

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



“COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO DE PERFORACIÓN ENTRE EL MINI
JUMBO MUKI Y PERFORADORA STOPER, EN VETAS ANGOSTAS, MINA
CAUDALOSA – 2016”

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. ROLANDO CHUYMA RIVEROS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS

ABANCAY – PERÚ

2019



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



TESIS

**“COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO DE PERFORACIÓN ENTRE EL
MINI JUMBO MUKI Y PERFORADORA STOPER, EN VETAS
ANGOSTAS, MINA CAUDALOSA – 2016”**

Presentado por **ROLANDO CHUYMA RIVEROS**, para optar el Título de:

INGENIERO DE MINAS

Sustentado y aprobado el 13 de agosto del 2019, ante el jurado:

Presidente:



MG. FRANKLIN AGUIRRE HUILLCAS

Primer Miembro:



ING. JOSÉ ADOLFO CÁRDENAS CATALÁN

Segundo Miembro:



ING. GIOVANNI FRISANCHO TRIVEÑO

Asesor (es):



ING. EDGAR CRISPÍN HUACAC FARFÁN

AGRADECIMIENTO

Agradecer a los docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Micaela Bastidas de Apurímac, por haberme brindado una base fundamental en mi desarrollo profesional y personal, por sus consejos, enseñanzas y sabiduría.

De manera especial al Ing. Edgar Huacac Farfán, asesor de la presente tesis, por orientación permanente en el desarrollo de la tesis.

Finalmente, agradezco a Dios, por concederme salud, bendición, protección, sabiduría y fortaleza para poder cumplir con esta meta de ser Ingeniero de Minas.



DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación en primer lugar a Dios y de manera muy especial a mis queridos padres Leoncio Chuyma Ramos (Q.E.P.D) y Leonor Riveros Bautista, por mostrarme el camino hacia la superación, por todo su sacrificio y esfuerzo en darme una carrera profesional.

A mis hermanos Martha, Irma, Adela, Juan Carlos y Juan Manuel (Q.E.P.D), por ser una fuente de inspiración, motivación y apoyo incondicional.

A mis tíos Doroteo y Dolores, quienes hicieron todo en la vida para que pudiera lograr mis sueños, por motivarme, por ser mi soporte y mis mejores amigos.



ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado	4
1.2.1 Enunciado general	5
1.2.2 Enunciados específicos	5
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 Justificación	5
1.5 Delimitación	6
1.5.1 Delimitación espacial	6
1.5.2 Delimitación social	6
1.5.3 Delimitación temporal	6
1.5.4 Delimitación conceptual	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Marco referencial	8
2.2.1 Perforación de rocas	8
2.2.2 Tipos de perforación	8
2.2.2.1 Perforación por percusión	8
2.2.2.2 Perforación por rotación	9
2.2.2.3 Perforación por rotopercusión	9
2.2.2.4 Ventajas principales que presenta la perforación rotopercutiva	10
2.2.3 Equipos de perforación	10
2.2.4 Condiciones de perforación	11
2.2.5 Errores y defectos de perforación	11



2.2.6	Costo de perforación	12
2.2.6.2	Costo de posesión.....	13
2.2.6.3	Costo de operación.....	15
2.2.6.4	Gastos generales y utilidades.....	19
2.2.7	Características del equipo de perforación Mini Jumbo Muki.....	19
2.2.8	Rendimiento en física	21
2.2.8.1	Curva de rendimiento	21
2.2.9	Rendimiento o performance del equipo.....	23
2.2.10	Determinación del rendimiento del equipo	23
2.2.11	Componentes principales del equipo Mini Jumbo Muki.....	23
2.2.12	Criterios de selección de perforadoras	24
2.3	Definición de términos.....	24
2.4	Aspectos generales	26
2.4.1	Ubicación	26
2.4.2	Accesibilidad	26
2.4.3	Fisiografía.....	26
2.4.4	Clima.....	27
2.4.5	Flora y fauna	27
2.4.6	Hidrografía y drenaje.....	28
2.4.7	Recursos.....	28
2.4.8	Antecedentes históricos	28
2.4.9	Geología regional	29
2.4.9.1	Rocas sedimentarias	29
2.4.9.2	Rocas Igneas.....	31
2.4.9.3	Depósitos cuaternarios	35
2.4.10	Geología local.....	36
2.4.11	Geología estructural.....	36
2.4.12	Geología económica.....	37
2.4.12.1	Tipo y forma del yacimiento.....	37
2.4.12.2	Paragenesis y zonamiento	37
2.4.12.3	Mineralogía	37
2.4.12.4	Alteraciones hidrotermales.....	39
2.4.12.5	Controles de mineralización	39



2.4.13	Recurso mineral.....	39
2.4.14	Método de minado.....	40
2.4.14.1	Corte y relleno ascendente mecanizado con rampa basculante.....	40
2.4.14.2	Labores de desarrollo.....	40
2.4.14.3	Labores de preparación.....	41
2.4.14.4	Ciclo de minado.....	42
CAPÍTULO III.....		44
DISEÑO METODOLÓGICO.....		44
3.1	Definición de variables.....	44
3.2	Hipótesis general.....	44
3.1.1	Variable independiente.....	44
3.1.2	Variable dependiente.....	44
3.3	Operalización de variables.....	44
3.4	Hipótesis de la investigación.....	45
3.3.1	Hipótesis específicas.....	45
3.5	Tipo y Diseño de la investigación.....	45
3.4.1	Diseño de investigación.....	45
3.6	Población y muestra.....	45
3.5.1	Población.....	45
3.5.2	Muestra.....	45
3.7	Procedimiento de la investigación.....	45
3.8	Material de investigación.....	46
3.7.1	Pruebas de entrada proceso y salida de la investigación.....	46
3.7.2	Instrumentos de la investigación.....	46
CAPÍTULO IV.....		47
RESULTADOS.....		47
4.1	Descripción de los resultados.....	47
4.1.1	Dimensionamiento del tajo.....	47
4.1.2	Características geomecánicas del Tj 850.....	48
4.1.3	Diseño de la malla de perforación.....	52
4.1.3.1	Modelo matemático de Pearse.....	52
4.1.4	Perforación y estudio de tiempos de los equipos.....	53
4.1.4.1	Perforación con la perforadora Stoper.....	53



4.1.4.2 Perforación con el Mini jumbo muki.....	53
4.1.5 Determinación del costo de perforación de los equipos.....	54
4.1.5.1 Determinación del costo de perforación con Stoper.....	54
4.1.5.2 Determinación del costo de perforación con el equipo Mini Jumbo Muki	56
4.1.6 Análisis comparativo de los rendimientos de perforación por equipos	60
4.2 Discusión de los resultados	61
4.3.1 Resumen de pruebas en la perforación de los tajos en realce, con Mini Jumbo Miki.....	61
4.3.2 Resumen de rendimientos de perforación (Stoper versus Mini jumbo muki)	62
4.3.3 Indicadores de consumo de aceros de perforación	65
4.3.4 Indicadores de costos de perforación (US\$ /Pie perforado).....	66
4.3.5 Resumen de producción anual por equipos.....	67
4.3.5.1 Resumen de producción año 2016 (Explotación convencional).....	67
4.3.5.2 Resumen de producción año 2017(Explotación mecanizada).....	68
CAPÍTULO V	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
5.1 Conclusiones	70
5.2 Recomendaciones	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS.....	73



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Vida económica útil de los equipos.</i>	14
Tabla 2. <i>Porcentaje de mantenimiento y reparaciones.</i>	16
Tabla 3. <i>Vida útil - neumáticos</i>	17
Tabla 4. <i>Condiciones de trabajo</i>	17
Tabla 5. <i>Porcentaje del ciclo de trabajo.</i>	18
Tabla 6. <i>Coordenas UTM y geográficas.</i>	26
Tabla 7. <i>Acceso a la Unidad Mina Huachocolpa Uno.</i>	26
Tabla 8. <i>Reservas minerales.</i>	40
Tabla 9. <i>Recursos minerales.</i>	40
Tabla 10. <i>Operacionalización de variables</i>	44
Tabla 11. <i>Obtención de RMR de Bieniaswki de 1989.</i>	51
Tabla 12. <i>Resumen de rendimientos de perforación, con Stoper.</i>	53
Tabla 13. <i>Resumen de rendimientos de perforación, con Mini Jumbo Muki</i>	53
Tabla 14. <i>Determinación del costo de EPPs.</i>	54
Tabla 15. <i>Determinación del costo de herramientas y materiales</i>	55
Tabla 16. <i>Determinación del costo de aceros de perforación.</i>	55
Tabla 17. <i>Estructura del precio unitario.</i>	56
Tabla 18. <i>Determinación del costo horario del Mini Jumbo Muki.</i>	56
Tabla 19. <i>Determinación de costo de EPPs.</i>	57
Tabla 20. <i>Costo de herramienta y materiales</i>	58
Tabla 21. <i>Costo de aceros de perforación</i>	58
Tabla 22. <i>Estructura de precio unitario.</i>	59
Tabla 23. <i>Consumo de los aceros de perforación</i>	60
Tabla 24. <i>Resumen de las pruebas en los tajos con el Equipo Mini Jumbo Muki.</i>	61
Tabla 25. <i>Costo total de perforación por pie</i>	66
Tabla 26. <i>Resumen de producción por meses (2016), con la perforadora Stoper).</i>	67
Tabla 27. <i>Resumen de producción mensual (2017), con equipo Mini Jumbo Muki.</i>	68
Tabla 28. <i>Datos operativos de la labor.</i>	76
Tabla 29. <i>Tiempos muertos antes de la operación con la perforadora manual Stoper.</i>	76
Tabla 30. <i>Control de tiempos durante la perforación del Tj 850 - W, con la perforadora manual Stoper.</i>	77
Tabla 31. <i>Cuadro estadístico para calcular el tiempo promedio en perforar un taladro, con la perforadora manual Stoper.</i>	79
Tabla 32. <i>Cuadro estadístico. Para calcular la longitud efectiva de perforación con la perforadora Stoper.</i>	80
Tabla 33. <i>Datos técnicos del Tj 850 - W.</i>	80
Tabla 34. <i>Tiempos muertos antes de la perforación del Tj 850 - W.</i>	80
Tabla 35. <i>Tiempos muertos durante la perforación del Tj 850 - W.</i>	81
Tabla 36. <i>Control de tiempos durante la perforación del Tj 850 – W con la perforadora manual Stoper.</i>	82

Tabla 37. Cuadro estadístico, para hallar el tiempo promedio que toma en perforar un taladro de 8 pies con Stoper.	84
Tabla 38. Cuadro estadístico, para hallar la longitud efectiva de perforación con stoper.	85
Tabla 39. Datos técnicos del Mini Jumbo Muki.	86
Tabla 40. Datos técnicos del Tj 850 - W.	86
Tabla 41. Antes y después de la operación del Tj 850 – W.	86
Tabla 42. Tiempos muertos durante la operación del Tj 850 – W, con mini Jumbo Muki.	87
Tabla 43. Tiempos totales durante la perforación con Mini Jumbo Muki.	87
Tabla 44. Control de tiempos de perforación del Tj 850 – W en realce, con el Mini Jumbo Muki.	87
Tabla 45. Cuadro estadístico, para calcular el tiempo promedio que toma en perforar un taladro de 8 pies con Mini jumbo Muki.	90
Tabla 46. Cuadro estadístico, para hallar la longitud efectiva de perforación del Tj 850 – W, con Mini jumbo Muki.	92
Tabla 47. Datos técnicos en la perforación del Tj 850 – W	93
Tabla 48. Antes y después de la operación del Tj 850 – W.	93
Tabla 49. Tiempos muertos durante la perforación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo Muki.	93
Tabla 50. Tiempo total de perforación del Tj 850 – W, con mini Jumbo Muki.	93
Tabla 51. Control de tiempos en la perforación del Tj 850 – W en realce, con el Mini Jumbo Muki	94
Tabla 52. Cuadro estadístico, para hallar el tiempo que toma en perforar un taladro de 8 pies, con Mini Jumbo Muki.	97
Tabla 53. Cuadro estadístico, para hallar la longitud efectiva de perforación del Mini Jumbo Muki.	100
Tabla 54. Datos técnicos en la perforación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo Muki.	100
Tabla 55. Antes y después de la operación del Tj 850 – W.	100
Tabla 56. Tiempos muertos durante la operación del Tj 850 – W, con el Mini Jumbo Muki.	101
Tabla 57. Tiempo total durante la perforación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo Muki.	101
Tabla 58. Control de tiempos durante la perforación del Tj 850 – W en realce, con mini Jumbo Muki.	101
Tabla 59. Cuadro estadístico, para hallar el tiempo que toma en perforar un taladro de 8 pies, con Mini Jumbo Muki.	104
Tabla 60. Cuadro estadístico, para hallar longitud efectiva de perforación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo Muki.	106
Tabla 61. Datos técnicos en la perforación del Tj 850 - W, con Mini Jumbo Muki.	106
Tabla 62. Antes y después de la operación del Tj 850 – W.	106
Tabla 63. Tiempos muertos durante la operación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo Muki.	107
Tabla 64. Tiempo total de perforación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo Muki.	107
Tabla 65. Control de tiempos durante la perforación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo Muki.	107
Tabla 66. Cuadro estadístico, para hallar el tiempo que toma en perforar un taladro de 8 pies, con Mini Jumbo Muki.	110
Tabla 67. Cuadro estadístico, para determinar la longitud efectiva de perforación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo Muki.	111
Tabla 68. Datos técnicos en la perforación del Tj 663 – W, con Mini Jumbo Muki.	112
Tabla 69. Datos técnicos del Tj 663 - W.	112
Tabla 70. Tiempos muertos antes y después de la operación del Tj 663 - W.	112

Tabla 71. <i>Tiempos muertos durante la perforación del Tj 663 - W.</i>	113
Tabla 72. <i>Tiempo total de perforación del Tj 663 – W, con Mini Jumbo Muki.</i>	113
Tabla 73. <i>Control de tiempos durante la perforación del Tj 663 – W en realce, con Mini Jumbo Muki.</i>	114
Tabla 74. <i>Cuadro estadístico, para hallar el tiempo que toma en perforar un taladro de 8 pies.</i>	117
Tabla 75. <i>Cuadro estadístico, para hallar la longitud efectiva de perforación del Tj 663 – W, Con Mini Jumbo Muki.</i>	119
Tabla 76. <i>Datos técnicos en la perforación del Tj 591 – W, con Mini Jumbo Muki.</i>	119
Tabla 77. <i>Tiempos muertos antes de la perforación del Tj 591 - W.</i>	119
Tabla 78. <i>Tiempos muertos durante la perforación del Tj 591 – W, con Mini Jumbo Muki.</i>	120
Tabla 79. <i>Tiempo total de perforación del Tj 591 – W, con mini Jumbo Muki.</i>	120
Tabla 80. <i>Control de tiempos durante la perforación del Tj 591 – W, con Mini Jumbo Muki.</i>	120
Tabla 81. <i>Cuadro estadístico, para hallar la longitud efectiva de perforación del Tj 591 – W, con mini Jumbo muki.</i>	126
Tabla 82. <i>Datos técnicos en la perforación del Tj 591 – E, con mini Jumbo Muki en realce.</i>	126
Tabla 83. <i>Tiempos antes y después de la perforación del Tj 591- E.</i>	126
Tabla 84. <i>Tiempos muertos durante la perforación del Tj 591 - E.</i>	127
Tabla 85. <i>Tiempo total de perforación del Tj 591 – E, con Mini Jumbo Muki.</i>	127
Tabla 86. <i>Control de tiempos durante la perforación del Tj 591 – E en realce, con Mini Jumbo Muki.</i>	128
Tabla 87. <i>Cuadro estadístico, para hallar la longitud efectiva de perforación del Tj 591 – E con mini Jumbo Muki.</i>	132



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de rendimiento normal.	22
Figura 2. Curva de rendimiento plana.	22
Figura 3. Curva de rendimiento inversa.	22
Figura 4. Vista en planta del Tj 850.	48
Figura 5. Cartilla geomecánica de GSI.	49
Figura 6. Cartilla Geomecánica usando el sistema de “Q” y el sistema “RMR”.	50
Figura 7. Diseño de la malla de perforación.	53
Figura 8. Tiempo promedio de perforación de los tajos, con Mini Jumbo Muki.	61
Figura 9. Rendimientos horarios del Mini Jumbo en los tajos.	62
Figura 10. Tiempo de perforación de los equipos (Stoper versus Muki).	62
Figura 11. Figura 8. Velocidad de perforación del Mini Jumbo Muki.	63
Figura 12. Rendimiento horario (N° taladros/hora).	63
Figura 13. Longitud Efectiva de perforación.	64
Figura 14. Eficiencia de perforación.	64
Figura 15. Consumo de brocas.	65
Figura 16. Consumo de barras de los equipos.	65
Figura 17. Costos de perforación de los equipos (US\$/Pp).	66
Figura 18. Costo total de los aceros de perforación.	67
Figura 19. Histograma de producción del año 2016 (Explotación convencional).	68
Figura 20. Histograma de producción del año 2018 (Explotación mecanizada).	69

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Partes principales del Mini Jumbo Muki.	23
Fotografía 2. Minerales de mena.	38
Fotografía 3. Minerales de ganga.	39

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CMC S.A.	: Compañía Minera Caudalosa S.A.
FOB	: Free on board
CIF	: Cost insurance and freight
U.E. A	: Unidad económica administrativa
GSI	: Índice de calidad geológica
RMR	: Sistema de valoración del macizo rocoso
m.s.n.m.	: Metros sobre nivel del mar
%	: Porcentaje
”	: Pulgada
’	: Pies
cm	: Centímetro
yd	: Yarda
yd ³	: Yarda cúbica
h	: Hora
km	: Kilómetro
SE	: Sur este
NW	: Nor oeste
N	: Norte
M.A	: Millones de años
Fm.	: Formación
min	: Minuto
Ton.	: Tonelada
Tal.	: Taladro
US\$/Pp	: Dólares/ pie perforado
m/min	: Metros / minuto

**“COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO DE PERFORACIÓN ENTRE EL
MINI JUMBO MUKI Y PERFORADORA STOPER, EN VETAS
ANGOSTAS, MINA CAUDALOSA – 2016”**

Esta publicación está bajo una licencia Creative Commons.



