUCCIÓN.
  - LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DEL HUAL ROAD FUE PROPORCIONADA POR MARCOBRE EN ABRIL DEL 2018.



ESCALA: 1 : 2 500

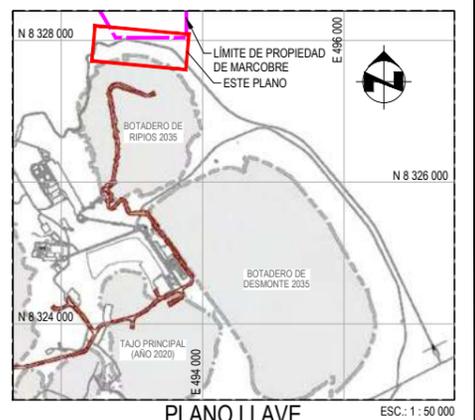
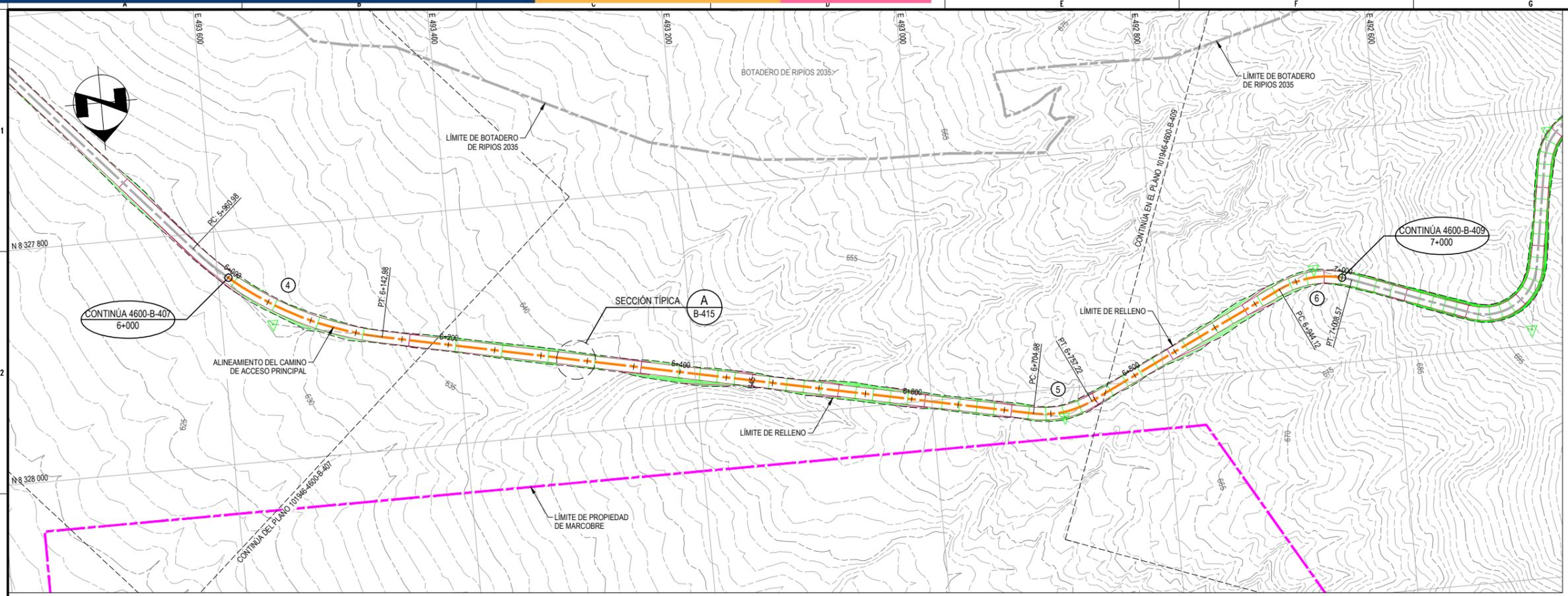
101946-3920-B-312	POZAS DE PROCESOS - NIVELACIÓN - PLANTA
101946-3920-B-311	PLATAFORMA PARA CLARIFICADOR PLS - PLANTA Y SECCIONES
101946-3920-B-310	ACCESO HACIA POZAS DE PROCESOS - PLANTA Y PERFIL
101946-3920-B-309	ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE ÁCIDO SULFÚRICO - PLANTA Y SECCIONES
101946-3920-B-308	ACCESO A ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES DE ÁCIDO - PLANTA Y PERFIL
101946-3920-B-307	ACCESO AL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE ÁCIDO - PLANTA Y PERFIL
101946-3920-B-304	ÁREA DE LIXIVIACIÓN EN BATEAS (VATS) - PLANTA
101946-3920-B-303	ÁREA DE LIXIVIACIÓN EN BATEAS (VATS) - PLANTA
101946-3920-B-302	ÁREA DE RECUPERACIÓN Y STOCKPILE - PLANTA Y SECCIONES

101946-3920-B-328	PLATAFORMA PARA DESCARGA DE RIPIOS - PLANTA Y SECCIONES
101946-3920-B-327	ACCESOS AUXILIARES DE RIPIOS NORTE Y SUR - PLANTA Y PERFIL
101946-3920-B-326	ACCESO A TORRE DE TRANSFERENCIA RIPIOS - PLANTA Y PERFIL
101946-3920-B-325	FAJA TRANSPORTADORA DE RIPIOS CV-317 Y CV-318 - PLANTA Y PERFIL
101946-3920-B-324	RAMPA DE INGRESO Y FAJA TRANSPORTADORA DE RIPIOS CV-320 - PLANTA Y PERFIL
101946-3920-B-322	ACCESO AL ÁREA DE ELECTROWINNING - PLANTA Y PERFIL
101946-3920-B-321	ACCESO INTERNO SX/EW - PLANTA Y PERFIL
101946-3920-B-319	ÁREA DE ELECTROWINNING - PLANTA
101946-3920-B-314	ÁREA DE EXTRACCIÓN DE SOLVENTES - PLANTA

Ubicación:	Distrito:	Provincia:	Departamento:
	Marcona	Nasca	Ica

Diseñado por:	Danny Naivares C.
Fecha:	Diciembre del 2018
ESCALA:	1 : 2 500

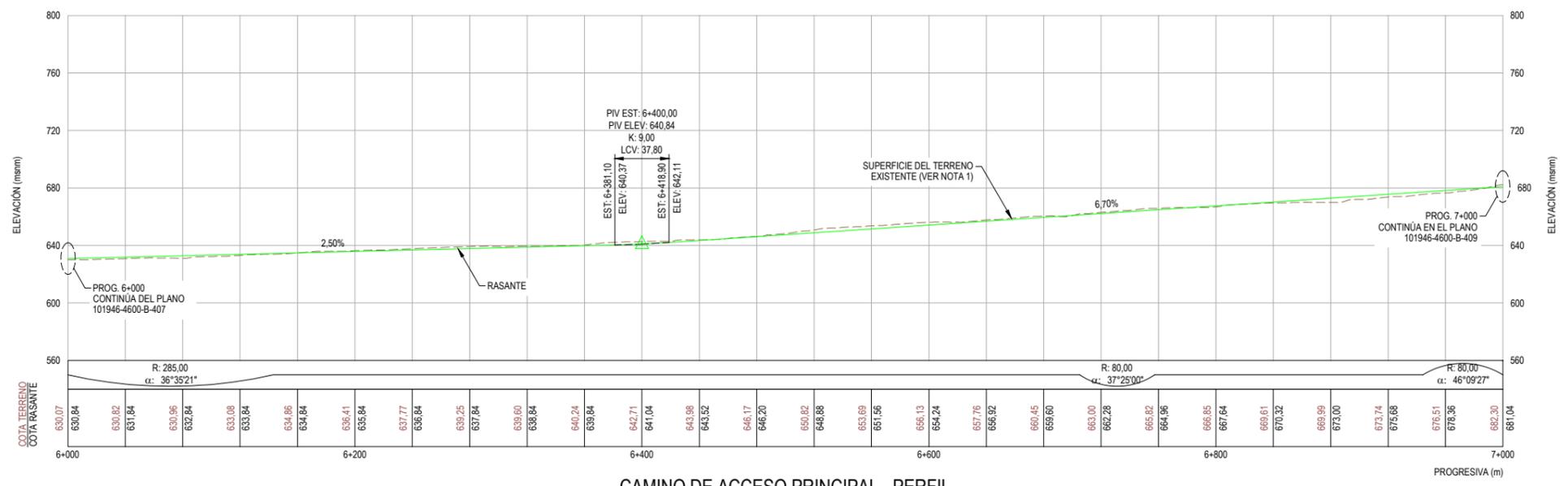
PROYECTO:	UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
CONTENIDO:	PROYECTO MINA JUSTA FASE DE EJECUCIÓN MOVIMIENTO DE TIERRAS  PLANTA DE ÓXIDOS ARREGLO GENERAL
N° PLANO CLIENTE:	03
LAMINA N°	03 de 07



**LEYENDA**

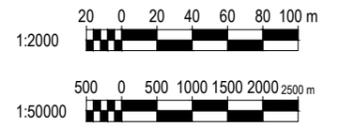
- SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DEL CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL
- LÍMITE DE RELLENO
- LÍNEA DE DISEÑO
- LÍMITE DE PROPIEDAD DE BOTADERO
- LÍMITE DE TAJO
- LÍMITE DE BOTADERO
- CURVA HORIZONTAL
- ALINEAMIENTO DEL CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL
- SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN EL PERFIL)
- RASANTE (SÓLO EN EL PERFIL)
- PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL - PVI (SÓLO EN EL PERFIL)
- ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN EL PERFIL)
- ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA RASANTE (SÓLO EN EL PERFIL)
- INSTALACIONES PROYECTADAS

**CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL - PLANTA**  
(PROGRESIVA : km 6+000,00 A km 7+000,00)  
1 : 2 000



**CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL - PERFIL**  
1 : 2 000

- NOTAS:**
- LA BASE TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR MARCOBRE (HSA-2011) EN MAYO DEL 2015. EL ÁREA DEL PROYECTO ESTÁ LOCALIZADO EN LA ZONA 18S DEL SISTEMA UTM, ELIPSOIDE WGS84.
  - LAS INSTALACIONES EXISTENTES QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS LÍMITES DE CONSTRUCCIÓN, DEBERÁN SER REMOVIDAS Y/O REUBICADAS POR MARCOBRE ANTES DEL INICIO DE LA CONSTRUCCIÓN.
  - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA SUPERIOR DE LA CAPA DE RODADURA PARA LOS ACCESOS.
  - NINGÚN MATERIAL INADECUADO PROVENIENTE DE LAS EXCAVACIONES SERÁ DEPOSITADO DENTRO DEL ÁREA DE TRABAJO. MARCOBRE DESIGNARÁ LAS ÁREAS DE APILAMIENTO EN COORDINACIÓN CON AUSENCO.
  - LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERÁN SER APROBADOS POR AUSENCO EN CAMPO ANTES DE CONSTRUCCIÓN. SI LA TOPOGRAFÍA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, SE DEBERÁ AJUSTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES.
  - LOS TALUDES DE CORTE Y/O RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN SUELO COMPETENTE PODRÁN SER EMPINADOS, Y SI LAS CONDICIONES DEL SUELO SON DESFAVORABLES, EL CORTE DEBERÁ TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS DEBERÁN SER DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO SUPERVISOR QUIEN INFORMARÁ AL INGENIERO DISEÑADOR PARA SU REVISIÓN Y APROBACIÓN.
  - PARA VER LA TABLA DE CONTROL HORIZONTAL DEL CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL, REFERIRSE AL PLANO 101946-4600-B-418.



NOMBRE CONVIG. DE PLOTEO: ESC. DE PLOTEO: FORMATO:

REFERENCIAS	REVISIONES
101946-4600-B-418	
101946-4600-B-415	
101946-4600-B-409	
101946-4600-B-407	
101946-4600-B-401	

**TABLA DE CONTROL HORIZONTAL**  
SECCIONES TÍPICAS Y DETALLES

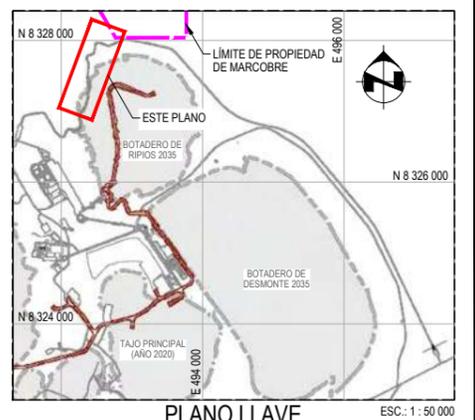
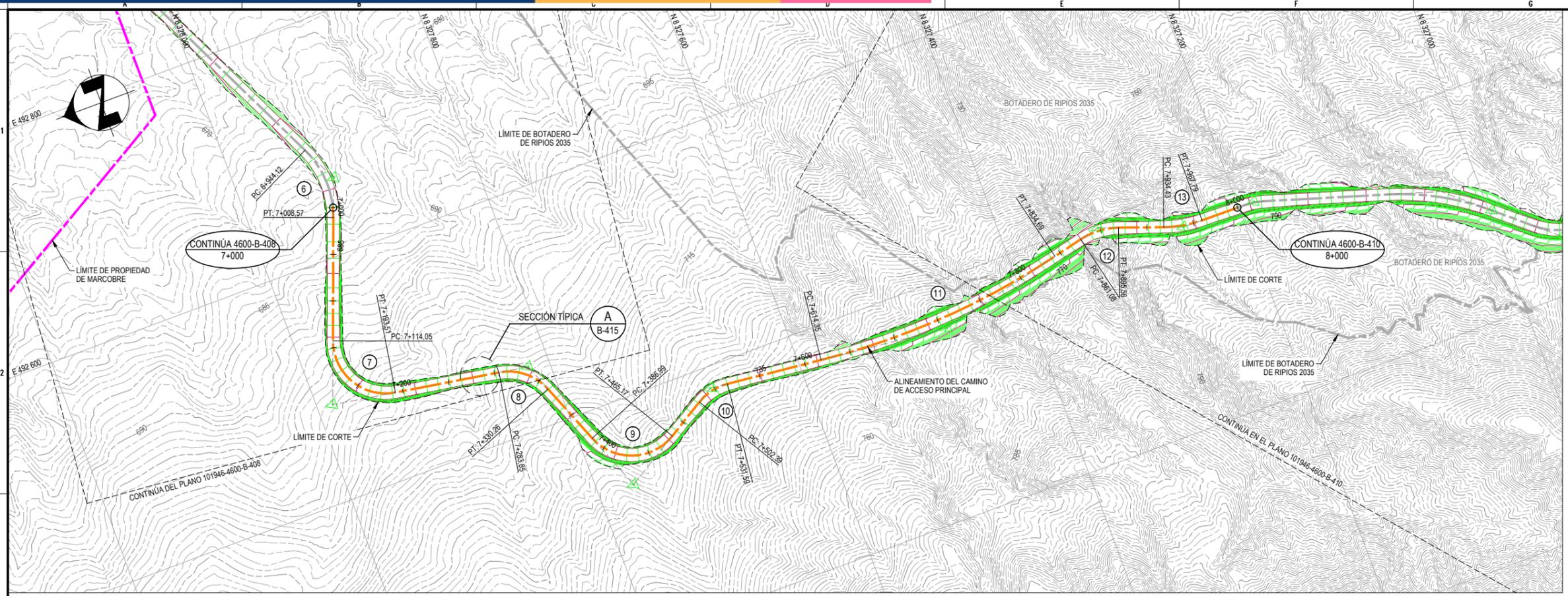
PLANTA Y PERFIL - PROG.: 7+000 A 8+000 - LÁMINA 8 DE 10

PLANTA Y PERFIL - PROG.: 5+000 A 6+000 - LÁMINA 6 DE 10

ABRIGO GENERAL

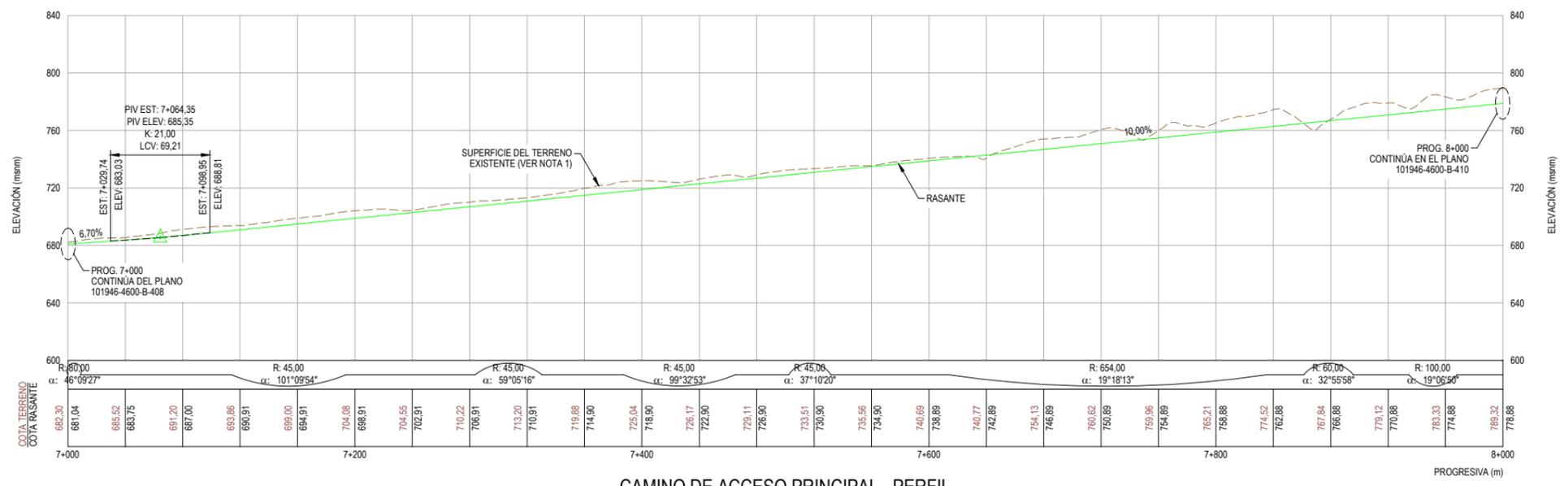
Ubicación:	Distrito: Marcona	Provincia: Nasca	Departamento: Ica
------------	-------------------	------------------	-------------------

Diseñado por:	Danny Naivares C.	PROYECTO:	UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
Fecha:	Diciembre del 2018	CONTENIDO:	PROYECTO MINA JUSTA FASE DE EJECUCIÓN MOVIMIENTO DE TIERRAS
ESCALA:	INDICADA	PLANTA Y PERFIL - PROG.: 6+000 A 7+000	
		N° PLANO CLIENTE:	04
		LÁMINA N°	04 de 07



- ### LEYENDA
- SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
  - CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DEL CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL
  - LÍMITE DE CORTE O RELLENO
  - LÍNEA DE DISEÑO
  - LÍMITE DE PROPIEDAD DE MARCOBRE
  - LÍMITE DE TAJO
  - LÍMITE DE MARCOBRE
  - CURVA HORIZONTAL 13
  - ALINEAMIENTO DEL CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL
  - SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN EL PERFIL)
  - RASANTE (SÓLO EN EL PERFIL)
  - PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL - PVI (SÓLO EN EL PERFIL)
  - 682.30 ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN EL PERFIL)
  - 681.04 ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA RASANTE (SÓLO EN EL PERFIL)
  - INSTALACIONES PROYECTADAS

**CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL - PLANTA**  
(PROGRESIVA : km 7+000,00 A km 8+000,00)  
1 : 2 000

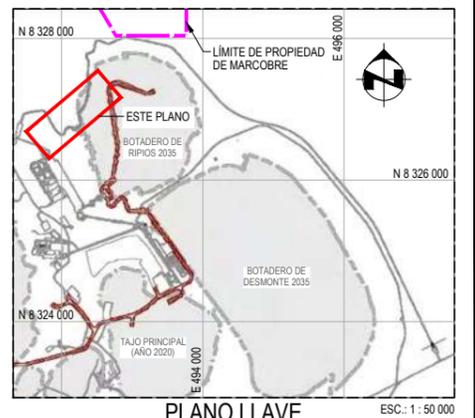
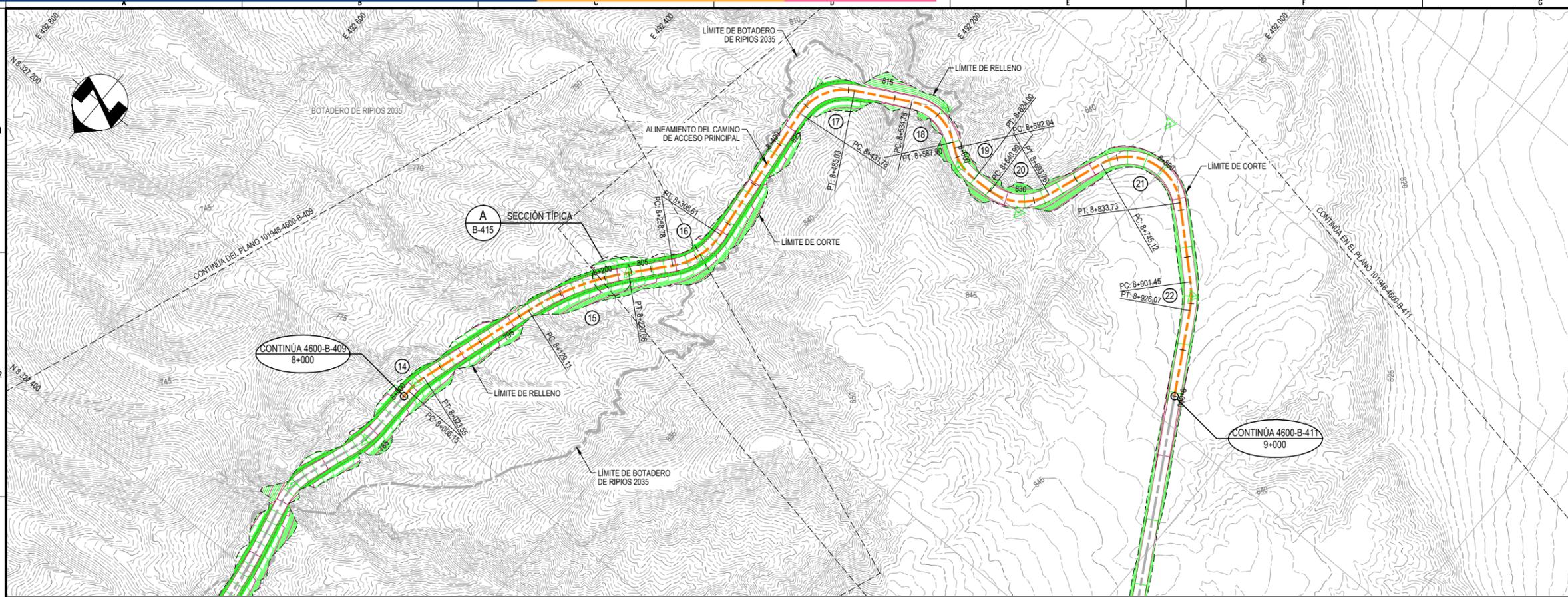


**CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL - PERFIL**  
1 : 2 000

- ### NOTAS:
- LA BASE TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR MARCOBRE (HSA-2011) EN MAYO DEL 2015. EL ÁREA DEL PROYECTO ESTÁ LOCALIZADO EN LA ZONA 18S DEL SISTEMA UTM, ELIPSOIDE WGS84.
  - LAS INSTALACIONES EXISTENTES QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS LÍMITES DE CONSTRUCCIÓN, DEBERÁN SER REMOVIDAS Y/O REUBICADAS POR MARCOBRE ANTES DEL INICIO DE LA CONSTRUCCIÓN.
  - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA SUPERIOR DE LA CAPA DE RODADURA PARA LOS ACCESOS.
  - NINGÚN MATERIAL INADECUADO PROVENIENTE DE LAS EXCAVACIONES SERÁ DEPOSITADO DENTRO DEL ÁREA DE TRABAJO. MARCOBRE DESIGNARÁ LAS ÁREAS DE APLAMIENTO EN COORDINACIÓN CON AUSENCO.
  - LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERÁN SER APROBADOS POR AUSENCO EN CAMPO ANTES DE CONSTRUCCIÓN. SI LA TOPOGRAFÍA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, SE DEBERÁ AJUSTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES.
  - LOS TALUDES DE CORTE Y/O RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN SUELO COMPETENTE PODRÁN SER EMPINADOS, Y SI LAS CONDICIONES DEL SUELO SON DESFAVORABLES, EL CORTE DEBERÁ TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS DEBERÁN SER DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO SUPERVISOR QUIEN INFORMARÁ AL INGENIERO DISEÑADOR PARA SU REVISIÓN Y APROBACIÓN.
  - PARA VER LA TABLA DE CONTROL HORIZONTAL DEL CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL, REFERIRSE AL PLANO 101946-4600-B-418.