INTRODUCCIÓN

La Unidad de Producción Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Caudalosa S.A., presenta un yacimiento polimetálico con contenidos de plata, plomo, cobre y cinc los cuales, actualmente, son explotados mediante el método de explotación de corte y relleno ascendente convencional. La mecanización de las operaciones unitarias de perforación en la fase de la explotación de vetas angostas hoy en día apunta a optimizar los tiempos de trabajo, obtener mayor eficiencia y lograr una mejor seguridad para el personal minero. En vanguardia con la tecnología hoy tenemos equipos perforadores diseñados para vetas angostas llamados Mini Jumbo MUKI.

La presente tesis está desarrollada en cinco capítulos:

El Capítulo I, trata sobre el problema de investigación; en donde se visualiza el planteamiento y formulación del problema, los respectivos objetivos de investigación, y la justificación.

El Capítulo II, se menciona el marco teórico de la investigación; donde se aprecia los antecedentes y luego la información teórica relevante sobre las variables de estudio y finalmente la definición de términos básicos utilizados en la investigación.

El Capítulo III, trata el marco metodológico, en el cual se detalla definición de sistema de variables, las hipótesis, el tipo, nivel, método y diseño de investigación, además de las técnicas de recolección de datos y el procesamiento de información.

El Capítulo IV, trata de los resultados y discusión de resultados.

El Capítulo V, Culminando con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas según el estilo ISO 690, y los respectivos anexos del presente trabajo de investigación.



RESUMEN

El presente estudio de investigación titulado “COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO DE PERFORACIÓN ENTRE EL MINI JUMBO MUKI Y PERFORADORA STOPER, EN VETAS ANGOSTAS, MINA CAUDALOSA – 2016”, en donde se tiene deficiencias en la producción de mineral, afectando directamente en el cumplimiento del programa mensual, en la valorizaciones y liquidaciones mensuales de la Contrata. Durante el proceso de las operaciones unitarias de perforación en los tajos se viene realizando la perforación con la máquina perforadora stoper, lo cual tiene una gran desventaja debido a su bajo rendimiento. La investigación se desarrolla como respuesta a la necesidad de equipos adecuados para responder a la dinamicidad de la minería actual, específicamente en vetas angostas en las que no pueden implementarse equipos mecanizados ya conocidos en el mercado. Los procedimientos para el desarrollo de investigación fueron la recopilación de datos de campo, análisis de datos operacionales y evaluación de resultados. Comprendiendo trabajos de campo y gabinete, que consta de una descripción geológica, geomecánica y la descripción del diseño actual de las operaciones de la unidad minera.

El objetivo principal fue determinar el equipo de mayor rendimiento, para aumentar la producción en vetas angostas, para ello fue necesario evaluar los rendimientos de perforación y sus costos unitarios del equipo Mini Jumbo Muki y la perforadora Manual Stoper, demostrando que el equipo Mini Jumbo Muki reduce el tiempo de perforación de 74,48 % y el costo por pie 12,31 %.

Palabras clave: Comparación, perforación, rendimiento, Vetas angostas.



ABSTRACT

The present study entitled “Comparison of Drilling Performance between the Mini Jumbo Muki and the Stoper, in Narrow Veins, Caudalosa Mine – 2016” where there are deficiencies in ore production, directly affecting compliance of the monthly program, in the monthly valuations and settlements of the contract. During the process of the unit drilling operations in the pits the drilling machine is being drilled with the drilling machine stopper, which has a great disadvantage due to low performance. The research is developed in response to the need for adequate equipment to respond to the dynamism of current mining. Specifically, in narrow veins in which mechanized equipment already known in the market cannot be implemented. The procedures for the development of research were the collection of field data. Analysis of operational data and evaluation of results.

Comprising field and cabinet work, which consists of a geological, geomechanical description and description of the current design of the operation of the mining unit?

The main objective was to determine the highest performance equipment, to increase production in narrow veins, for this it was necessary to evaluate the drilling yields and their unit costs of the Mini Jumbo Muki drilling machine and the manual Stoper drilling machine, demonstrating that the Mini Jumbo Muki reduces the drilling time of 74,48% and the cost per foot drilled by 30,49%.

Key words: Comparison, perforation, performance, narrow veins.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La Compañía Minera CAUDALOSA S.A., con la aplicación de un sistema de explotación convencional en la perforación con equipos neumáticos stoper con método de corte y relleno ascendente en estructuras angostas, presenta una insatisfacción en las proyecciones de mejora, competitividad e incremento de la producción, estas dificultades nos permite buscar mejora en la producción, la tecnología aplicada a las maquinarias y equipamientos se presenta como una oportunidad de mayores y mejores resultados. La mecanización de las operaciones unitarias de perforación en la fase de la explotación de vetas angostas hoy en día apunta a optimizar los tiempos de trabajo, obtener mayor eficiencia y lograr una mejor seguridad para el personal minero.

En vanguardia con la tecnología hoy tenemos equipos perforadores diseñados para vetas angostas llamados mini Jumbo MUKI que se emplea en la explotación de vetas angostas subterránea, equipos que han disminuido sus tamaños convirtiéndose en equipos, que requieren menores dimensiones de las secciones de la construcción subterránea, y nos propone resultados óptimos frente a las perforadoras convencionales, en este desafío de la competitividad constante de estos equipos surge entonces la necesidad de elaborar un proyecto de aplicación de cambiar el equipo de perforación Stoper con un mini Jumbo MUKI, que nos permita alcanzar las futuras producciones trazadas, por lo cual se ha determinado investigar el tema **“COMPARACION DE RENDIMIENTO DE PERFORACIÓN ENTRE EL MINI JUMBO MUKI Y PERFORADORA STOPER, EN VETAS ANGOSTAS, MINA CAUDALOSA - 2016”**, para lo que se debe considerar las características propias de operación de ambos equipos, además el confort para los operarios.

1.2 Enunciado



Los problemas que nos planteamos en función de las definiciones anteriores son:

1.2.1 Enunciado general

1. ¿De qué manera el rendimiento de perforación con el equipo mini jumbo Muki frente a la perforadora Stoper, afectan en la producción en vetas angostas en la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Caudalosa S.A. - 2016?

1.2.2 Enunciados específicos

1. ¿De qué manera se reducirán los tiempos de perforación con el equipo mini jumbo Muki respecto al equipo de perforación stoper en vetas angostas en la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Caudalosa S.A. - 2016?
2. ¿De qué manera se reducirán los costos en el ciclo de perforación con el empleo del equipo mini jumbo Muki, respecto al equipo de perforación Stoper en la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Caudalosa S.A. - 2016?
3. ¿Cómo se mejorará la eficiencia de perforación con el equipo mini jumbo Muki respecto al equipo de perforación Stoper en la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Caudalosa S.A. - 2016?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar el equipo de mayor rendimiento, para aumentar la producción en vetas angostas en la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Caudalosa S.A. – 2016.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar los tiempos de perforación utilizando el equipo de perforación mini jumbo Muki y Stoper, en la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Caudalosa S.A. – 2016.
2. Determinar los costos de perforación, utilizando el equipo Mini Jumbo Muki y Stoper en la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Caudalosa S.A. – 2016.
3. Determinar la eficiencia de perforación del equipo Mini Jumbo Muki y Stoper en la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Caudalosa S.A. – 2016.

1.4 Justificación

En la actualidad, constantes cambios hacen que las empresas Mineras tengan cada vez una mayor conciencia y preocupación por implementar procesos especializados y producir bienes con altos estándares de calidad, ya que estos se han convertido en factores determinantes para que las empresas puedan mantenerse vigentes y competitivas en el mercado. Así mismo, la Compañía Minera CAUDALOSA S.A. Es una mediana empresa minera dedica a la



explotación de yacimientos polimetálicos conserva buenos niveles de producción y ha logrado conservar su nivel de rentabilidad a través del tiempo. Es por esta razón que se realizará el presente estudio, para lograr un crecimiento continuo de la organización y no solo para conservar sino incrementar sus niveles de productividad y calidad.

La realización de un estudio de comparación de Rendimiento de Perforación entre el Mini Jumbo Muki y Perforadora Stoper para la empresa Minera Caudalosa S.A., es de vital importancia ya que este estudio le permitirá a la empresa conocer su ritmo de producción y la manera como se encuentra distribuido el trabajo, esta información facilitará la programación de la producción, el control de los costos de producción e identificar los posibles problemas que se presenten en la línea de producción.

El presente trabajo de investigación se justifica que mediante el empleo del equipo mini jumbo y el análisis comparativo de las ventajas del mini jumbo en comparación de la perforadora neumática Stoper, garantiza la perforación en vetas angostas y la producción eficientemente en las metas planificadas.

1.5 Delimitación

1.5.1 Delimitación espacial

El presente trabajo de investigación se desarrollará en la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Caudalosa S.A.

1.5.2 Delimitación social

El Proyecto de investigación involucre a los colaboradores del área de geología, operación, seguridad, geomecánica, planeamiento, costos, topografía y áreas auxiliares.

1.5.3 Delimitación temporal

El tema desarrollado ha requerido de 8 meses aproximadamente

1.5.4 Delimitación conceptual

El presente proyecto de investigación se centra en el estudio que está dentro de la ingeniería de minas abarcando las siguientes materias:

- Operación mina
- Costos
- Seguridad
- Geo mecánica
- Planeamiento
- Topografía



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Bernaola, Castilla y Herrera (2013), en su libro titulada “*Perforación y Voladura de Rocas en Minería*”, manifiesta que la perforación en roca ha sido evolucionando con el tiempo con la incorporación y empleo de diferentes tecnologías, aunque muchas han ido cayendo en desuso, bien por la eficiencia conseguida, o bien por otras condiciones externas (económicas, medioambientales, etc.). Las más empleadas, desarrolladas se basan en sistemas de perforación mecánicos, conocidos como sistemas de perforación “a rotación” y “a percusión”. Existe una relación intrínseca entre la perforación y voladura, ya que se puede afirmar categóricamente que “una buena perforación posibilita una buena voladura, pero una mala perforación asegura una mala voladura”. Se entiende por buena perforación aquella que se ha hecho con los medios y técnicas más adecuadas y que además se ha ejecutado de manera correcta.

Según López. (1994), en su libro titulado “*Manuel de Perforación y Voladura de Rocas*”, indica. La perforación de las rocas dentro del campo de las voladuras es la primera operación que se realiza y tiene como finalidad abrir unos huecos, con la distribución y geometría adecuada dentro de los macizos, donde alojara cargas de explosivo y sus accesorios iniciadores.

Según Ligan (2001), en el informe de Ingeniería denominada “*Factibilidad de Mecanización en Minería Aurífera de Vetas angostas Cía. Minera Poderosa S.A.*” para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, presentada a la Facultad de Ingeniería, geológica, Minera y Metalúrgico. Conclusión del ítem cinco, indica que:

El costo unitario por pie perforado en jumbos representa el 50 % menos que el realizado con Jack Leg.



Según Quispe (2017), en la tesis denominada “*Evaluación de Columnas de Perforación de Equipos Sandvik y Atlas Copco, en las Operaciones de la U.P. Andaychagua Volcán S.A.A.*”, para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, presentada a la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Conclusiones de los ítems uno y cuatro indica:

Como se muestra en el cuadro 6.2, se observa que al realizar el análisis de costos unitarios entre los equipos de perforación donde se puede observar usando solo equipo Atlas copco, se tiene un ahorro de 42 126.71 USS acumulados, proyectándose a un ahorro de 100 000 ,00 de dólares ahorrado por metro perforado.

La buena elección de equipo de perforación da como resultado una buena eficiencia en la perforación, rendimiento de aceros y un ahorro en costos de perforación.

2.2 Marco referencial

2.2.1 Perforación de rocas

(Exsa, 2014), afirma: 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 el explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blast holes. Se basa en principios mecánicos de percusión y rotación, cuyos efectos de golpe y fricción producen el aislamiento y trituración de la roca en un área equivalente al diámetro de la broca y hasta una profundidad dada por la longitud del barreno utilizado La eficiencia en perforación consiste en lograr la máxima penetración al menor costo.

La perforación se efectúa por los siguientes medios:

- a. Percusión, con efecto de golpe y corte como el cincel y martillo. Ejemplo, el proporcionado por los martillos neumáticos pequeños y rompepavimentos.
- b. Percusión, con efecto de golpe, corte y giro, como el producido por las perforadoras neumáticas comunes, track drill, jumbos hidráulicos.
- c. Rotación con efecto de corte por fricción y rayado con material muy dura (desgaste de la roca, sin golpe), como el producido por las perforadoras diamantinas para exploración.
- d. Fusión (jet piercing) mediante un dardo de llama que funde roca y mineral extremadamente duro como la taconita (hierro), método aplicado en algunos yacimientos de hierro de Norteamérica.

2.2.2 Tipos de perforación

2.2.2.1 Perforación por percusión

El componente fundamental de la perforadora es el pistón, el cual empujando hacia adelante golpea la culata de la barra, de modo que la energía cinética del pistón se transmite desde el



martillo hasta el elemento de corte de la barra de perforación a través del varillaje, en forma de onda de choque. El desplazamiento de onda se realiza a alta velocidad y la forma depende de las características del diseño de pistón.

La onda de choque se desplaza hasta alcanzar la broca o elemento de corte de la barra de perforación, una parte de la energía se transforma en trabajo haciendo penetrar el útil y el resto se refleja y retrocede a través del varillaje, produciendo calor y desgaste de las roscas. La medición de la eficiencia en la transmisión de la energía es muy difícil y depende de varios factores, tales como: el tipo de roca, la forma y dimensiones del pistón, las características del varillaje, el diseño de la broca, etc. Dependiendo del equipo de perforación utilizado se obtienen mejores transmisiones de energía. En estos sistemas de perforación la potencia de percusión es el parámetro que más influye en la velocidad de penetración (Ynquilla M., 2018).

2.2.2.2 Perforación por rotación

(Ynquilla M., 2018), afirma: La perforación por rotación realiza dos acciones básicas por medio de la broca a la roca: empuje axial y torque; la energía se transmite a la broca a través de un tubo de perforación que gira y presiona las brocas contra las rocas. Los elementos cortantes de las brocas generan una presión sobre la roca que llega a producir la rotura de la misma, tiene como misión hacer que la broca actúe sobre distintos puntos de la roca en el fondo del barreno.

2.2.2.3 Perforación por rotopercusión

(López, 1994), en su libro afirma: El principio de perforación de estos equipos se basa en el impacto de una pieza de acero (pistón) que golpea a un útil (barra) que a su vez transmite la energía al fondo del barreno por medio de un elemento final (broca). Los equipos rotopercutivos se clasifican en dos grandes grupos según donde se encuentre colocado el martillo:

Martillo en cabeza.

(López, 1994), afirma: “En estas perforadoras dos de las acciones básicas, rotación y percusión, se producen fuera del barreno, transmitiéndose a través de una espiga y del varillaje hasta la broca de perforación. Los martillos pueden ser de accionamiento neumático o hidráulico”.

Martillo en fondo.

(López, 1994), en su libro afirma: La percusión se realiza directamente sobre la broca de perforación, mientras que la rotación se efectúa en el exterior del barreno. El accionamiento del pistón se lleva a cabo neumáticamente mientras que la rotación puede ser neumática o hidráulica. La perforación por rotopercusión se basa en la combinación de las siguientes acciones:

Percusión. La percusión se basa en los impactos producidos por el golpeteo del pistón que originan unas ondas de choque que se transmiten a la broca a través del varillaje (en el martillo en cabeza) o directamente sobre ella (en el martillo de fondo).



Rotación: Con este movimiento se hace girar la broca para que los impactos se produzcan sobre la roca en distintas posiciones.

Empuje: para mantener en contacto el útil de perforación con la roca sobre la sarta de perforación.

Barrido: El fluido de barrido permite extraer el detrito del fondo del barreno.