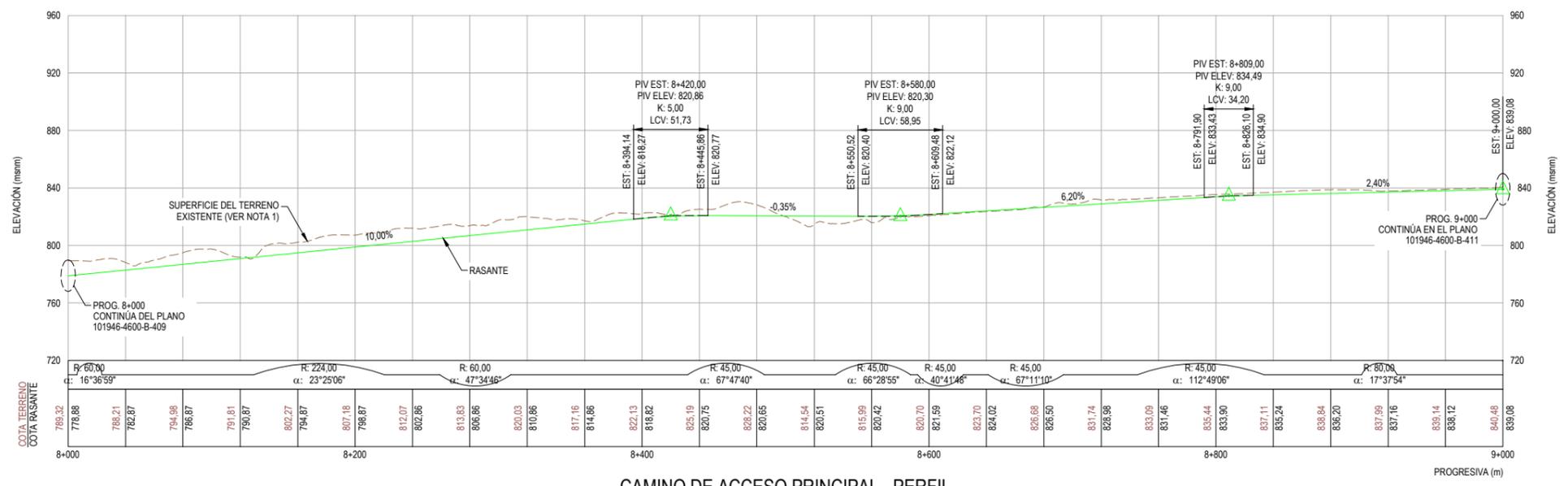


UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS	
Diseñado por:	Danny Naivares C.
Fecha:	Diciembre del 2018
Proyecto:	PROYECTO MINA JUSTA FASE DE EJECUCIÓN MOVIMIENTO DE TIERRAS
Contenido:	CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL PLANTA Y PERFIL - PROG.: 7+000 A 8+000
Ubicación:	Distrito: Marcona Provincia: Nasca Departamento: Ica
ESCALA:	INDICADA
N° PLANO CLIENTE:	05
LAMINA N°	05 de 07



- ### LEYENDA
- SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
  - CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DEL CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL
  - LÍMITE DE RELLENO
  - LÍNEA DE DISEÑO
  - LÍMITE DE PROPIEDAD DE MARCOBRE
  - LÍMITE DE TAJO
  - LÍMITE DE BOTADERO
  - CURVA HORIZONTAL
  - ALINEAMIENTO DEL CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL
  - SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN EL PERFIL)
  - RASANTE (SÓLO EN EL PERFIL)
  - PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL - PVI (SÓLO EN EL PERFIL)
  - ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN EL PERFIL)
  - ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA RASANTE (SÓLO EN EL PERFIL)
  - INSTALACIONES PROYECTADAS

**CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL - PLANTA**  
(PROGRESIVA : km 8+000,00 A km 9+000,00)  
1 : 2 000



**CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL - PERFIL**  
1 : 2 000

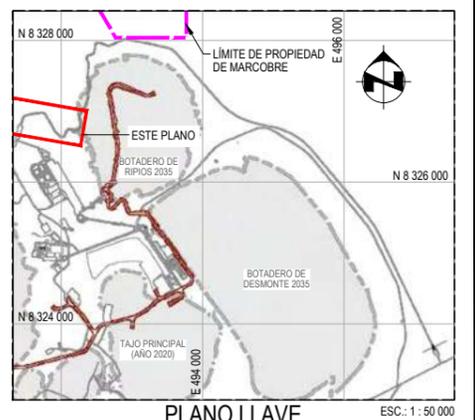
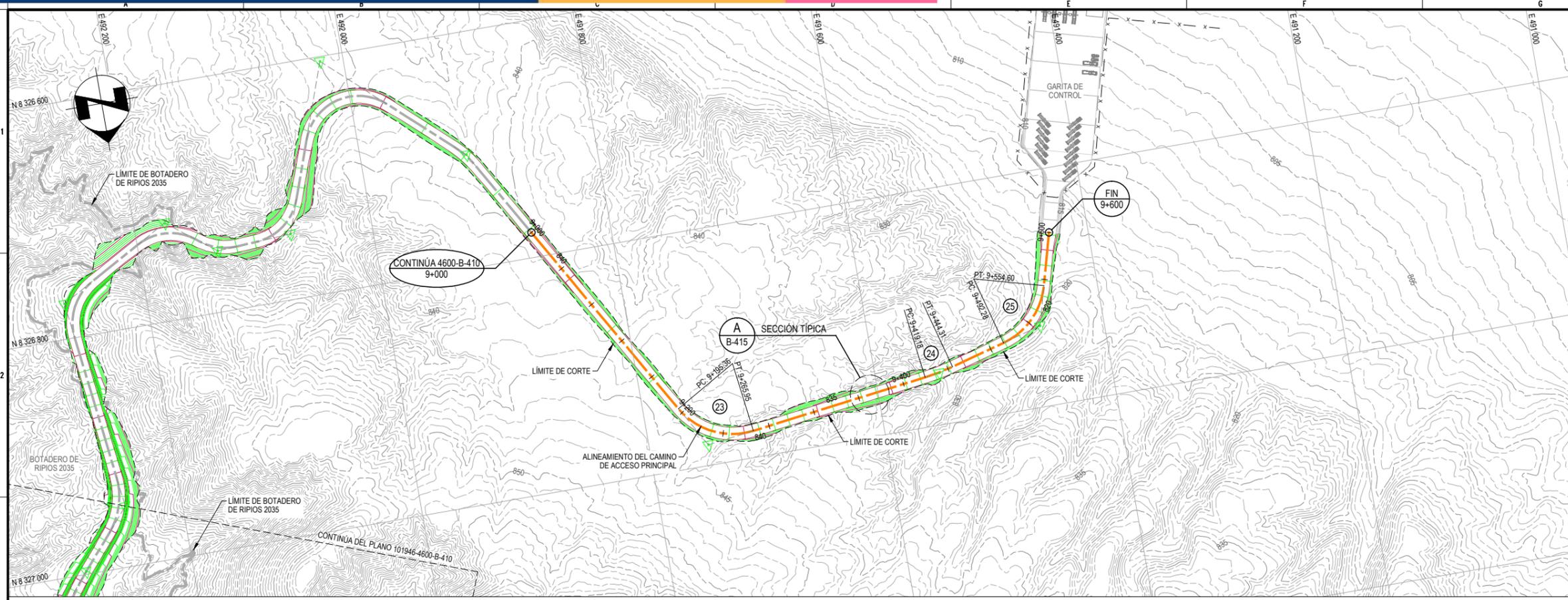
- ### NOTAS:
1. LA BASE TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR MARCOBRE (HSA-2011) EN MAYO DEL 2015. EL ÁREA DEL PROYECTO ESTÁ LOCALIZADO EN LA ZONA 18S DEL SISTEMA UTM, ELIPSOIDE WGS84.
  2. LAS INSTALACIONES EXISTENTES QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS LÍMITES DE CONSTRUCCIÓN, DEBERÁN SER REMOVIDAS Y/O REUBICADAS POR MARCOBRE ANTES DEL INICIO DE LA CONSTRUCCIÓN.
  3. LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA SUPERIOR DE LA CAPA DE RODADURA PARA LOS ACCESOS.
  4. NINGÚN MATERIAL INADECUADO PROVENIENTE DE LAS EXCAVACIONES SERÁ DEPOSITADO DENTRO DEL ÁREA DE TRABAJO. MARCOBRE DESIGNARÁ LAS ÁREAS DE APILAMIENTO EN COORDINACIÓN CON AUSENTO.
  5. LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERÁN SER APROBADOS POR AUSENTO EN CAMPO ANTES DE CONSTRUCCIÓN. SI LA TOPOGRAFÍA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, SE DEBERÁ AJUSTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES.
  6. LOS TALUDES DE CORTE Y/O RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN SUELO COMPETENTE PODRÁN SER EMPINADOS, Y SI LAS CONDICIONES DEL SUELO SON DESFAVORABLES, EL CORTE DEBERÁ TENER MEJOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS DEBERÁN SER DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO SUPERVISOR QUIEN INFORMARÁ AL INGENIERO DISEÑADOR PARA SU REVISIÓN Y APROBACIÓN.
  7. PARA VER LA TABLA DE CONTROL HORIZONTAL DEL CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL, REFERIRSE AL PLANO 101946-4600-B-418.