2.2.2.4 Ventajas principales que presenta la perforación rotopercutiva

López J. (1994), afirma: Las ventajas principales con la perforación rotopercutiva son:

- Es aplicable a todos los tipos de rocas, desde blandas a duras.
- La gama de diámetros de perforación es amplia.
- Los equipos son versátiles, pues se adaptan bien a diferentes trabajos y tienen gran movilidad.
- Necesitan un solo hombre para su manejo y operación
- El mantenimiento es fácil y rápido.
- El precio de adquisición no es elevado

En virtud de esas ventajas y características, los tipos de obras donde se utilizan son:

- En obras públicas subterráneas; túneles, cavernas de centrales hidráulicas, depósitos de residuos, etc., y de superficie, carreteras, autopistas, excavaciones industriales, etc.
- En minas subterráneas y en explotaciones a cielo abierto de tamaño medio y pequeño.

2.2.3 Equipos de perforación

Exsa (2014), afirma: Actualmente se emplean tres tipos de máquinas perforadoras:

1. Manuales

De percusión con aire comprimido, para huecos pequeños (25 a 50 mm de diámetro), para trabajo horizontal o al piso (pick hammer) o para huecos verticales al techo (stopers). Emplean barrenos de acero integrales terminados en una broca fija tipo bisel, o barrenos con broca acoplable.

2. Mecanizadas

De percusión y de rotopercusión, montadas en chasis sobre ruedas u orugas. Para huecos hasta 150 mm (6" de diámetro) y 20 m de profundidad. Ejemplo los wagondrill, track drill y jumbos neumáticos o hidráulicos, que emplean barrenos acoplables con brocas intercambiables.

3. Mecanizadas rotatorias

Generalmente de grandes dimensiones para uso en tajos abiertos, montadas sobre camión o sobre orugas con traslación propia, con motor rotatorio independiente perforación por presión (pull



down o presión de barra) con brocas rotatorias tricónicas de 6” a 15” de diámetro, siendo las más comunes de 6”, 9 7/8”, 11¼” y 12 5/8”.

Un equipo normal de perforación está compuesto por:

- a. Perforadora o martial.
- b. Soporte y carro portador.
- c. Compresora y bomb's hidráulicas.
- d. Brocas y barrenos.
- e. Accesorios (mangueras, aceitadoras, etc).

2.2.4 Condiciones de perforación

Para conseguir una voladura eficiente la perforación es tan importante como la selección del explosivo, por lo que este trabajo debe efectuarse con buen criterio y cuidado. Lamentablemente, la supervisión de la correcta operación de perforación aún no es adecuadamente realizada en muchas minas, lo que permite que ocurran deficiencias en la calidad del trabajo (taladros desviados, más espaciados, de longitud irregular, etc.) que determinan pérdidas de eficiencia de la energía explosiva disponible.

Normalmente la calidad de los taladros a ser perforados está determinada por cuatro condiciones: diámetro, longitud, rectitud y estabilidad (Exsa, 2014).

a. Diámetro

Depende del tipo de aplicación en que el taladro será utilizado. Como regla general, el de “menor diámetro factible” será el más adecuado y económico de realizar (Exsa, 2014).

b. Longitud

Influye mucho en la elección de la capacidad del equipo perforador y naturalmente en el avance del disparo (profundidad del taladro) (Exsa, 2014).

c. Rectitud

Varía con el tipo de roca, método de perforación y características del equipo perforador. Deben tener la mayor rectitud y alineamiento para que el explosivo sea apropiadamente distribuido. En la mayoría de trazos de perforación el paralelismo entre taladros es de vital importancia para la interacción de las cargas explosivas en toda la voladura (Exsa, 2014).

d. Estabilidad

Los taladros deben mantenerse abiertos hasta el momento de su empleo. En terrenos sueltos tienden a desmoronarse por lo que puede ser necesario revestirlos interiormente con tubos especiales para poderlos cargar (casing) o hacer otro taladro adyacente al obturado (Exsa, 2014).

2.2.5 Errores y defectos de perforación



La perforación debe ser realizada, en el menor tiempo y con acabado de calidad evitando que se quede mineral en las cajas o que se diluya por deficiente perforación. También en las labores de desarrollo el avance debe ser el 95% de la longitud perforada de lo contrario no estamos realizando un trabajo eficiente (Ynquilla M., 2018)

Fallas de perforación en taladros de pequeño diámetro en subsuelo

(Exsa, 2014), afirma: Los errores son significativos, especialmente si afectan al arranque del disparo. Entre ellos tenemos:

a. En arranques

Insuficiente diámetro o número de taladros de alivio.

b. Desviaciones en el paralelismo

En este caso el burden no se mantiene uniforme, resulta mayor al fondo lo que afecta al fracturamiento y al avance. Este problema es determinante en los arranques y en la periferia (techos) de túneles y galerías.

c. Espaciamientos irregulares entre taladros

Propician fragmentación gruesa o soplo del explosivo.

d. La irregular longitud de taladros

Influye en el avance (especialmente si el de alivio es muy corto) y también determina una nueva cara muy irregular.

e. Intercepción de taladros

Afecta a la distribución de la carga explosiva en el cuerpo de la roca a romper.

2.2.6 Costo de perforación

López J. (1994), afirma en su libro: El costo de perforación se suele expresar por metro perforado utilizando la siguiente fórmula de cálculo.

$$C_T = \frac{C_A + C_I + C_M + C_O + C_E + C_L}{VM} + C_B \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

Donde:

Costes Indirectos

C_A : Amortización (US\$/h)

C_I : Intereses y seguros (US\$/h)

Costes directos

C_M : Mantenimiento y reparación (US\$/h)

C_O : Mano de obra (US\$/h)

C_E : Combustible o energía (US\$/h)

C_L : Aceites, grasas y filtros (US\$/h)



C_B : Bocas, varillas, manguitos y adaptadores (US\$/h)

VM : Velocidad media de perforación (m/h).

Cálculos de costos horarios equipos mina

(CLEMENTE Y. et all), afirma: “La importancia que tiene el cálculo de los costos horarios de operación de los equipos mina, es con la finalidad de optimizar su rendimiento en los frentes de trabajo, por lo que desarrollamos los costos horarios de los de perforación con perforadora convencional Jack leg, perforación con jumbo, [...]”.

2.2.6.2 Costo de posesión

Maccha V. (2018), afirma: El simple hecho de ser propietario de un equipo o maquinaria, representa un costo permanente, total independiente al trabajo que puede ejecutar el equipo, estos costos se derivan de

i. Depreciación (D)

La máquina al trabajar se desgasta y por consiguiente se devalúa, tanto así que aun no trabajando la maquinaria se devalúa; para cubrir esta devaluación progresiva, está la depreciación (anual, mensual diaria u horaria), que deberá ser obtenida del mismo resultado económico que esa maquinaria consigue con su trabajo, cuya acumulación hasta el final de la vida útil de la misma, deberá proporcionar fondos para adquirir otra, llegado ese día final [...]. La depreciación se refleja en los balances de las empresas, como se puede apreciar en los activos fijos de un balance (Mamani N., 2016).

Formula a emplearse para la depreciación:

$$D = \frac{Va - Vr}{VEU} \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Dónde:

D : Depreciación hora de trabajo (US\$/h)

Va : Valor de adquisición (US\$)

Vr : Valor residual o valor de recuperación (US\$).

VEU : Vida económica útil expresada en horas (h).

Valor de adquisición (Va)

Es el precio actual en el mercado. En ésta cotización está incluido el precio de la unidad puesta en el puerto de embarque (FOB) más los gastos de embarque, fletes y desembarque en el puerto de callao (CIF – Callao) pagos de derechos Ad – Valoren, derechos portuarios de almacenaje y transporte hasta el depósito del propietario (Maccha V., 2018).

Valor de rescate (Vr)



Llamado comúnmente valor recuperable, es el valor de reventa que tendrá la maquinaria al final de su vida económica, que por lo general son las piezas que se pueden utilizar en otras maquinarias. Generalmente, el valor recuperable fluctúa entre 10 a 20% del valor de adquisición se considera una buena práctica considerar el 15% V_a (Maccha V., 2018).

Vida económica útil (V_e)

Maccha V. (2018), afirma: Es el periodo durante el cual la máquina trabaja con un rendimiento económicamente justificable. A medida que pasan los años y el uso de la maquinaria, la productividad de la misma tiende a disminuir y por ende sus costos de operación van en constante aumento como consecuencia de los gastos cada vez mayores de mantenimiento y reparación. Así, también se producen con mucha mayor frecuencia averías en las máquinas que aumentan los tiempos muertos reduciendo su disponibilidad llegando a afectar la productividad de otras maquinarias que dependen de ella.

La depreciación para equipos sobre neumáticos será.

$$D = \frac{V_a - V_n}{V_n} \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

Donde:

V_n : Valor de neumáticos (US\$)

Tabla 1. Vida económica útil de los equipos.

DESCRIPCIÓN	AÑOS	HORAS
Compresor neumático 125 – 800 cm	6	12 000
Martillos neumáticos	3	12 000
Perforadora sobre orugas	6	-
Cargadores sobre llantas 1.5 – 3.5 yd	5	10 000
4.0 – 8.0 yd	6	12 000
Tractores sobre orugas 60 - 190 HP	5	10 000
190 – 240 HP	6	12 000
Volquetes	5	10000
Camioneta	7	8,00

Fuente: Maccha V. (2018).

Generalmente, los manuales y libros técnicos estiman la vida útil en horas; pero para efectos de cálculo se debe de convertir en años, que se estima en 2 000 horas anuales de trabajo para máquinas pesadas (un año de 10 meses, un mes de 25 días y un día de 8 horas) y de 1 000 horas anuales para equipos como martillos.

ii. Interés del capital invertido (I)



A pesar de que el empresario paga su equipo al contado, debe de cargársele los intereses de esa inversión, ya que cualquier capital invertido en otro negocio produce dividendos, la tasa de interés promedio anual actualmente está: 9.7% (Maccha V., 2018).

$$I = \frac{i * I.M.A.}{H.O.A.} \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

Dónde:

i: Tasa vigente anual de interés (%)

I.M.A.: Inversión media anual (US\$/h)

$$I.M.A. = \frac{N+1}{2N} x Va \quad (\text{Ecuación 2.5})$$

N: Vida económica útil (años)

Va: Valor de adquisición (US\$)

iii. Seguros y almacenaje (S – A)

Seguros

Las primas de seguros varían de acuerdo al tipo de maquinaria y a los riesgos que deben cubrir durante su vida económica. Este cargo existe tanto en el caso de que la maquinaria se asegure con una compañía de seguros, como en el caso de que el propietario decida hacer frente con sus propios recursos (auto aseguramiento).

El tipo de seguros a considera es el TREC (Todo Riesgo Equipo Contratista) como promedio se considera 3.5% de acuerdo a un estudio realizado por las Empresas de Seguros (Maccha V., 2018).

Almacenaje

Este costo es ocasionado por la permanencia del equipo en talleres centrales y custodia este costo se estima que es del orden del 1.5% (Maccha V., 2018).

$$S - A. = \frac{(S+Alm.)x I.M.A.}{H.O.A.} \quad (\text{Ecuación2.6})$$

S: Prima anual por seguro (TREC) 3,5%

Alm.: Porcentaje por almacenaje 1,5%

H.O.A: Horas operadas por año (h)

Entonces

$$S - A. = \frac{0.05 x I.M.A}{H.O.A.} \quad (\text{Ecuación 2.7})$$

Dónde:

I.M. A : Inversión media anual (US\$/h)

H.O. A: Horas operativas por año (h)

2.2.6.3 Costo de operación



Este ítem incluye los costos de los repuestos y la mano de obra que insume el mantenimiento normal y reacondicionamiento periódico del vehículo a fin de que trabaje con un rendimiento normal, si el equipo es sobre neumáticos el valor de los neumáticos. Estos costos se derivan de (Maccha V., 2018):

i. Mantenimiento y reparación

$$MR = \% MR \frac{Va - Vn}{Ve} \quad (\text{Ecuación 2.8})$$

Dónde:

MR = Costo de mantenimiento y reparación (US\$)

% MR = Porcentaje de Mant. y Rep. (%)

Va = Valor de adquisición (US\$)

Vn = Valor de los neumáticos (US\$)

Ve = Vida económica en horas (h)

Tabla 2. Porcentaje de mantenimiento y reparaciones.

DESCRIPCIÓN	CONDICIONES		
	BUENA (%)	MEDIAS (%)	MALAS (%)
Compresoras neumáticas	60	80	100
Martillos neumáticos	20	30	40
Perforadora sobre orugas	40	60	80
Cargadores sobre neumáticos			
1.5 – 3.5 yd ³	45	55	70
4.0 – 8.0 yd ³	40	60	80
Tractores sobre orugas			
60 – 190 HP	40	60	80
190 – 240 HP	50	85	115
Volquete	40	50	60
Camioneta	40	50	60

Fuente: Elaboración propia

ii. Neumáticos (N)

Es sumamente dificultoso de terminar la vida útil de los neumáticos puesto que la misma se ve influenciada por múltiples condiciones operativas, tales como velocidad, pendiente, superficies, curvas, mantenimiento, etc. En este costo también se incluye el de las cámaras y poncho de seguridad si utiliza (Maccha V., 2018).

$$N = \frac{Vn}{Vu} \quad (\text{Ecuación 2.9})$$



Dónde:

Vn: Costo de los neumáticos (US\$)

Vu: Vida útil de los neumáticos en horas (h)

Tabla 3. Vida útil - neumáticos

DESCRIPCIÓN	Vu (hrs)
a. Equipos de transporte	
Camionetas	1 00
Volquetes	2 000
Dumper	3 000
b. Equipo para movimientos de tierras	
Cargadores	2 500
Mototrailer	3 000
Retroexcavadoras	2 000
Tractor	2 000
c. Equipos diversos	
Compresoras neumáticas	6 000

Fuente: Maccha V. (2018)

La vida útil que se presenta para las diferentes máquinas se ha calculado teniendo en cuenta la experiencia de los fabricantes y las condiciones medias de trabajo.

iii. Reparación de neumáticos (RN)

Es el margen de seguridad al costo de reposición de los neumáticos.

$$RN = \%RN * N \quad (\text{Ecuación 2.10})$$

RN: Costo de reparación de los neumáticos (US\$)

% RN: Factor de reparación de los neumáticos (%)

N: Costo de reposición de los neumáticos (US\$)

Tabla 4. Condiciones de trabajo

CONDICIONES DE TRABAJO	% RN
Favorable	12
Media	15
Desfavorable	17

Fuente: Maccha V. (2018)

Generalmente se toma 15 % como factor de reparación de los neumáticos salvo que las condiciones generales de trabajo determinas otro factor (Maccha V., 2018).

iv. Combustible (CC)



Los costos de los combustibles se basan en los precios locales y en el nivel de consumo de combustible del motor. Este último depende de la potencia y del ciclo de tarea del motor. El nivel de consumo de un tipo de vehículo se halla multiplicando la potencia bruta del motor por el consumo nominal de combustible (0.06 Gal./HP hora) y por el % de ciclo de trabajo (Maccha V., 2018).

$$CC = CH \times \text{Costo por galón}$$

$$CH = \text{Potencia (HP)} \frac{0.06 \text{ Gal}}{\text{HP} \cdot \text{hora}} \times \% \text{ CT} \quad (\text{Ecuación 2.11})$$

Dónde:

CH : Consumo horario

% CT : % ciclo de trabajo

Tabla 5. Porcentaje del ciclo de trabajo.

	DESCRIPCIÓN	CONDICIONES		
		BUENAS (%)	MEDIAS (%)	MALAS (%)
I.	Equipos de transporte			
	Camionetas	25	30	35
	Volquetes	30	40	50
	Dumper	30	40	50
II.	Equipo de movi. de tierra			
	Cargadores	35	45	55
	Mototrailer	50	60	70
	Retroexcavadoras	65	72	80
	Tractor oruga	60	70	80
III.	Equipos de diverso			
	Compresoras neumáticas	40	50	60

Fuente: Maccha V. (2018).

v. Lubricantes

Es el costo total que genera el consumo de los diferentes aceites como aceite de motor, aceite para controles hidráulicos de transmisión grasas, este consumo está en relación a la capacidad de la máquina y el mantenimiento que se le aplica periódicamente. Es costo del lubricante queda a criterio del ingeniero encargado del mantenimiento, dándole el peso respectivo a los diferentes lubricantes que utiliza el equipo.

$$CL = \text{Costo de lubricantes} + \text{costo de grasa} \quad (\text{Ecuación 2.12})$$

Para hallar el costo horario de lubricantes se ha elaborado una tabla que proviene de la experiencia y estadística de las principales empresas productoras de lubricantes (Maccha V., 2018).



vi. Filtros

Es el costo que genera el cambio de los filtros que utiliza la máquina tales como filtro de petróleo, aceite, aire, líquido hidráulico entre otros, según requerimiento de la máquina. Este costo se estima que es el 20% del costo de combustible y lubricantes (Maccha V., 2018).

$$F = 0,2 (CC + CL) \quad (\text{Ecuación 2.13})$$

vii. Operador

Debido a la variedad en los costos de operador entre distintas localidades debe usarse siempre el índice salarial local donde la máquina operará. Al costo del operador debe incluirse los leyes sociales y beneficios sociales (Maccha V., 2018).

2.2.6.4 Gastos generales y utilidades

Según resolución Ministerial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones se adicionará al costo de alquiler por los siguientes conceptos y porcentajes.

Gastos generales 5 %

Utilidades 5 %

En el rubro de gastos generales y utilidades, se considera los gastos correspondientes a la administración, instalación, equipamiento de talleres, personal de vigilancia y control, vehículo para el transporte y servicio del equipo, sueldos de supervisores y personal de oficina personal encargado de obtención de repuestos.

Estos gastos generales y utilidades son aplicable sólo para equipos en alquiler a fin de percibir una utilidad razonable, algunos estiman en un 20% del costo directo (Maccha V., 2018).

2.2.7 Características del equipo de perforación Mini Jumbo Muki

Es el equipo utilizado en la explotación de los tajos de producción de la veta Bienaventurada.

Según Resemin S.A. (2014), afirma: Cumple con las siguientes especificaciones técnicas:

Tipo de Equipo	: Frontonero
Modelo de Equipo	: Micro Jumbo MUKI
N° Serie	: JMC – 247

PERFORADORA (Rockdrill)

- **Modelo / Marca** : HC- 50E/Montabert
- **Potencia de la perforadora** : 13 Kw
- **Presiones máximas**
 - **Percusión** : 130 bar
 - **Rotación** : 150 bar
- **Aceros**



Shank	: Hembra R-32
• Aceite de lubricación del shank	: 0.8 cc/min (6 drops /mn)
• Presión de aire de lubricación del shank	: 3 bar
• Longitud de la perforadora sin el shank	: 833 mm/32.79 pulgadas

VIGA DE PERFORACIÓN

Modelo	: RE LB20 08
Tipo de avance	: De cadena 100H
Aplicación	: Barra de 8 pies
Motor de avance	: OMT-500
Extensión de viga de perforación	: 753 mm

BRAZO

• Modelo	: BOOM 2
Extensión del brazo	: 800 mm
Dimensión total extendida	: 2660 mm
Angulo de giro lateral	: <-30°-0>;<0-30°>

SISTEMA DE CONTROL DE PERFORACIÓN

• Modelo	: KA -18/HC50E
• Power Pack	
Motor eléctrico	: ABB (Aluminio) 75HP
Tensión/Frecuencia	: 440VAC/60Hz
Rev. /Frecuencia	: 1780 RPM/60HZ

Bombas

Pistones Axiales	: Percusión/avance/posicionamiento
Marca y Modelo	: Rexroth A10VO 71 DFR/31R

Engranajes

Marca y Modelo	: Parker P315A19
----------------	------------------

AGUA Y AIRE

• Compresora	: Ingersoll Rand SS3L3
Presión máxima	: 10 bar (145 PSI)
Capacidad	: 5.3 l/s (11,3 CFM)
Motor	: 2.2 Kw – 3 HP
• Bomba de agua	: Grundfos- CR1-6
Motor Eléctrico de Bomba	: Danfoss 3Hp (60 Hz)
Caudal	: 2.2 m3/h
<u>PESO GENERAL DEL EQUIPO</u>	: 6,700 Kg.



2.2.8 Rendimiento en física

(Umasi C. , 2013), Afirma: El campo tecnológico, también expresable como la eficiencia energética de un dispositivo, máquina, ciclo termodinámico, etcétera, expresa el cociente entre:

- La energía obtenida (energía útil) de su funcionamiento y la energía suministrada o consumida por la máquina o el proceso, ver ecuación:

$$\eta = \frac{E_{obtenida}}{E_{suministrada}} \quad (\text{Ecuación 2.14})$$

Donde:

η : Representa el rendimiento

E: Energía

- El trabajo obtenido (trabajo útil) de su funcionamiento y el trabajo suministrado o consumido por la máquina o el proceso.

$$\eta = \frac{W_{obtenido}}{W_{suministrado}} \quad (\text{Ecuación 2.15})$$

Dónde:

η : Representa el rendimiento

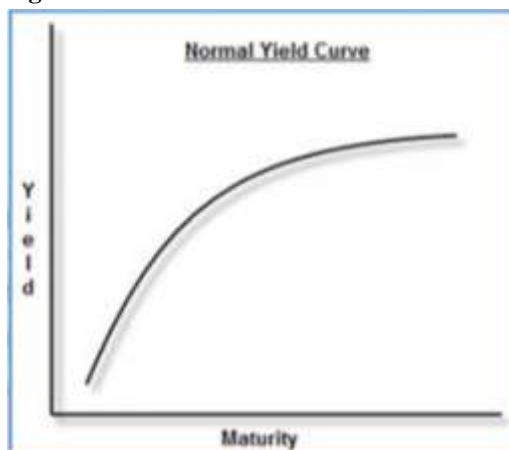
W: Trabajo

2.2.8.1 Curva de rendimiento

Rendimiento es una gráfica es una herramienta de gran utilidad para comparar los rendimientos de distintos instrumentos con características similares fijados a diferentes plazos de tiempo. Dentro de una curva de rendimiento se grafican las tasas de interés respecto a la duración del contrato (madurez). La idea es poder comparar dos tipos de instrumento del mismo tipo tales como bonos o créditos. Existen tres tipos de curvas de rendimiento: (Umasi C. , 2013)

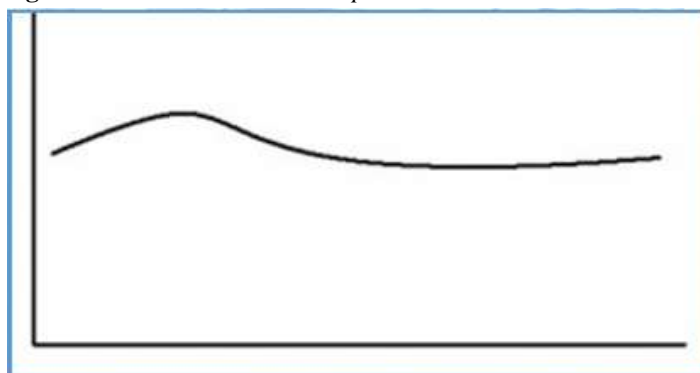
Curva de rendimiento Normal. Esta es la gráfica tradicional, en ella se puede observar que la tasa de interés aumenta con el tiempo, esto es debido a que la inflación misma incrementará a futuro los precios de todo, y es entonces de esperar que las tasas sean elevadas para mantenerse por encima de la inflación misma (Umasi C. , 2013). (Ver figura 1).



Figura 1. Curva de rendimiento normal.

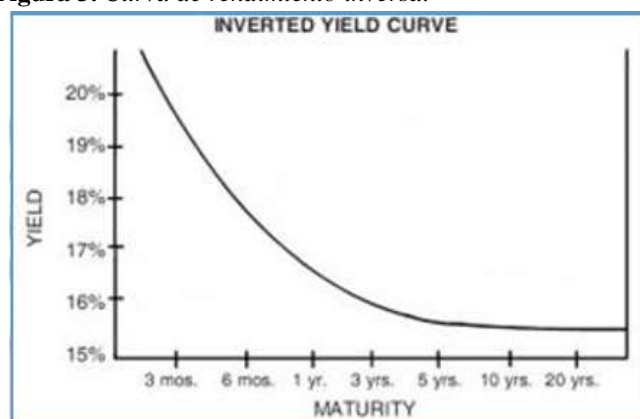
Fuente: Umasi C. (2013)

Curva de rendimiento plana. Esta es la gráfica menos usual, ella representa que la tasa de interés se mantendrá igual o bastante similar, sin importar el periodo de tiempo que pase. Una curva plana refleja incertidumbre en la economía (Umasi C. , 2013). (Ver figura 2).

Figura 2. Curva de rendimiento plana.

Fuente: Umasi C. (2013)

Curva de rendimiento inversa: La curva invertida refleja un fenómeno interesante el cual sucede cuando los inversionistas buscan préstamos a largo plazo con mayor agresividad que lo de corto plazo, pueden surgir tasas de interés elevadas para corto plazo y es así como se invierte la curva (Umasi C. , 2013). (Ver figura 3).

Figura 3. Curva de rendimiento inversa.

Fuente: Umasi C. (2013)

2.2.9 Rendimiento o performance del equipo

Es lógico seleccionar un equipo en base a su performance. Para medir la performance del equipo puede estimarse en:

Performance de Producción: Se considera costo por hora, costo por unidad y eficiencia. La industria minera en general se ha caracterizado en la última década por una creciente racionalización y mecanización; por lo tanto, la tendencia es utilizar equipos cada vez más grandes y sofisticados, con un incremento en el valor de éstos.

Por estas razones se hace necesario estudiar un mejor aprovechamiento de ellos con miras al incremento de la productividad y/o disminución del tamaño de flota, lo que generará reducción en los costos de operación (Maccha V., 2018).

2.2.10 Determinación del rendimiento del equipo

Se calcula en función de los diferentes parámetros de comparación, tomando como datos los resultados obtenidos en el estudio de tiempos.

- a. **Perforación:** El rendimiento o eficiencia de perforación se puede calcular mediante la relación (Maccha V., 2018):

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Horas efectivas de trabajo}}{\text{Horas netas de operación}} \quad (\text{Ecuación 2.14})$$

2.2.11 Componentes principales del equipo Mini Jumbo Muki

Los componentes principales del equipo Mini Jumbo Muki, se presenta en la siguiente figura



Fotografía 1. Partes principales del Mini Jumbo Muki.



Fuente: Elaboración propia

2.2.12 Criterios de selección de perforadoras

López (1994), indica: Una vez determinado el diámetro de perforación a utilizar, que depende de:

- Producción requerida
- Parámetros geométricos del diseño del tajo
- Información geológica y geotécnica
- Costo del equipo (incluido costo financiero y de seguros)
- Costo de mantenimiento (repuestos y grasas)
- Costo de aceros de perforación (brocas, barras, shank, etc.)
- En el tipo de energía que usa el martillo de la perforadora (neumático o hidráulico)
- Tecnología (adecuación a los sistemas de control en mina)
- Diseño, ergonomía y versatilidad
- Criterios mecánicos: potencia del motor, capacidad de la compresora, tren portante (orugas, ruedas)
- Características del martillo y ubicación: rotación percusión o ambos, encima del barreno (drifters) o en el fondo (Down the hole)
- Características de la barras y brocas (aceros de perforación)

2.3 Definición de términos

Burden

López (2012), Afirma: Es la distancia entre un taladro cargado con explosivos a la cara libre de una malla de perforación. El burden depende básicamente del diámetro de perforación, de las propiedades de la roca y las características del explosivo a emplear.

Costo Unitario

UNI (1992), afirma: “Es el cociente resultante de dividir el gasto total incurrido en la producción entre el número total de unidades producidas o generadas. Por lo tanto, el costo unitario tiene componentes fijos y también variables”

Costos de operación

Quispe (2015), indica: son aquellos costos generados, en forma continua, durante el funcionamiento de la mina, y se subdividen en tres categorías: **costos directos, indirectos y generales.**

Costos directos: También se conocen como costos variables, y se consideran como costos primarios de una operación. Consiste básicamente en las aportaciones siguientes:

- Personal.



- Materiales.
- Obligaciones (Canon minero, regalías, etc.)
- Preparaciones y desarrollos (Área de producción).

Costos indirectos.

Denominados también costos fijos, son gastos que se consideran independientemente de la producción. Pueden variar en función del nivel de producción proyectado, pero no directamente con la producción obtenida. Sus componentes son:

- Personal: administrativo, seguridad, técnicos, servicios, almacén, talleres y otras cargas salariales.
- Seguros: de propiedad y de responsabilidad.
- Amortizaciones.
- Intereses.
- Impuestos
- Restauración de terrenos
- Viajes, reuniones, congresos, donaciones
- Gastos de oficina y servicios
- Relaciones públicas y publicidad.

Espaciamiento

(López, 1994) “Distancia entre barrenos de una misma fila”

Jumbo

Mayta (1999) “Son equipos utilizados para la perforación de galerías y túneles, horizontales, verticales e inclinados mediante taladros horizontales, verticales e inclinados, taladros para la puesta de pernos de anclaje y del mismo modo en la perforación de los tajeos”.

Malla de perforación

UNI (1992) “Es el esquema que indica la distribución de los taladros con detalle de distancias, cargas de explosivo y secuencia de encendido a aplicarse”.

Rendimiento

En un contexto empresarial, el concepto de rendimiento hace referencia al resultado deseado efectivamente obtenido por cada unidad que realiza la actividad, donde el término unidad puede referirse a un individuo, un equipo, un departamento o una sección de una organización (López Jimeno, y otros, 2003).

Tajeo

UNI (1992) “Son los lugares subterráneos en donde se realizan los arranques de mineral”



Veta

Llanque (1999) afirma: “Es una fractura de la corteza terrestre que aloja sustancias minerales metálicas y ganga, como consecuencia de la precipitación de las soluciones hidrotermales.

Las vetas son generalmente de forma tabular con gran superficie y un espesor relativamente pequeño [...]”.

2.4 Aspectos generales

2.4.1 Ubicación

La Unidad de Producción Huachocolpa Uno de la CIA Minera Caudalosa S.A. Geográficamente se ubica en el flanco de la cordillera occidental de los andes centrales, políticamente pertenece, ver (**anexo N° 01**)

Paraje : Comihuasa
 Distrito : Huachocolpa
 Provincia : Huancavelica
 Departamento : Huancavelica

Tabla 6. *Coordenas UTM y geográficas.*

COORDENADAS DATUM (WGS 84)			
UTM		GEOGRÁFICAS	
Este	Norte	Longitud	Latitud
502,230.550	8'555,752. 860	74° 53' 43 Oeste	13° 03' 52 Sur
COTA: 4230 – 4650 m.s.n.m.			

Fuente: Área de geología CMC S.A.

2.4.2 Accesibilidad

Es accesible desde la capital Lima, por medio de tres vías. Ver la tabla 7.

Tabla 7. *Acceso a la Unidad Mina Huachocolpa Uno.*

RUTAS	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (Hrs)
Lima - Huancayo - Huancavelica - paso chonta mina	565	12
Lima - Pisco - Castro Virreyña - Paso por Chonta - Mina	462	10
Lima - Pisco - Huaytará - Paso por Chonta - Mina	445	9

Fuente: Elaboración propia.

2.4.3 Fisiografía



El Distrito minero de Caudalosa-Huachocolpa, se encuentra en la parte este de la Cordillera Occidental a unos 3 y 5 Km al este del divisorio continental, sobre una geomorfología variada como:

Relieve Cordillerano: Presenta una morfología bastante agreste, como puede apreciarse al sur oeste de la veta Bienaventurada y alrededores de la veta Rublo, cortadas por numerosas quebradas de recorrido corto con red de drenaje dendrítico. Esta unidad esta modelada sobre secuencias volcánicas que han sufrido un proceso de intemperismo que se emplazan en forma de mesetas.

Laderas: Son declives que están inmediatos al relieve cordillerano, constituyen los flancos de los diferentes valles con pendiente suave, aunque esta depende de la litología.

Altiplanicie: Se emplaza por encima de los 4,300 m.s.n.m. y se caracteriza por presentar relieves suaves que se expresan como pequeñas pampas, colinas y cerros de forma suave como peneplanización.

Mesetas Volcánicas: Son superficies sub-horizontales debido a coladas de lavas con pendiente de 5° a 10°, este tipo de geoforma se observa hacia el sur oeste de la mina Chonta.

Valles Fluvio-glaciares: Son geoformas de relieve negativo, de tamaños y aspectos variados ocupados por ríos permanentes; siendo característica en los valles fluviales la forma de “V” que generalmente se considera típico de valles juveniles, en el fondo son planos y están cubiertos por sedimentos clásticos de diversa litología. En las nacientes de los ríos se presenta la morfología de valles glaciares con sus perfiles típicos en forma de “U”, debido a la erosión glaciar de los picos altos.

2.4.4 Clima

En esta parte de la cordillera de los andes, el clima está condicionado por dos estaciones bien marcadas, una seca entre los meses de mayo a octubre donde la temperatura durante el día es de 10°C y en la noche desciende a -5°C. La estación húmeda está comprendida entre los meses de noviembre a abril, donde hay precipitaciones de lluvia, granizo y nieve y la temperatura durante el día es de 18°C y en la noche desciende a 7°C.

2.4.5 Flora y fauna

La flora está constituida por pastos típicos de puna, resistentes a las sequías y consisten de gramíneas e ichu, musgos, líquenes, yaretas los cuales sirven de alimentación a los auquénidos y ovinos. La fauna es típico de la región puna y cordillera, constan de ganzo andino, tortola cordillerana, cóndor, zorro, vizcacha y animales domésticos.



2.4.6 Hidrografía y drenaje

En los alrededores de la mina nacen ríos cuyas aguas discurren hacia el Océano Atlántico. Las aguas provenientes de los deshielos y lluvias van a formar riachuelos, corrientes y luego ríos, siendo su drenaje principal el río Escalera, aguas abajo toma el nombre de río Opamayo, el cual desemboca en el río Lircay, afluente del río Mantaro.

Por lo general el tipo de drenaje es dendrítico, el cual está controlado por la forma de relieve que se presenta en el área de la mina.

2.4.7 Recursos

Recursos naturales

El recurso natural constituye es el yacimiento polimetálico, constituido por minerales de: Plata, plomo, zinc y cobre y que es objeto del presente trabajo.

Recursos hídricos

El agua para la operación de explotación, es alimentada del manantial ubicado en la parte este del campamento minero y para el consumo humano es captada desde el paraje chichilla, ubicado a 3Km y al SE de la Mina.