REFERENCIAS	REVISIONES
101946-4600-B-418	
101946-4600-B-415	
101946-4600-B-411	
101946-4600-B-409	
101946-4600-B-401	

TABLA DE CONTROL HORIZONTAL SECCIONES TÍPICAS Y DETALLES PLANTA Y PERFIL - PROG.: 9+000 A 9+600 - LÁMINA 10 DE 10 PLANTA Y PERFIL - PROG.: 7+000 A 8+000 - LÁMINA 8 DE 10 ABRIL 2018			
Ubicación:	Distrito: Marcona	Provincia: Nasca	Departamento: Ica

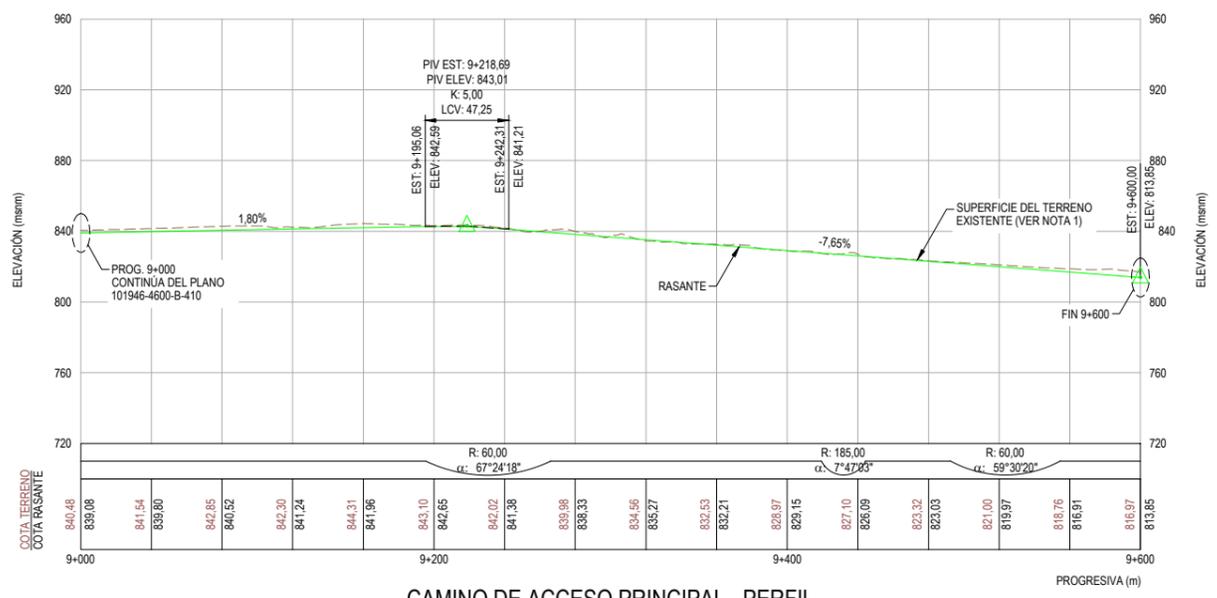
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS	PROYECTO: <b>PROYECTO MINA JUSTA          FASE DE EJECUCIÓN          MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>
Diseñado por: <b>Danny Naivares C.</b>	CONTENIDO: <b>CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL          PLANTA Y PERFIL - PROG.: 8+000 A 9+000</b>
Fecha: <b>Diciembre del 2018</b>	ESCALA: INDICADA
N° PLANO CLIENTE: <b>06</b>	LÁMINA N° <b>06</b> de <b>07</b>



**LEYENDA**

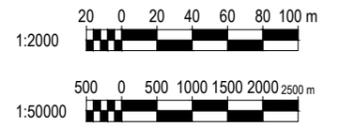
	SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE LAS ESTRUCTURAS PROPUESTAS
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DEL CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL
	LÍMITE DE RELLENO
	LÍNEA DE DISEÑO
	LÍMITE DE PROPIEDAD DE MARCOBRE
	LÍMITE DE TAJO
	LÍMITE DE BOTADERO
	CERCO PERIMÉTRICO
	CURVA HORIZONTAL
	ALINEAMIENTO DEL CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL
	SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN EL PERFIL)
	RASANTE (SÓLO EN EL PERFIL)
	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL - PVI (SÓLO EN EL PERFIL)
	840.48 ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN EL PERFIL)
	839.08 ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA RASANTE (SÓLO EN EL PERFIL)
	INSTALACIONES PROYECTADAS

**CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL - PLANTA**  
(PROGRESIVA : km 9+000,00 A km 9+600,00)  
1 : 2 000



**CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL - PERFIL**  
1 : 2 000

- NOTAS:**
- LA BASE TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR MARCOBRE (HSA-2011) EN MAYO DEL 2015. EL ÁREA DEL PROYECTO ESTÁ LOCALIZADO EN LA ZONA 18S DEL SISTEMA UTM, ELIPSOIDE WGS84.
  - LAS INSTALACIONES EXISTENTES QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS LÍMITES DE CONSTRUCCIÓN DEBERÁN SER REMOVIDAS Y/O REUBICADAS POR MARCOBRE ANTES DEL INICIO DE LA CONSTRUCCIÓN.
  - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA SUPERIOR DE LA CAPA DE RODADURA PARA LOS ACCESOS.
  - NINGÚN MATERIAL INADECUADO PROVENIENTE DE LAS EXCAVACIONES SERÁ DEPOSITADO DENTRO DEL ÁREA DE TRABAJO. MARCOBRE DESIGNARÁ LAS ÁREAS DE APLAMIENTO EN COORDINACIÓN CON AUSSENCO.
  - LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERÁN SER APROBADOS POR AUSSENCO EN CAMPO ANTES DE CONSTRUCCIÓN. SI LA TOPOGRAFÍA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, SE DEBERÁ AJUSTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES.
  - LOS TALUDES DE CORTE Y/O RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN SUELO COMPETENTE PODRÁN SER EMPINADOS, Y SI LAS CONDICIONES DEL SUELO SON DESFAVORABLES, EL CORTE DEBERÁ TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS DEBERÁN SER DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO SUPERVISOR QUIEN INFORMARÁ AL INGENIERO DISEÑADOR PARA SU REVISIÓN Y APROBACIÓN.
  - PARA VER LA TABLA DE CONTROL HORIZONTAL DEL CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL, REFERIRSE AL PLANO 101946-4600-B-418.



REFERENCIAS	REVISIONES
4600-B-418	
4600-B-415	
4600-B-410	
401	

Ubicación:	Distrito: Marcona	Provincia: Nasca	Departamento: Ica
------------	-------------------	------------------	-------------------

Diseñado por:	Danny Naivares C.	PROYECTO:	UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
Fecha:	Diciembre del 2018	CONTENIDO:	PROYECTO MINA JUSTA FASE DE EJECUCIÓN MOVIMIENTO DE TIERRAS
ESCALA:	INDICADA	N° PLANO CLIENTE:	CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL PLANTA Y PERFIL - PROG.: 9+000 A 9+600
		LAMINA N°:	07
		REV.:	07 de 07