Humanos

La Compañía Minera Caudalosa S.A. cuenta con una fuerza laboral de 850 trabajadores, de los cuales 84 son empleados y 766 son obreros. Del total de trabajadores el 29% son contratados directamente por la compañía y el 71% es contratado a través de las contratistas.

Aire comprimido

En la mina se cuenta actualmente con 03 compresoras ATLAS COPCO GA-315 VSD con capacidad de 500 CFM cada uno.

Energía eléctrica

La energía para las operaciones de la Unidad Minera proviene de la Red Nacional de Electricidad en un 100%, siendo el consumo promedio de 744.39 kw/hr. La energía eléctrica es comprada de la empresa CONEHUA (Consortio Energético de Huancavelica), la cual a su vez adquiere la energía de la empresa ELECTRO-CENTRO que es la generadora de la energía.

2.4.8 Antecedentes históricos



La Cia. Minera Caudalosa se dedica a la explotación, extracción, concentración y comercialización principalmente de cinc, plomo y cobre. Se ubica en el Distrito Minero de Huachocolpa, muy amplio con numerosas vetas de cinc, plomo y cobre, pero de bajo contenido de plata. En 1586 el cronista Marcos Jiménez de la Espada, cita a la Mina de Huachocolpa en Angaraes con minerales de Plata. En el año de 1920 Don Agustín Arias Carracedo (español) viaja por la zona y descubre varios afloramientos e inicia su laboreo en pequeña escala. El trabajo intensivo se inicia a principios del siglo xx, durante la Segunda Guerra Mundial y de Corea.

Por el año de 1940 el Sr. Antonio Obradovic, denuncia las Minas de Rublo e inicia su explotación escogiendo el mineral, al fallecer el Sr. Antonio, lo sustituye su hermano Mateo y forma la Cia. Minera Huanca S.A. quién construye la Planta Concentradora y una Hidroeléctrica.

La Mina Caudalosa fue trabajada hasta el año 1942 por pequeños mineros. Los señores E. Risco, V. Freundt, Escobar, Carlos López Adrianzen y Richard Revett, formando en marzo de 1942 la Cia. Minera Caudalosa S.A. Por esta temporada se abren también las minas Emmita y Coquito de J. Salazar, el Sr. Beteta con las Minas Francisca y Cobriza, el Sr. Ballinas con las Minas Asia, Grau y otros, finalmente la Mina Consuelo del Sr. Ospina, todas tratan sus minerales en la Planta Concentradora del Banco Minero que nace en 1946, es posiblemente una de las más antiguas del Perú, siendo vendida en 1980 a los pequeños mineros formando Comihuasa. En 1989 es vendida a los accionistas de Caudalosa en actual operación.

En el año de 1985, Buenaventura y Cía. Minera Condesa se asocian con los accionistas de la Cia. Minera Caudalosa S.A. En el año de 1989 los Señores Juan Francisco Raffo y Mario Suito adquieren las acciones de los Señores R. Revett, Risco y Freundt, pasando a ser mayoritarios, y en marzo de 1999 la L.P. Holding S.A. del Grupo Raffo pasa a ser accionista principal, representando el 99.25 % del Capital social de la Empresa.

En octubre del año 2000 se paralizan las operaciones en la Sub-Unidad Caudalosa Chica, por agotamiento de reservas, baja de precios de los metales explotados y altos costos operativos.

En junio del 2001 se paralizan los trabajos en la Mina Rublo y en octubre del mismo año se paralizan los trabajos en la Mina Chonta por las mismas razones señaladas. Actualmente la Veta Bienaventurada es la que está en operación.

2.4.9 Geología regional

2.4.9.1 Rocas sedimentarias

A. Grupo Pucará



Son las rocas más antiguas que afloran en el Distrito de Huachocolpa y están representadas por las formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga; son de edad Triásico Superior- Liásico, con una potencia de +- 2,250 m.

A-1.-Formación Chambará (Noriano - Jurásico) Afloran en la zona central de Huachocolpa, entre las minas Pirata y Mauricio. Está conformado por tres miembros:

El miembro inferior que consiste de calizas de color gris, ocasionalmente intercalados con calizas dolomíticas, calizas arenosas y bancos fosilíferos de trigonias, ostreas y braquiópodos; que indican de edad Triásico Superior - Liásico. Presenta un espesor de más de 500 m.

El miembro medio es una intercalación de lutitas verde amarillentas, limonitas, calizas grises con ammonites y braquiódodos. Tiene un espesor de 300 m.

El miembro superior consiste de una serie monótona, donde los estratos superiores están perturbados por sills y diques dacíticos con presencia de horizontes de chert y escasos bancos fosilíferos con ammonites y bivalvos del Triásico Superior, el espesor es 500 m.

A-2.- Formación Aramachay (Hetangiano a Sinemuriano). Consiste de lutitas y margas negras, delgadas intercalados con algunos bancos calcáreos de 0.50 m. de color gris oscuro. En el contacto con la Formación Condorsinga, se presenta un sills dacítico gris verdoso piritoso, con un horizonte fosilífero con ammonites, arietites del Sinemuriano. Aflora al sur del pueblo de Huachocolpa en los alrededores de las Minas Luchito y Betty. Su espesor es variable, llega hasta 300 m.

A-3.- Formación Condorsinga (Sinemuriano Superior - Aaleniano Inferior). Consiste de calizas gris oscuras, potentes, con algunos estratos de chert; al sur los estratos son de poca potencia con abundantes fósiles, entre moluscos de la familia ostreidae del género Lophya, braquiópodos y ammonites que representan al Toarciano. Aumentan los bancos de chert y localmente presentan dolomitización secundaria. Se observan indicios de corales que indican una depositación sub- arrecifal. Afloran a los alrededores de la Mina Luchito.

B. Formación de Chunumayo (Bajociano Medio – Superior)

Esta unidad aflora en las cercanías del poblado de Huachocolpa en ambas márgenes del río Opamayo, constituyendo el núcleo de un anticlinal, con morfología escarpada. Esta formación está constituida por intercalación de calizas micríticas con calizas de grano fino, ambas de coloración grisácea y con un espesor de más o menos 150 m. continuando la secuencia calcárea con una coloración gris a marrón claro, en la que se intercalan algunos delgados horizontes arcillosos.

C. Grupo Goyllarisquizga (Neocomiano – Aptiano) Está constituido por una secuencia



eminentemente continental constituida por detritos cuarzosos, lutitas arcillosas, volcánicos lávicos, piroclásticos y calizas. La secuencia arenosa tiene un espesor de aproximadamente 50 m. mientras que hacia el río Opamayo (río Huachocolpa) se hace más grueso. Estructuralmente forma parte de un sinclinal, el que hacia lado oeste se presenta fallado en contacto con las calizas del Grupo Pucará, hacia lado este se presenta en contacto normal suprayaciendo a la Formación Chunumayo.

2.4.9.2 Rocas Igneas

A. Rocas Volcánicas

Son emanaciones volcánicas tempranas y tardías, compuestas generalmente por andesitas, brechas tufáceas, latitas cuarcíferas, domos riolíticos, traquiandesíticos, lavas porfiríticas, tufos ignimbríticos, etc. Volcánicos Temprano: Formaciones arco Iris, Chonta, Yahuarcocha, Sacsaquero, Castrovirreyna.

Volcánicos Tardío: Gpo. Huachocolpa: Fm. Caudalosa o Fm. Domos de Lava (Centros Volcánicos Tinquí, Manchaylla, Chossecc), Fm. Apacheta, Fm. Chahuarma.

A-1.- Formación Arco Iris (40,9 M.A). Son rocas de edad Cenozoicas conformado predominantemente por fragmentos piroclásticos subarenosos que varían desde rocas compuestas mayormente por partículas de cenizas, brechas con pedrones y fragmentos fríos de lavas, afloran al noroeste y oeste de la mina Tangana formando un anticlinal.

Estas rocas están estrechamente asociadas con cantidades subordinadas de sedimentos volcánicos clásticos, conglomerados gruesos y calizas. Las rocas fueron posiblemente depositadas en su mayor parte bajo agua. Químicamente las rocas son latitas cuarcíferas, riolacitas y riolitas; tal composición es producto de la distribución del material primario.

Los numerosos fragmentos líticos afines presentes en algunos de los tufos y brechas, son el resultado de la fragmentación de la lava caliente en contacto con el agua. Los conglomerados de calizas, que parecen haber sido transportados como corrientes densas de movimiento rápido, muestran una actividad tectónica que acompaña al vulcanismo.

La mayoría de afloramientos de esta formación tiene buzamientos sub verticales, en la parte sureste del afloramiento se observa volteado localmente, parece formar un pliegue isoclinal.

A-2.- Formación de Chonta (Capas rojas Casapalca).

Esta formación aflora al sur y suroeste de la mina Bienaventurada y Chonta, al oeste de la falla Chonta, alineada según el rumbo N40°W. Está conformada de grauwas, limonitas y lutitas vulcanogénicas, mayormente de color rojo, de tobas retrabajadas y depositadas, calizas con gasterópodos de agua dulce, conglomerados cuyos clastos consisten de calizas, rocas ígneas, volcánicas y plutónicas y lutitas (Miembro Carmen en Casapalca), su potencia tiene decenas de



metros con buzamientos sub-verticales en la parte de Chonta, haciéndose menos pronunciada hacia el sur. Se considera del Cretáceo Superior.

A-3.- Formación Yahuarcocha (Volcánicos tantara).

Consiste principalmente de brechas, lavas, tufos, lapillis de composición latítica, dacítica, andesítica y hasta basáltica. En general estas rocas que afloran en los alrededores de Huachocolpa presentan cloritización y carbonatación débil, acompañado de algo de calcedonia y jaspe rojo. Además, se encuentra afectado por la Fase Compresiva del Eoceno Superior Oligoceno Inferior (Soulas 1,975). Se emplazan sobre yaciendo a la formación Chonta, su potencia es de varios cientos de mts. La edad de esta formación es de 40 - 41 M.A. (Noble 1,982) y se les denomina también volcánicos Tántara (Salazar y Landa 1,993).

A-4.- Formación Sacsaquero.

Salazar y Landa (1,993), le dieron esta denominación. Esta formación está constituida por lavas y brechas andesíticas con intercalación local de sedimentos continentales y tufos. Aflora al oeste de la formación Yahuarcocha, la edad es de 40.00 M.A. (Mckee y Noble 1,982) y se encuentra afectado por la Fase Compresiva Incaica del Eoceno superior- Oligoceno inferior. (Soulas 1,975).

A-5.- Volcánico Castrovirreyna.

Aflora inmediatamente al oeste del volcánico Sacsaquero, mostrando una leve discordancia angular, consistentes de tufos ignimbríticos de una edad entre 21 y 22 M.A. (Mckee y Noble 1,982). Estos volcánicos parecen estar asociados al complejo dómico de El Palomo (13.75 M. A). La Formación Volcano-sedimentario Rumichaca es coetáneo con la formación Castrovirreyna.

A-6.- Grupo Huachocolpa.

Son formaciones netamente volcánicas de posición horizontal a sub-horizontal (estratiforme), con rumbo NW-SE aparentemente limitadas hacia el oeste del lineamiento tectónico Chonta. Característico para las formaciones del Grupo Huachocolpa es su afloramiento posterior a los mayores movimientos tectónicos de la Fase Quechua I.

Las formaciones del Grupo Huachocolpa están representadas por el Fm. Caudalosa, Fm. Apacheta, Fm. Chahuarma y portuguesa, emplazadas al este del lineamiento regional Chonta, y tuvo un lapso de 8 M.A, con fases de erupciones, interrumpidas por tiempos de tranquilidad volcánica. La distribución de los centros volcánicos parece estar controlado por la estructura tectónica regional con rumbo NW-SE (andino) y SW-NE (antiandino).

En términos generales, las formaciones del Grupo Huachocolpa empiezan con secuencias volcánicas-sedimentarias (flujos piroclásticos, ignimbritas), con niveles lávicos, manifestando



intensas fases explosivas tempranas como se observa al sur de Corralpampa, socavón de la mina María Luz o la base del centro eruptivo Chahuarma. Siguen sucesiones predominantemente efusivas de derrames de lavas y brechas andesíticas en capas prominentes con morfología abrupta, cuyo lugar conspicuo está por la zona de la Mina Caudalosa Chica-Bienaventurada-Rublo, donde afloran las rocas del complejo Volcán Mixto y Domos Volcánicos.

A.6.1.- Formación Caudalosa.

Son conjuntos de rocas volcánicas con algunas intercalaciones de areniscas tobáceas y piroclásticos que se emplazan en el centro del Cuadrángulo de Castrovirreyna, en los alrededores de la Mina Caudalosa, del cual deriva su nombre (Salazar y Landa 1,993). Esta formación constituye una franja de estructuras volcánicas, con centros de erupciones alineados de NO-SE (Rumbo Andino), presentan composiciones predominantemente andesíticos hasta basálticos. Estas características son similares a los volcánicos que se encuentran en las inmediaciones de la Mina Caudalosa- Unidad de Producción Huachocolpa Uno, predominando lavas brechoides, piroclásticos, tobáceos en estratos lenticulares de capas delgadas, las que se intercalan con bancos gruesos, formando escarpas de considerable altura y de posición sub horizontal. A esta formación se incluye dentro del Mioceno Superior, porque la toba ha sido datada en 12-14 M.A. (McKee y Noble 1,982).

Las lavas sobreyacentes del Fm. Apacheta están datadas en 10 M.A. como edad máxima (McKee et.,al 1,975), limitando así a la Fm. Caudalosa a una etapa de actividad volcánica antes de la fase quechua II determinada en 9-10 M.A. (Megart et.al 1,984-1,985). Según estas dataciones la Fm. Domos de Lava se correlacionaría con la Fm. Caudalosa, conocido también como Complejos del Volcán Mixto y Domos Volcánicos. Complejo del Volcán Mixto y Domos Volcánicos. - Este grupo de rocas ígneas sobreyacen e intruyen a las rocas sedimentarias y a la Fm. Arco Iris. Estas rocas han erupcionado a partir de tres centros volcánicos: los centros Tinquí, Manchaylla y Chosecc. Así mismo una gran cantidad de domos volcánicos, diques y derrames que erupcionaron de un gran número de pequeñas chimeneas volcánicas.

A.- Centro Volcánico Tinquí (Tm-Vt). - Es un volcán simple y es el más grande del distrito de Huachocolpa, consisten de remanentes erosionados de un compuesto clástico de estrato volcánico. Está conformado de brechas, tufo-brechas, flujos de lava de composición latítica. Los buzamientos son radiales hacia afuera del centro. Dataciones radiométricas del Dr. Noble indican una edad de 10.10 a 10.40 M.A. tiene un espesor de 300 mts.

B.- Centro Volcánico Manchaylla (Ts.-Vm). - Consiste de 2 tipos de rocas que muestran poco o ninguna integración: latitas de biotita - hornblenda y latitas oscuras con fenocristales de piroxeno y/o hornblenda. Dataciones radiométricas del Dr. Noble indica una edad de 9.7 M.A. Tiene un espesor de 180 m.



C.- Centro Volcánico Chosecc (Ts.-Vch.). - Aunque parece que la masa Chosecc consiste de más de un cuerpo ígneo discreto, no se sabe el número de domos diversos, cuellos. etc. La constitución del complejo no es conocida. Las proporciones reconocidas consiste de latitas cuarcífera hornbléndica-biotita o latitas; sin embargo, las rocas máficas y/o sílicas también pueden estar presentes.

El Complejo Chosecc posiblemente fue originalmente la característica de emplazamiento más impresionante, la presencia local de rocas hipabisales con masas micrograníticas de textura porfirítica que testifican la profundidad a la que la erosión ha avanzado. Dataciones radiométricas del Dr. Noble indican una edad de 9.10 M.A.

A-6.2.- Formación Apacheta. Esta formación se emplaza a lo largo del río Apacheta del cual deriva su nombre. Forma cadenas de centros volcánicos con rumbo NW-SE. El emplazamiento parece estar relacionado a las estructuras tectónicas regionales sobre todo al lineamiento Chonta y a las diversas fallas con rumbo antiandino.

Esta formación está conformada por dos miembros; el inferior estaría constituido por flujos piroclásticos, ignimbritas y a veces con intercalaciones de lahares como se observa en los alrededores de la mina María Luz y al sur de Corralpampa. El miembro superior, son de régimen más efusivo, con múltiples derrames de lavas en alternancia con piroclastos estratificados, constituyendo numerosos estratos volcanes.

Según Keith Patterson y Yoni Barrera Lopez (1998), la Formación Apacheta del Mioceno Superior ha sido dividida en cinco informales unidades, de las más jóvenes a más antiguas es el siguiente: El domo de flujo de Huamanripayoc datado en 3.7 +/- 0.20 MA, flujos de andesitas basálticas magnéticas y brechas, flujos de andesitas y brechas, cenizas a tufos lapillíticos, y domos de flujos dacíticos incluyendo los domos de flujo de Manchaylla datados en 10.0 +/- 0.30 MA. Existen diferentes centros volcánicos de los cuales han sido arrojados rocas volcánicas de la Formación Apacheta. En el distrito de Huachocolpa la Fm. Apacheta sobreyace discordantemente a las calizas de Pucará. La edad se considera del Mioceno Superior y según los trabajos radiométricos de D.Noble (1,972) y McKee et.al (1,975) oscilan entre 10 y 8 M.A.

B. Rocas Intrusivas

Las rocas intrusivas son poco abundantes en todo el distrito de Huachocolpa y se describe según su edad decreciente y a sus asociaciones con complejos dómicos.

Intrusiones Asociados al Complejo Dómico el Palomo.

En este centro volcánico están presentes los stocks dioríticos, el intrusivo riolítico Maria Luz con sus fases andesíticas más tempranas. Dataciones de estudios anteriores indican 13.40 M.A.

Intrusiones Dómicos Relacionados a la formación domos de lava.



Las rocas de los centros volcánicos Tinquí y Manchaylla son intruídas y cubiertas por su formación intrincada y confusa de domos pequeños, diques, derrames de lava de composición latita hornoblenda y latita cuarcífera.

Intrusiva Patará.

Aflora al sureste de Caudalosa Chica en el centro llamado Patará intruyendo a la formación domos de lava. Consiste de una monzodiorita de grano medio, porfirítica y según dataciones radiométricas del Dr. D. Noble tiene 7.9 Ma +/- 0.30 Ma. El intrusivo Patará es un domo de fase hipabisal (D. Noble 1,977).

Intrusiva Mauricio III.

Aflora al norte del pueblo de Huachocolpa y es de composición riolítica conteniendo abundantes fenocristales de cuarzo

Intrusiva de la Divisoria. Las intrusiones de la divisoria consisten de domos proto intrusivos, lávicos y de autobrechas de composición andesítica y traquiandesítica. Estos cuerpos están alineados en el flanco este de la falla Chonta según la dirección NW - SE.

Intrusiva Huamaripayoc. Consisten de diques e intrusiones de cuarzo latita presentes en diferentes sectores de Huachocolpa, las edades de estas rocas varían entre 3.7 y 4.6 M.A. (Noble 1,977).

2.4.9.3 Depósitos cuaternarios

Los depósitos que se distinguen son: Fluvioglaciales, Aluviales, travertinos sinter, tecnógenos y otros.

Depósitos Fluvioglaciales: Son depósitos transportados por los hielos, en partes fluviales depositándose como morrenas laterales o frontales. Se ubican en los fondos de las quebradas y flancos de los valles. Presentan una litología de constitución polimícticas y mal seleccionados con clastos y guijarros angulosos, subredondeados en matriz arcillosa. Los depósitos mencionados se exponen en los ríos Escalera, Opamayo, Apacheta. Las morrenas en el fondo de las quebradas forman superficies planas y facilitan el desarrollo de los pastos naturales. Estos depósitos se encuentran por lo general entre 4000 a 4400 m.s.n.m.

Depósitos Aluviales: Son depósitos arrastrados por los ríos y depositados a lo largo de su lecho formando terrazas y llanuras de inundación. Los aluviales recientes que se encuentran en los cauces de los ríos, están constituidos por arenas. En el distrito de Huachocolpa los ríos que forman estos depósitos son el río Escalera, Opamayo, Apacheta, Carhuancho.

En general el material de estos depósitos son cantos, cascajos y arcillas provenientes de las rocas que afloran en el distrito. Los suelos son arenosos de composición feldespática cuarzosa.



Travertino, Sinter de Silice y Aguas Termales: Evidencias actuales de estos procesos son las aguas geotermales calientes enriquecidas en H_2CO_3 y la precipitación de travertino ($CaCO_3$) y sinter (SiO_2), de manantiales aflorando a lo largo de algunas fallas principales. Ejemplo de terrazas de travertino y sinter hasta de 300 m. de diámetro se encuentra al NE del pueblo de Huachocolpa cerca de Huapa (Central eléctrica de Julcani).

Depósitos Cuaternarios Tecnogenos: Son depósitos de suelos artificiales, creados por la actividad técnica del hombre, ejm: depósito de relaves. Otros depósitos lo constituyen los botaderos o escombreras de material extraídos de los túneles de mina.

2.4.10 Geología local

En el área de la Mina Caudalosa afloran rocas volcánicas de la Formación Caudalosa constituidos principalmente de brechas y lavas andesíticas, dacíticas, riolíticas, porfiríticas y andesíticas porfiríticas. Las brechas mayormente de composición andesítica, afloran en la parte baja de Caudalosa Chica, hacia el nor- oeste de Toromachay y en ambas márgenes del río Escalera.

Las lavas andesíticas en el área de Caudalosa Chica tienen un rumbo $N 30^\circ - 40^\circ W$ y las capas son subhorizontales hacia el sur-oeste y al nor-este. Las lavas andesíticas afloran predominantemente entre las cotas 4200 y 4450 sobreyaciendo a las brechas volcánicas, son de color gris a verdoso cuando están frescas y blanquecinas cuando están alterados.

En las partes más altas de Caudalosa Chica a cotas mayores de 4450 m.s.n.m. las lavas son de composición dacíticas, latíticas a riolítica, aquí las estructuras mineralizadas presentan afloramientos muy cortos y angostos, excepto la falla - veta Caudalosa que esta mayormente encapado.

2.4.11 Geología structural

Las secuencias volcánicas que se emplazan en la Unidad de Producción Huachocolpa-Uno, corresponden a una parte de una estructura dómica dentro de la formación << Domos de Lava >>. Estas capas en el área de la mina se encuentran suavemente plegadas con rumbo $N 30^\circ - 40^\circ W$ y $10^\circ SW - 15^\circ NE$ de buzamiento, cortadas por fallas transversales en su mayoría mineralizados.

Como consecuencia de los esfuerzos de comprensión a nivel regional se han originado una serie de fracturas de cizalla y tensión de rumbo $N 60^\circ E$ a $N 60^\circ W$ que es característica tectónica general del distrito y sirvieron para el emplazamiento de los fluidos mineralizantes. Las estructuras principales de la Unidad de Producción Huachocolpa Uno están formadas por dos sistemas principales.



a.- Fracturas de tensión y cizalla de rumbo N 45° - 85° E; que son los que tienen mayor longitud, con buzamientos entre 42°-85° SE, con inflexiones, cimoides, ramales en diferentes tramos en toda su extensión. A este sistema pertenece las vetas Caudalosa1, Caudalosa2, Viviana, Silvia Ramal 1, Lucia, Gladys, Bienaventurada, Bienaventurada Sur-1, Bienaventurada Sur 2, Jessica, Elizabeth, Rublo, Peseta, Galena, Katerine, Fortuna.

Es de resaltar que las vetas Caudalosa 2, Rublo, Bienaventurada, Jessica, Elizabeth a diferencia de las demás vetas están asociado a fallas y presenta clastos subredondeados de volcánicos, lo que nos indica que se produjo fallas de reactivación de movimientos dextrales, con numerosas vetas de cizalla.

b.- Fracturas del sistema Este-Oeste; algunas de gran longitud interceptada en muchos casos por fracturamiento del sistema anterior, el mayor ejemplo de este sistema lo constituye la veta falla Silvia con rumbo E- W.

Estructuras secundarias de poca longitud de rumbo N 20° a 30° E, posiblemente correspondan a una última etapa de fracturamiento pre-mineral. El área comprendida entre la falla Silvia y la falla Caudalosa parece corresponder a un graben de poca profundidad.

2.4.12 Geología económica

2.4.12.1 Tipo y forma del yacimiento

El yacimiento de Caudalosa es de tipo filoniano, relleno de fracturas por soluciones hidrotermales cuya mineralización se ha emplazado en condiciones moderadas de presión y temperatura.

2.4.12.2 Paragenesis y zoneamiento

Los estudios de Paragénesis y Zoneamiento de la Veta Bienaventurada realizados por el Ing. José Andrés Yparraguirre, indica que la mineralización se dio en dos secuencias paragenéticas:

En la primera secuencia, el cuarzo, la pirita fue el primer mineral depositado en la estructura, seguido por la esfalerita, calcopirita, cobre gris (freibergita, tennantita), galena, bournonita, seligmanita, gratonita y barita; algo más tarde rejalgar y oropimente. La segunda secuencia, está constituida esencialmente por pirita, argentotennantita, freibergita, dufrenoyita, estibina y jordanita. Los minerales de ambas secuencias se presentan en texturas de relleno y reemplazamiento.

Finalmente, se observa una secuencia de minerales supérgenos constituidas por anglesita, yeso, hematina y limonita.

2.4.12.3 Mineralogía



En Compañía Minera Caudalosa S.A. la clasificación de los minerales está de acuerdo a su importancia económica, necesaria para los costos de su explotación y que genere utilidades rentables para la empresa, clasificándolo en:

a) **Minerales de mena:** Son aquellos minerales que con su extracción dan beneficio económico.

- Galena (SPb)
- Blenda (S_2Zn)
- Argentita (SAg_2)
- Proustita (AsS_3Ag_3)
- Geocronita ($\text{SbAs})_2\text{S}_3\text{Pb}_5$
- Calcopirita (SCu,Fe)

Fotografía 2. *Minerales de mena.*



Fuente: Elaboración propia

b) **Minerales de ganga:** Son aquellos minerales que no presenta beneficio económico pero que están asociados a los minerales de mena y son:

- Cuarzo (SiO_2)
- Pirita (S_2Fe)
- Pirolusita (MnO_2)
- Oropimente (S_3As_2)
- Rejalgar (SAs)
- Estibina (S_3Sb_2)
- Rodocrosita (CO_3Mn)

- Rodonita (SiO_2Mn)
- Siderita (CO_3Fe)
- Calcita (CO_3Ca)

Fotografía 3. *Minerales de ganga.*



Fuente: Elaboración propia.

2.4.12.4 Alteraciones hidrotermales

Las alteraciones hidrotermales más importantes asociados a la ocurrencia de yacimiento polimetálicos son: argílica, fílica, Alteración propilítica y Silicificación.

2.4.12.5 Controles de mineralización

a) Control estructural. - Es el principal control de la mineralización. Las estructuras de rumbo NE

con sus ramales y cimoides, son las estructuras con mejor mineralización, como es caso de las vetas Caudalosa 2, Bienaventurada Norte y Rublo.

Las estructuras de rumbo E-W en la intersección con las de rumbo N-E forman clavos mineralizados, pero en las intersecciones con otros ramales secundarios se empobrece.

b) Control litológico. - Donde la lava andesítica y las andesitas porfiríticas han sido más favorables

al fracturamiento y emplazamiento de la mineralización y alteración hidrotermal que las lavas riolíticas y dacíticas.

2.4.13 Recurso mineral

De acuerdo a la cubicación de mineral, realizada al 28 de diciembre del año 2016 se tiene las siguientes reservas minerales:

Tabla 8. Reservas minerales.

RESERVAS MINERALES		LEYES DE VETA			
Tipo de reserva	TMS	Oz Ag	Pb %	Zn %	Cu %
Probado	1 373514	2,87	4,34	4,58	0,46
Probable	358331	2,93	3,90	3,66	0,42
Total	1 731846	2,88	4,25	4,39	0,45

Fuente: Área de Geología de CMC S.A.

Tabla 9. Recursos minerales.

RECURSOS MINERALES		LEYES DE VETA			
Tipo de reserva	T.M.S	Oz Ag	Pb %	Zn %	Cu %
Medido	148580	2,34	3,39	4,33	0,25
Indicado	80620	2,22	3,48	4,30	0,24
Inferido	2 159922	2,23	3,37	3,17	0,35
Total	2 389122	2,23	3,37	3,28	0,34
OTROS MINERALES					
	T.M.S.	Oz Ag	Pb%	Zn%	Cu%
POTENCIAL	3 163269	2,03	3,36	3,69	0,31

Fuente: Área de Geología de CMC S.A.

2.4.14 Método de minado

2.4.14.1 Corte y relleno ascendente mecanizado con rampa basculante

El Método de Minado por Corte y Relleno ascendente (C&RA), se caracteriza en hacer rebanadas horizontales de variada longitud con alturas de corte que varían dependiendo la potencia de veta. Lo relevante de la aplicación de éste método en Caudalosa está en la perforación vertical (realce) con maquina Stoper y barreno de 8 pies, la cual requiere de una luz de 2,4 m de altura de perforación, siendo cada corte aproximadamente 2 m. Luego se realiza el carguío del explosivo y disparo de dicho corte posteriormente teniendo nuevamente cara libre para iniciar la perforación del corte superior.

Para ganar productividad se tienen 2 frentes en forma constante que es accesado por medio de 1 brazo o rampa de acceso en la parte central de la veta obteniendo los 02 frentes, lado Este y lado Oeste.

Este método de explotación tiene impacto favorable en seguridad, por minimizar la exposición del personal a la excavación del tajo, realizando todo el ciclo de minado mecanizado y bajo techo seguro.

2.4.14.2 Labores de desarrollo

Esta operación se realizará para hacer posible la explotación de mineral contenido en el yacimiento, que consiste en los trabajos previos para establecer los accesos a las reservas minerales para llegar al mineral desde la superficie.



Al confirmar los recursos minerales por tamaño de la mineralización y sus respectivas leyes, se desarrolla la mina mediante una rampa negativa de 4,00 m x 4,00 m de sección, a lo largo de la mineralización en forma paralela distanciados a 35 m en promedio con respecto a la veta, con el objetivo de acceder a los niveles inferiores según sea el caso con una gradiente de -15% en todo el tramo.

A partir de la rampa y con la finalidad de interceptar la veta según se alcance las cotas de los niveles principales, se realiza una labor tipo crucero de 4,0 m x 4,0 m con una gradiente de (-)1% y una longitud promedio de 35 m, de los cuales se desprenden los bypass de 4,0 m x 4,0 m de sección y con una gradiente favorable hacia la Poza de Bombeo principal en el Nv 4230 y paralelos al rumbo de la veta, distanciados a 15 m en promedio.

Todas las labores verticales de Ventilación son ejecutadas en desmonte de longitudes cortas de (100 m) con equipo Alimak.

El ciclo de trabajo para las labores de desarrollo como es de la rampa y cruceros es de la misma manera, como se describe:

Perforación y Voladura. - La perforación se realiza con equipos electrohidráulicos (Jumbo boomer 821 de 1brazo). Para la voladura se emplea el Anfo, emulsiones de (E- 5000 y E- 3000), como accesorios Faneles de PL y MS, fulminante N° 8, Carmex y Mecha Rápida.

Ventilación. - La ventilación se realiza de forma mecanizada con la ayuda de ventiladores secundarios e instalados las mangas hasta el tope del frente.

Regado. - En general al inicio de cada guardia se realiza el regado para eliminar el polvo, detectar tiros cortados y rocas sueltas, el regado debe ser el hábito de todo el trabajador.

Desatado. - El desatado se realiza manualmente utilizando barrerillas de longitud apropiada (4', 6', 8', 10 'y 12') de acuerdo a la sección de la labor siendo los de mayor tamaño de material liviano de acuerdo al reglamento de seguridad, para estos trabajos se debe cumplir los procedimientos y estándares.

Sostenimiento. - La política de Caudalosa es metro avanzada, metro sostenido, dependiendo del tipo de terreno es bastante variado, se utiliza diferentes tipos de sostenimiento. Entre los principales actualmente utilizados tenemos: Pernos helicoidales con malla electro soldada y pernos Split set.

Limpieza. - Se realiza con scoop de 4 Yd³ y 6 Yd³.

Transporte. - Se realiza con flota de volquetes de 25 toneladas.

2.4.14.3 Labores de preparación

Los trabajos de preparación consisten en diseñar en el terreno la forma de cómo extraer el mineral mediante un método de minado (Corte y Relleno Ascendente), para esto se preparan



rampas de acceso de (+) 15% desde el By Pass respectivo. En la cota calculada se ingresan con Rampas basculantes que serán rebatidas máximo en 12 m, equivalentes a 6 cortes con maquina Jack leg (2 m/corte). La Rampa de acceso continúa subiendo con 15 % hasta la siguiente cota calculada para iniciar la Rampa basculante que entrara en negativo 15% para comunicar al último corte dado con la rampa basculante anterior ya rebatida.

Las ventanas base del Fill Pass y Ore Pass serán rebatidas también, y la Chimenea de Ore Pass levantadas a medida que avanza el minado.

2.4.14.4 Ciclo de minado

La optimización de los recursos humanos y el mejor aprovechamiento del uso de los equipos se obtienen si no hay interrupciones significativas en cada una de las etapas del minado desde la perforación, voladura, limpieza-extracción y relleno.

Para lograr este objetivo es importante implementar los controles operativos de la explotación por corte y relleno ascendente, obteniendo de la data procesada y analizada, las oportunidades de mejora. Los principales controles en taladros largos son: desviación, dilución, fragmentación, recuperación, factor de potencia y voladura secundaria.

Asimismo, en la secuencia de minado se detallan paso a paso las actividades a realizar en la etapa de explotación, con la finalidad de definir los procedimientos de trabajo para cada una de las actividades, donde se establece el desarrollo de los trabajos con la identificación de sus respectivos peligros y riesgos, la cantidad de recursos materiales, equipos y herramientas necesarias, personal calificado que ejecutara los trabajos, asociado a un determinado tiempo para realizar cada actividad.