ANEXO 05 CHECK LIST DE LOS EQUIPOS

MOTA ENGIL PERÚ		PRE USO DE EQUIPOS						CÓDIGO
OPERADOR:		FRENTE ASIGNADO:						
FECHA: / /		HORA:		TURNO:		HOROMETRO:		
EQUIPO:		CÓDIGO SAP DEL EQUIPO:						
OBRA:		SUPERVISOR DE CAMPO:						
REFERENCIA DE LLENADO :	Correcto	<input checked="" type="checkbox"/>	Reparar	<b>R</b>	Cambiar	<b>C</b>	No aplica	<b>O</b>
<b>INSP. VEHÍCULO APAGADO</b>								
<b>GENERAL</b>								
Filtros de aire	<input type="checkbox"/>	Ripper <input type="checkbox"/>	Vástago <input type="checkbox"/>	Eje propulsor (Cardan)	<input type="checkbox"/>	Soporte de dirección de rola	<input type="checkbox"/>	
Filtros separador de agua	<input type="checkbox"/>	Inclinación neumático <input type="checkbox"/>	Vástago <input type="checkbox"/>	Orbitrol	<input type="checkbox"/>	Capot del motor	<input type="checkbox"/>	
Bornes de batería	<input type="checkbox"/>	Escarificador <input type="checkbox"/>	Vástago <input type="checkbox"/>	Neumáticos delanteros	<input type="checkbox"/>	Neumáticos traseros	<input type="checkbox"/>	
Puertas, manijas y barandas	<input type="checkbox"/>	Estabilizadores <input type="checkbox"/>	Vástago <input type="checkbox"/>	Aros, pernos del neumático	<input type="checkbox"/>	Cocada de neumático	<input type="checkbox"/>	
Espejo interior y exterior	<input type="checkbox"/>	Acoples y mangueras hidráulicas	<input type="checkbox"/>	Guardafangos	<input type="checkbox"/>	Aros y pernos de neumáticos	<input type="checkbox"/>	
Tanque de combustible, tapa	<input type="checkbox"/>	Fugas de aceite (juntas general)	<input type="checkbox"/>	Caja de válvulas	<input type="checkbox"/>	Rola posterior	<input type="checkbox"/>	
Conos de seguridad	<input type="checkbox"/>	<b>EXCAVADORA</b>			Cucharón, adapter	<input type="checkbox"/>	Neumáticos posteriores	<input type="checkbox"/>
Extintor F.V. / /	<input type="checkbox"/>	Bastidor	<input type="checkbox"/>	Uñas y cantonera	<input type="checkbox"/>	Depósito de agua (Tandem)	<input type="checkbox"/>	
Manual de Operación	<input type="checkbox"/>	Rodillos superiores	<input type="checkbox"/>	Neumáticos posteriores	<input type="checkbox"/>	Sistema de riego (Tandem)	<input type="checkbox"/>	
Cuaderno de bitácora	<input type="checkbox"/>	Rodillos inferiores	<input type="checkbox"/>	Contrapeso	<input type="checkbox"/>	<b>MOTONIVELADORA</b>		
Asiento de operador	<input type="checkbox"/>	Cadenas, pines y bocinas	<input type="checkbox"/>	Pin de remolque	<input type="checkbox"/>	Bastidor o viga	<input type="checkbox"/>	
Cinturón de seguridad	<input type="checkbox"/>	Zapatatas	<input type="checkbox"/>	Brazo de soporte de hoja topad.	<input type="checkbox"/>	Caballote / orificios	<input type="checkbox"/>	
Aire acondicionado (si aplica)	<input type="checkbox"/>	Tensado de oruga	<input type="checkbox"/>	Hoja topadora	<input type="checkbox"/>	Tomamesa	<input type="checkbox"/>	
Llave de paso y contacto	<input type="checkbox"/>	Boom (aguilón)	<input type="checkbox"/>	Cuchillas y cantoneras	<input type="checkbox"/>	Motor de rotación de tomamesa	<input type="checkbox"/>	
Engrase	<input type="checkbox"/>	Brazo (stick)	<input type="checkbox"/>	<b>TRACTOR DE ORUGA</b>				Zapatatas de tomamesa
Fisuras estructurales	<input type="checkbox"/>	Balde, adapter, uñas y canton.	<input type="checkbox"/>	Bastidor	<input type="checkbox"/>	Vertedera	<input type="checkbox"/>	
Linterna de mano	<input type="checkbox"/>	Sellos y limpiadores	<input type="checkbox"/>	Rodillos superiores	<input type="checkbox"/>	Cuchillas y cantoneras de vert.	<input type="checkbox"/>	
Limpieza de bastidores	<input type="checkbox"/>	Contrapeso	<input type="checkbox"/>	Rodillos inferiores	<input type="checkbox"/>	Barra de tiro	<input type="checkbox"/>	
Limpieza de ruedas guía	<input type="checkbox"/>	Coraza del bastidor	<input type="checkbox"/>	Cadenas, pines y bocinas	<input type="checkbox"/>	Junta de bola	<input type="checkbox"/>	
Limpieza de cabina	<input type="checkbox"/>	Mandos finales	<input type="checkbox"/>	Zapatatas	<input type="checkbox"/>	Neumáticos delanteros, pernos	<input type="checkbox"/>	
Cigarreras	<input type="checkbox"/>	Cámara de retroceso	<input type="checkbox"/>	Rueda guía o libre	<input type="checkbox"/>	Barandas y estribos	<input type="checkbox"/>	
Encendedores	<input type="checkbox"/>	<b>RETRO EXCAVADORA</b>			Tensado de oruga	<input type="checkbox"/>	Tándem	<input type="checkbox"/>
Regillas de aire acondicionado	<input type="checkbox"/>	Neumáticos delanteros	<input type="checkbox"/>	Trunio	<input type="checkbox"/>	Neumáticos traseros, pernos	<input type="checkbox"/>	
Micas de faros	<input type="checkbox"/>	Pernos de neumáticos	<input type="checkbox"/>	Brazo de soporte de hoja topad.	<input type="checkbox"/>	Escarificador (espadas)	<input type="checkbox"/>	
Botiquín (completo)	<input type="checkbox"/>	Tapas y capot del motor	<input type="checkbox"/>	Hoja topadora	<input type="checkbox"/>	<b>NIVEL DE FLUIDOS</b>		
Barandas, estribos y peldaños	<input type="checkbox"/>	Barra de volteo	<input type="checkbox"/>	Cuchillas y cantoneras	<input type="checkbox"/>	Aceite de motor	<input type="checkbox"/>	
Kit anti derrame, pico, pala	<input type="checkbox"/>	Cucharón delantero	<input type="checkbox"/>	Rendija de ventilación refrig.	<input type="checkbox"/>	Aceite hidráulico	<input type="checkbox"/>	
<b>Fugas aceite: Cilindro hidráulico</b>		Pasador pivot	<input type="checkbox"/>	Ripper, escarificador (espada)	<input type="checkbox"/>	Aceite de reductor de giro (Exc)	<input type="checkbox"/>	
<b>Daño: Vástago cromado</b>		Neumáticos traseros	<input type="checkbox"/>	Coraza / Tapas / Guardas	<input type="checkbox"/>	Aceite de eje pivot (Tractor)	<input type="checkbox"/>	
Levante	<input type="checkbox"/>	Estabilizadores /gomas	<input type="checkbox"/>	Rueda libre posterior	<input type="checkbox"/>	Aceite de transmisión	<input type="checkbox"/>	
Volteo	<input type="checkbox"/>	Cilindros hidráulicos estabilizad.	<input type="checkbox"/>	Rueda motriz	<input type="checkbox"/>	Líquido limpia parabrisas	<input type="checkbox"/>	
Dirección	<input type="checkbox"/>	Aguilón (excavador)	<input type="checkbox"/>	Otros.....	<input type="checkbox"/>	Refrigerante	<input type="checkbox"/>	
Boom	<input type="checkbox"/>	Brazo (excavador)	<input type="checkbox"/>	<b>RODILLO LISO / TANDEM / NEUMATICO</b>				<b>INSP. DE EQUIPO ENCENDIDO</b>
Brazo	<input type="checkbox"/>	Cucharón posterior	<input type="checkbox"/>	Pin seguro de traslado	<input type="checkbox"/>	Sistema electrónico (Auto test)	<input type="checkbox"/>	
Cucharón	<input type="checkbox"/>	Uñas y cantoneras	<input type="checkbox"/>	Bastidor de soporte de rola	<input type="checkbox"/>	Limpia parabrisas	<input type="checkbox"/>	
Levante de hoja	<input type="checkbox"/>	Brazo extensor	<input type="checkbox"/>	Motor de traslación	<input type="checkbox"/>	Luces y neblinero	<input type="checkbox"/>	
Inclinación de la hoja	<input type="checkbox"/>	Seguro de pluma	<input type="checkbox"/>	Limpiadores de rola delant/poster.	<input type="checkbox"/>	Bocina o claxon	<input type="checkbox"/>	
Desplazador vertedera	<input type="checkbox"/>	Otros.....	<input type="checkbox"/>	Rola delantera	<input type="checkbox"/>	Alarma de retroceso	<input type="checkbox"/>	
		<b>CARGADOR FRONTAL / TRACTOR DE RUEDAS</b>			Neumáticos delanteros	<input type="checkbox"/>	Tablero o panel monitor	<input type="checkbox"/>
		Cilindros hidráulicos de artic.	<input type="checkbox"/>	Motor de vibración	<input type="checkbox"/>	Luz estroboscópica	<input type="checkbox"/>	
Observaciones mecánicas del equipo por parte del operador:								
Operador					Supervisor de campo			

GESTION DE EQUIPOS

Extraído de Área de mantenimiento de Mota Engil Perú S.A



## ANEXO 06 PANEL FOTOGRÁFICO



**Figura 74 — La flota de equipos Rock Drill**



**Figura 75 — Perforadoras Rock Drill DX 700**



**Figura 76 — Perforadoras fuera del radio de influencia de voladura**



**Figura 77 — Rock drill Junjin en el frente de trabajo**



**Figura 78 — Flota de perforación fuera del radio de influencia de la voladura**