Como parte de la gestión de producción se ha estructurado un sistema de control operativo, para garantizar las tendencias planificadas, el que tendría el siguiente esquema.

Perforación. - La perforación es la base del ciclo de minado ya que con una mala perforación el resto del ciclo de minado será también defectuoso.

Para la perforación de taladros de producción se utilizará equipo manual Stoper el cual realizará perforación en realce a una altura de perforación de 2,40 m. La perforación será con barreno e 8 pies con una eficiencia de 2 m por corte, por lo que se tendrá una altura total de 4,4 m.

Voladura. - Para la voladura se emplea como explosivos ANFO y Emulsiones de E- 1000, E – 3000 como cebo y cordón detonante de 5P como línea troncal, y accesorios faneles, Carmex y la mecha rápida.

Desatado. - Una vez verificado la ventilación se procede al desate en avanzada manualmente con barretillas adecuadas (4', 6', 8', 10' y 12') de acuerdo a la sección de labor.



Sostenimiento. - El sostenimiento como parte del ciclo de minado, se ha convertido en una herramienta muy importante para el control de accidentes por desprendimiento de rocas y se hace indispensable en todas sus variantes. Entre ellos tenemos: Perno Split set con mallas metálicas electrosoldadas y Split set.

Limpieza, acarreo y transporte de mineral. - La limpieza y acarreo de mineral se llevará a cabo con scooptram de 2,2 Yd³, hacia las chimeneas de echaderos de mineral situadas en la Rampa basculante. En el nivel en la tolva electrohidráulico trasladar el mineral mediante volquetes de 25 TM, hasta la Planta de Beneficio de la U.E.A. Caudalosa.

Relleno detrítico. - Cuando acaba el ciclo de limpieza del tramo disparado se realiza el relleno detrítico con ayuda de equipos de bajo perfil (Scoop) todo el corte para preparar el siguiente corte.

El proceso de relleno consiste en disponer la combinación del desmonte y relleno hidráulico en el área explotada, de manera que el piso del tajeo quede a 2.4 m de la corona la cual es la altura de perforación para iniciar el siguiente corte. Como la altura final después de limpiado el mineral alcanzará en promedio los 4,4 m., será necesario de una capa de Relleno detrítico de una altura de 2,0 m, el cual permitirá devolver la estabilidad a las cajas y dejar el nuevo piso para la perforación del siguiente corte.

Luego de terminar rellenar todo el piso, se procede al rebatido del acceso que es la Rampa basculante para ingresar a un corte 2,0 m. más arriba. Esta secuencia se repetirá hasta que el acceso inicialmente con -15% llegue a +15%.



CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Definición de variables

3.2 Hipótesis general

Determinando la mejor alternativa del equipo de perforación, aumentaremos la producción en vetas angostas en la Unidad Minera Huachocolpa Uno, de la Compañía Minera Caudalosa S.A.

3.1.1 Variable independiente

Equipos de perforación Mini Jumbo Muki y la perforadora Stoper.

3.1.2 Variable dependiente

Incremento de producción en vetas angostas.

3.3 Operalización de variables

La variable de operalización se muestra en la siguiente tabla 10.

Tabla 10. Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente:	Velocidad de penetración	m/min
	Velocidad media de perforación	m/h
Rendimientos de Equipos de perforación	Tiempos	Min/tal.
	Costos	US\$ /Pie Perforado.
	Eficiencia	%
	Rendimientos	Tal/hora
Variable Dependiente:	Toneladas	Tn



Incremento de producción en
vetas angostas

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Hipótesis de la investigación

3.3.1 Hipótesis específicas

1. Utilizando el equipo Mini Jumbo Muki, reduciremos los tiempos de Perforación en vetas angostas, en la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Cauladosa S.A.
2. Empleando el equipo mini jumbo Muki reduciremos los costos en el ciclo de perforación en la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Cauladosa S.A.
3. Con el empleo del equipo Mini Jumbo Muki aumentaremos la eficiencia de perforación en la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Cauladosa S.A

3.5 Tipo y Diseño de la investigación

El trabajo de investigación fue del tipo descriptivo correlacional y aplicativo, apoyada en la investigación documental o bibliográfica debido a que primero se describió el problema y posteriormente se realizó la recopilación de información general del sector.

3.4.1 Diseño de investigación

El diseño que asume de acuerdo a la naturaleza del trabajo de investigación y por las características del estudio es de tipo explicativo, el método se refiere a la comparación de rendimiento de perforación entre el Mini Jumbo Muki y la perforadora stoper, que sea el más óptimo para la perforación.

El plan para alcanzar nuestro objetivo es el estudio, mediante el análisis de tiempos y de los rendimientos alcanzados por cada equipo para que al haber culminado el trabajo se logre comparar la producción alcanzada, estado del costo de operación, etc.

3.6 Población y muestra

3.5.1 Población

La población para este trabajo de investigación está constituida por las labores de producción que realiza la Empresa Especializada “Contratistas Mineros y Civiles del Perú S.A.C.” en la Unidad Minera Huachocolpa Uno.

3.5.2 Muestra

La muestra está constituida por labor del Nivel 4330, Tajo 850, que ejecuta la Empresa Especializada “Contratistas Mineros y Civiles del Perú S.A.C.” en la Unidad Minera Huachocolpa Uno.

3.7 Procedimiento de la investigación



Para la realización de esta investigación se desarrollaron las siguientes actividades:

En el campo se realizó:

- Recolección de datos, es decir estudio de tiempos
- Se recopiló información complementaria para elaborar los planos, que será de interés para el estudio

En gabinete se realizó lo siguiente:

- Procesamiento de datos obtenidos en campo, mediante Microsoft office, Excel y Auto CAD.
- Revisiones bibliográficas
- Redacción de la tesis

3.8 Material de investigación

3.7.1 Pruebas de entrada proceso y salida de la investigación

Las pruebas realizadas serán las siguientes:

- Descripción del método de explotación.
- Determinación de los rendimientos de perforación de los equipos de perforación
- Determinación de los costos de perforación de los equipos
- Evaluación de los resultados

3.7.2 Instrumentos de la investigación

Los instrumentos usados en la presente investigación serán:

- Datos del campo (in situ)
- Comparaciones estadísticas de rendimientos
- Análisis de reducción de costos de perforación
- Resultados



CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Descripción de los resultados

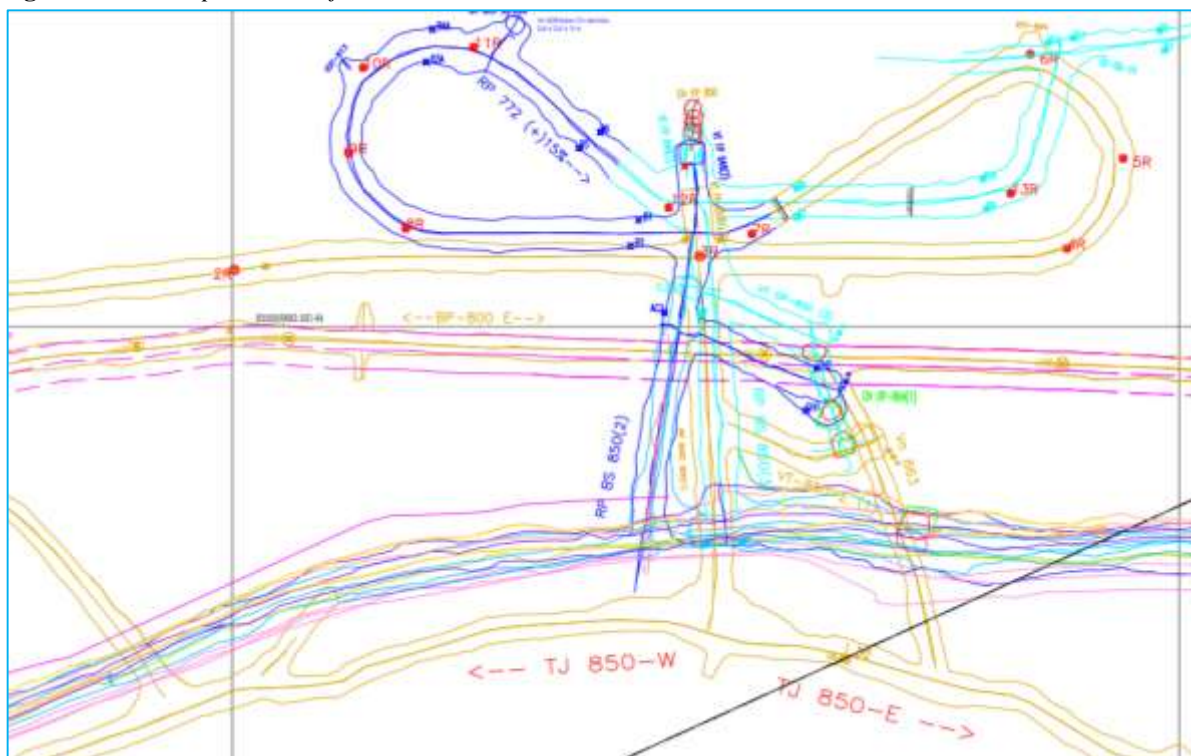
4.1.1 Dimensionamiento del tajo

Es una labor de producción, que se encuentra en el nivel 4330. La longitud del tajeo es de 400 m, altura de 100 m. La pendiente de la rampa de acceso y rampas basculantes es de 15 % dirigidas a la veta y que serán rebatidas en cada corte del tajeo, cada rampa basculante sirve para explotar 12 metros de altura en el tajeo (6 cortes). A los lados de las rampas basculantes se tiene la Chimenea de Echadero de Mineral y al otro lado la Chimenea de echadero de desmonte, las cuales estarán conectadas desde la Rampa basculante mediante ventanas. Las dimensiones serán: Rampas de acceso y basculantes de 3,00 m. x 3,00 m. las ventanas base de las Chimeneas de OP y FP serán de 3,00 m. x 3,00 m. x 6,00 m. La Chimenea Ore Pass será de 1,5 m. x 1,5 m. y serán levantadas conforme avanza el minado. La chimenea Fil pass serán de 2,4 m. x 1,20 m. y una longitud de 90 m.

Las Chimeneas de servicio, de ventilación y acceso se encuentran espaciadas cada 100 m y comunicadas al tajeo mediante ventanas de 2,40 m. x 2,40 m. x 6,00 m. Estas chimeneas tendrán la siguiente sección 2,40 m. x 1,20 m. x 100 m. Siendo todas las chimeneas de preparación en desmonte, de tal forma que se recupere el 100 % de mineral.



Figura 4. Vista en planta del Tj 850.



Fuente: Área de Geología de CMC S.A.

4.1.2 Características geomecánicas del Tj 850

Primero: Se hace el marco de un metro cuadrado en el macizo rocoso, considerando la orientación de las discontinuidades para que ésta nos arroje la mayor información posible.

Segundo: Se cuenta el número de fracturas que existen en ese metro cuadrado marcado, considerando los siguientes factores: Apertura y persistencia de fracturas.

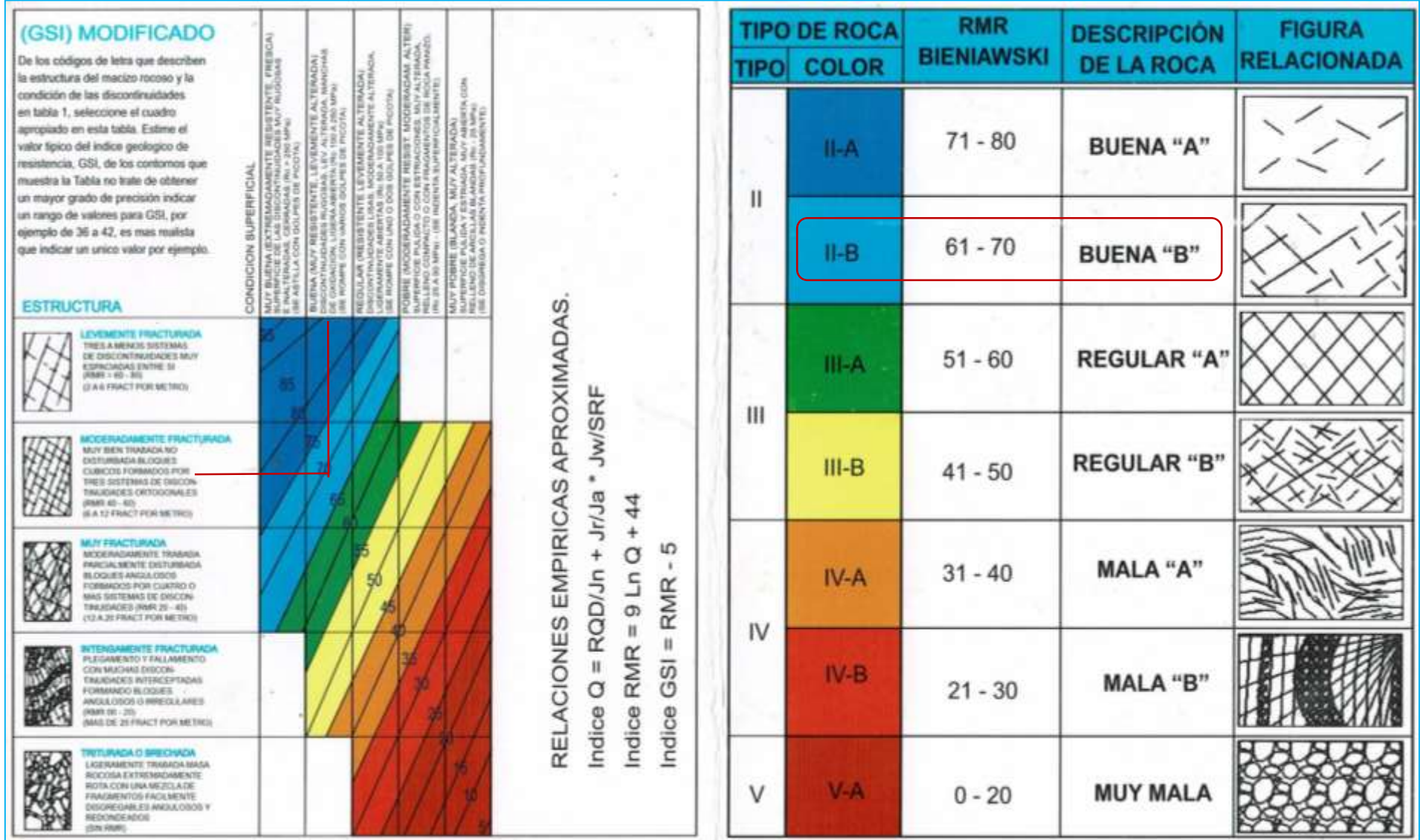
Tercero: Se continua con la evaluación de la condición superficial (resistencia), para esto se toma una muestra de mano de la carga del disparo luego se golpea fuerte con la picota.

Cuarto: Se realiza la intersección de la condición estructural y la condición superficial del macizo rocoso en la cartilla geomecánica (GSI).

Quinto: Contando con la evaluación GSI, verificamos y observamos los factores influyentes presentes en el terreno, luego elegimos el tipo de sostenimiento a colocar.

Sexto: Concluimos con el marco del mapeo geomecánico al costado Los parámetros hallados en el mapeo geomecánico.

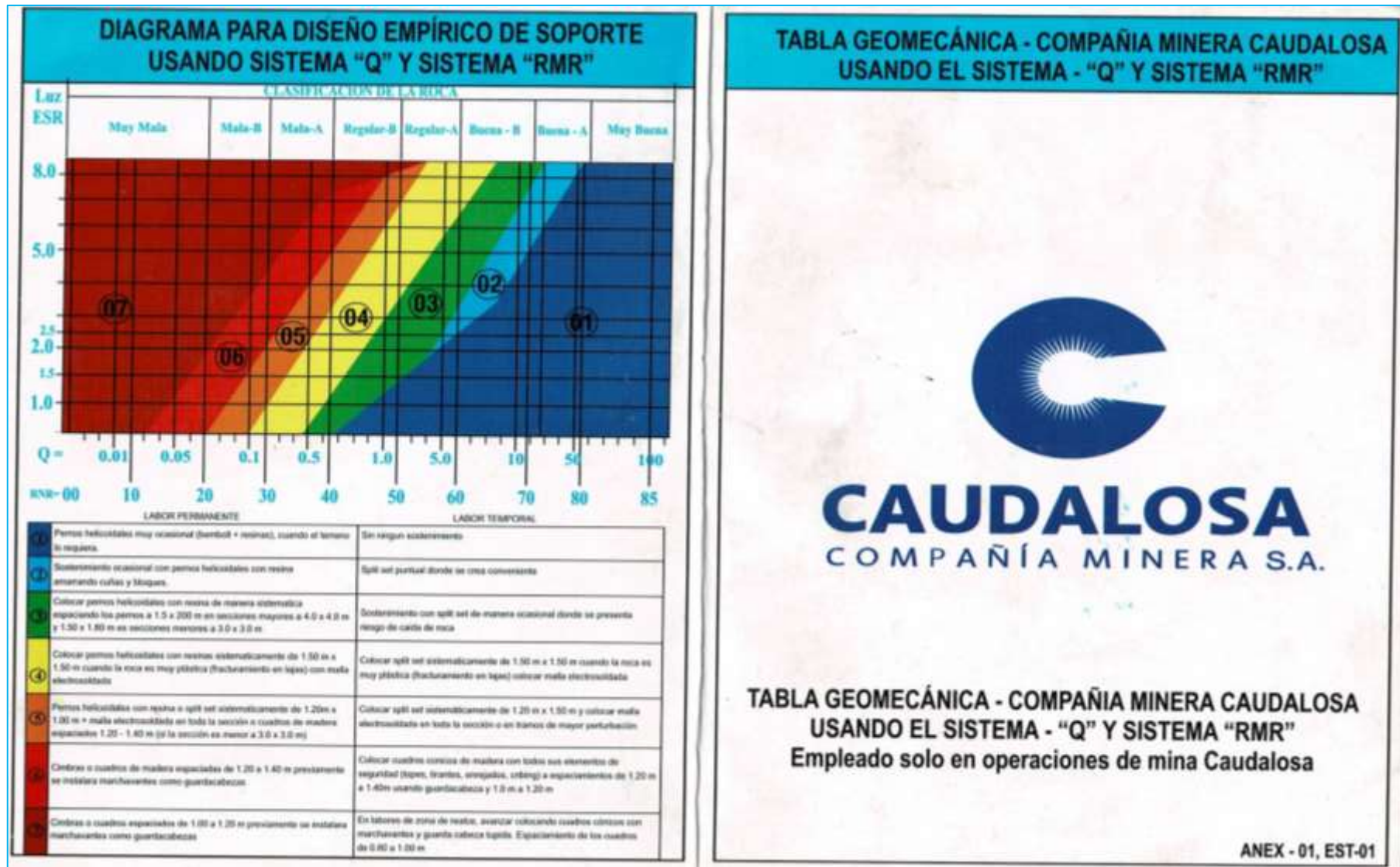
Figura 5. Cartilla geomecánica de GSI.



Fuente: Área geomecánica de CMC S.A



Figura 6. Cartilla Geomecánica usando el sistema de “Q” y el sistema “RMR”.



Fuente: Área geomecánica de CMC S.A.



Resistencia a la compresión. - La identificación de la resistencia a la compresión de la roca se determinó con el martillo de geólogo: La roca se rompe con varios golpes con martillo de geólogo.

Resistencia Compresión: 250 MPa.

Valorización: 12

Índice de la calidad de roca RQD. - En una longitud de 200 m lineales se identificaron 1800 discontinuidades.

$$\lambda = 2000 / 200 = 10 \text{ disc/m}$$

$$\text{RQD (\%)} = 100 \times e^{-0.1 \times 10} \times (0.1 \times 10 + 1) = 73,57\%$$

Tabla 11. Obtención de RMR de Bieniaswki de 1989

A. PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN Y SUS VALORACIONES									
Parámetro			Rango de valores						
1	Resistencia del material de la roca intacta	Índice de resistencia bajo carga puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para este bajo rango es preferible un ensayo de compresión simple		
		Resistencia a la compresión simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	Puntuación	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Puntuación		20	17	13	8	3		
3	Espaciado entre discontinuidades		>2 m	0.5-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Agua subterránea	Flujo por 10 m de longitud del túnel (l/m)	Ninguna	<10	Oct-25	25-125	>125		
		(Presión de agua en las juntas) / (□ principal mayor)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Condiciones generales	Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteando	Fluyendo		
	Puntuación		15	10	7	4	0		
B. LINEAMIENTOS PARA CLASIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE DISCONTINUIDAD									
Longitud de discontinuidad (persistencia)			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Puntuación			6	4	2	1	0		
Separación (apertura)			Ninguna	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Puntuación			6	5	4	1	0		
Rugosidad			Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Pulida		
Puntuación			6	5	3	1	0		
Relleno (relleno de falla)			Ninguna	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5mm		
Puntuación			6	4	2	2	0		

Meteorización	No meteorizada	Ligeramente meteorizada	Moderadamente meteorizada	Altamente meteorizada	Descompuesta
Puntuación	6	5	3	1	0

Fuente: Bieniaswki 1985.

Sumamos los valores encontrados en la tabla de Bieniaswki encontrando el RMR sin corrección por la orientación de las discontinuidades:

$$\text{RMR} = 12 + 13 + 15 + 15 + 4 + 5 + 3 + 4 + 5 = 71.$$

Luego como la dirección de la excavación es a favor del buzamiento de las discontinuidades con un ángulo promedio de 42°. Entonces se va a restar 2 y al final obtener el RMR final:

$$\text{RMR} = 71 - 2 \quad \text{RMR} = 69$$

4.1.3 Diseño de la malla de perforación

Es la forma en que se distribuyen los taladros de una voladura, considerando básicamente a la relación de burden y espaciamiento y su directa vinculación con la profundidad de los taladros.

La malla de perforación empleada en el Tj 850, es cuadrada y cuyo burden se determinó en base al modelo matemático de Pearse.

4.1.3.1 Modelo matemático de Pearse

$$B = K_v * 10^{-3} * D * (P_d / G_t)^{0.5} \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

Dónde:

B: Burden (m)

Kv: Constante que depende de las características de las rocas (0,7 a 1,0).

D: Diámetro del taladro en (mm).

Pd: Presión de detonación del explosivo en (Kg/cm²).

Gt: Resistencia a la tracción de la roca en Kg/cm².

Datos:

Kv: 0.8

D: 38 mm

Pd anfo: 55 Kbar

Gt: 80 kgf/cm²

Reemplazando en la fórmula se tiene:

$$B = K_v * 10^{-3} * D * (P_d / G_t)^{0.5}$$

$$B: 0.8 * 10^{-3} * 38 * (56,084/80)^{0.5}$$

$$B: 0.8 * 10^{-3} * 38 * 26.48$$



B: 0.80 m

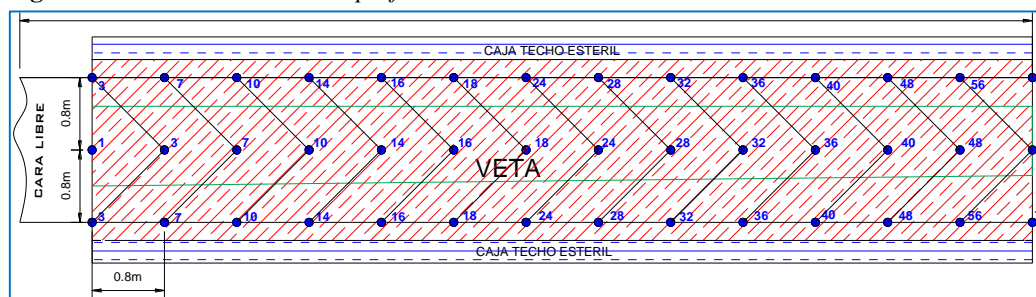
Espaciamiento: En la práctica se toma:

$E = 1B$

E: 1 x 0.80 m

E: 0.80 m.

Figura 7. Diseño de la malla de perforación.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Perforación y estudio de tiempos de los equipos

4.1.4.1 Perforación con la perforadora Stoper

La perforación de taladros en realce en el Tj 850 – W con Stoper, cuyo cálculo de estudio de tiempos ver (anexo 3).

Tabla 12. Resumen de rendimientos de perforación, con Stoper.

EFICIENCIA DE PERFORACIÓN CON LA PERFORADORA CONVENCIONAL STOPER		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTOS
Tiempo promedio de perforación por taladro	min	00:05:29
Velocidad promedio de perforación	m/min.	0,39
Rendimiento	Nº Tal.	12
Longitud efectiva de perforación	metros	2,06
Eficiencia de perforación	%	85,83%

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.2 Perforación con el Mini jumbo muki

La perforación de taladros en Uper en los tajos de producción (Tj 850, Tj 951 y Tj 663) con el Mini Jumbo Muki, se presenta el resumen total ver la tabla y los cálculos de estudio de tiempos ver (anexo 4).

Tabla 13. Resumen de rendimientos de perforación, con Mini Jumbo Muki

EFICIENCIA DE PERFORACIÓN CON MINI JUMBO MUKI		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO
Tiempo promedio de perforación por taladro	min	0:01:35
Velocidad promedio de perforación	Pies /min.	5,08
Rendimiento	Nº Tal.	37
Longitud efectiva de perforación	metros	2,28

Eficiencia de perforación	%	94,81%
----------------------------------	---	--------

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5 Determinación del costo de perforación de los equipos

4.1.5.1 Determinación del costo de perforación con Stoper

Precio de adquisición : 4500.00 US\$

Vida útil : 100 000.00 Pp

D: 4500.00 US\$/ 100 000.00 pp

D: 0,045 US\$/pp

Mantenimiento y reparación de la máquina (M)

Se toma en consideración el 100% de su costo.

M: 4500/ 100 000,00 *1

M: 0,045 US\$/pp

Costo de lubricantes

Consumo de aceite : 0.25 gl

Cantidad de taladros : 60

Longitud : 8 pies

Eficiencia : 86 %

Consumo : 0,0006 gl/pie

Costo 1 gl : 12.59 US\$/gl

Costo : 0,01295 US\$/pie

Costo de la máquina perforadora: 0,1029 US\$/pp

Tabla 14. Determinación del costo de EPPs.

COSTO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	PRECIO UNITARIO (US\$)	VIDA ÚTIL (Tareas)	COSTO US\$/Tarea
BARBIQUEJO	Und	1	1,08	90	0,0120
BOTAS DE JEBE	Par	1	25,23	80	0,3153
CASACA DE JEBE NEGRO/AMARILLO	Und	1	18,23	80	0,2279
CASCO TIPO SOMBRERO	Und	1	19,42	240	0,0809
CORREA DE CUERO PORTALAMPARA	Und	1	4,87	240	0,0203
FILTRO 7093 P100 P/RESPIRADOR 3M POLVO	Und	2	9,35	10	1,8706
GUANTES DE CUERO	Par	1	4,32	20	0,2159
GUANTES DE JEBE NEGRO	Par	1	7,91	20	0,3957
LAMPARA MINERA	Und	1			0,8126
LENTE DE SEGURIDAD STEEL PRO SAFETY	Und	1	3,23	80	0,0404
MAMELUCOS DENNIN AZUL 14 onz	Und	1	24,42	120	0,2035
PANTALON DE JEBE NEGRO/AMARILLO	Und	1	18,23	80	0,2279
RESPIRADOR 3M 7500	Und	1	30,58	120	0,2548



TAFILETE	Und	1	6,40	180	0,0356
TAPON AURICULAR DE SILICONA	Par	1	1,32	20	0,0662
TOTAL					4,7794

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Determinación del costo de herramientas y materiales

COSTO DE HERRAMIENTAS Y MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	P.U (US\$)	VIDA ÚTIL (Tareas)	COSTO x TAREA (\$)
ATACADOR	Par	2	3,78	60	0,1259
BARRETILLA 4'	Par	2	25,46	90	0,5658
BARRETILLA 6'	Par	2	25,46	90	0,5658
BARRETILLA 8'	Par	2	30,59	90	0,6797
BARRETILLA 10, 12	Par	2	33,09	90	0,7354
COMBA DE 6 LB	Und	1	14,85	90	0,1650
CUCHARILLA	Und	1	5,40	120	0,0450
FLEXOMETRO METÁLICOS DE 5M	Und	1	5,76	60	0,0959
PINTURA SPRAY	Und	1	2,70	15	0,1799
LLAVE FRANCESA # 14	Und	1	31,83	360	0,0884
LLAVE STILSON DE # 14	Und	1	24,83	360	0,0690
LAMPA MINERA TIPO CUCHARA	Und	1	11,83	90	0,1315
PICO DE ACERO DE DOS PUNTAS	Und	1	10,54	90	0,1171
SACABARRENO	Und	1	6,47	200	0,0324
SACABROCA	Und	1	89,93	200	0,4496
SOPLETE PARA TALADROS	Und	1	48,56	300	0,1619
GUIADORES	Und	3	5,40	60	0,2698
PLATAFORMA DE PERFORACIÓN	Und	1	179,86	360	0,4996
OTROS 15 % DEL TOTAL					0,7466
TOTAL					5,7243

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 16. Determinación del costo de aceros de perforación.

COSTO DE ACEROS DE PERFORACIÓN					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	VIDA UTIL	PU
			(US\$)	Pie/und	(US\$ / PP)
BARRA CONICA DE 7/8" x 4'	und	1,00	98,44	1,500	0,066
BARRA CONICA DE 7/8" x 4'	und	1,00	98,44	1,500	0,066
BARRA CONICA DE 7/8" x 6'	und	1,00	79,45	1,500	0,053
BARRA CONICA DE 7/8" x 8'	und	1,00	86,51	1,500	0,058
BROCA BOTONES 7/8" x 38mm	und	4,00	21,00	250	0,336
MANGERA DE JEBE DE Ø1"	M	50,00	2,55	25,000	0,005
MANGERA DE JEBE DE Ø1/2"	M	50,00	1,13	25,000	0,002
VÁLVULAS DE 1" Y 1/2"	Par	1,00	7,42	100	0,074
CONEXIONES DE 1" Y 1/2"	Par	1,00	2,11	100	0,021
TOTAL					0,681

Fuente: Elaboración propia



Tabla 17. Estructura del precio unitario.

PRECIO UNITARIO DE PERFORACIÓN EN REALCE CON STOPER					
TIPO	PERFORACIÓN CONVENCIONAL				
ANCHO DE MINADO	1,3	m	N° Taladros perforados		55
LONGITUD DE CORTE	16,00	m	B :	0,80	m
LONGITUD DE PERFORACIÓN	8,00	pies	E :	0,80	m
ALTURA DE CORTE	2,00	m	Eficiencia perforación	86	%
PESO ESPECIFICO	3,1	t/m ³	Pies perforados	440,0	PP
BUZAMIENTO	75	°	Toneladas	129,0	Ton
EQUIPOS:	STOPER				

ITEM	DESCRIPCIÓN	INCIDENCIA	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	UNIDADES	SUBTOTAL US\$	TOTAL US\$/PP
------	-------------	------------	--------	-----------------	----------	---------------	---------------

1.- MANO DE OBRA

	PERFORISTA	1,29	Tarea	48,10	US\$/Tarea	61,81	
	AYUDANTE DE PERFORISTA	1,29	Tarea	46,10	US\$/Tarea	59,24	
						121,05	0,28

2.- EEPs

	PERFORISTA	1,29	Tarea	4,78	US\$/Tarea	6,14	
	AYUDANTE DE PERFORISTA	1,29	Tarea	4,78	US\$/Tarea	6,14	
						12,28	0,03

3.- EQUIPO Y ACEROS DE PERFORACIÓN

	MÁQUINA PERFORADORA	440	pp	0,10	US\$/ pie	45,28	
	ACCESORIOS DE PERFORACIÓN	440	pp	0,68	US\$/pie	299,46	
						344,74	0,78

4.- MATERIALES Y HERRAMIENTAS

	HERRAMIENTAS PERFORISTA	1	Tarea	5,72	US\$/Tarea	5,72	
						5,72	0,01

A.- SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS

						483,79	1,10
--	--	--	--	--	--	--------	------

5.- COSTOS INDIRECTOS

	Contingencias y prevención de pérdidas	3,00%			US\$.	18,31	0,04
	Gastos Generales	5,00%			US\$.	30,51	0,07
	Utilidad	10,00%			US\$.	61,02	0,14

B.- SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS

						109,84	0,25
--	--	--	--	--	--	--------	------

TOTAL COSTO POR PIE PERFORADO (US\$/PP)

							1,30
--	--	--	--	--	--	--	------

Fuente: Elaboración propia

4.1.5.2 Determinación del costo de perforación con el equipo Mini Jumbo Muki

Tabla 18. Determinación del costo horario del Mini Jumbo Muki.

DETERMINACIÓN DEL COSTO HORARIO EQUIPO MINI JUMBO MUKI	
D	Depreciación
I	Intereses
S	Seguros
$I : \frac{(N+1)}{2N} * N * Vt * i$	
Vt	Valor total de adquisición en US\$: 280000



Va	Valor adquisición sin llantas en US\$:	278561					
Ve	Vida económica en hrs	:	12000	K:	$\frac{(N+1)}{2N}$	*N		
N	Vida económica en años	:	5,00			Ve		
Vr	Valor de rescate	:	12%					
I	Tasa de interes anual	:	16,0%	I:	$K * Vt * i$			
S	Tasa de seguros anual	:	2,.,%					
K	Factor	:	0,00025	S:	$K * Vt * s$			
M	Mantenimiento y Repuestos	:	80%	Vt				
F	Filtros	:	20%	Comb +	Lub.			
DEPRECIACION EQUIPO								
D:	$\frac{\text{Valor adquisición} - \text{Valor de rescate}}{\text{Vida económica en horas}}$:						20,41 US\$/hr
INTERESES EQUIPO								
I:	$K * Vt * i$:						11,20 US\$/hr
SEGUROS EQUIPO								
S:	$K * Vt * s$:						1,75 US\$/hr
MANTENIMIENTO Y REPUESTOS								
M:	$80 \% Vt$:						18,67 US\$/hr
COMBUSTIBLES								
	Consumo de Petróleo por Hora	:	0,25	gl/hr				
	Costo Combustible	:	2,67	\$/gl				0,67 US\$/hr
LUBRICANTES								
	Consumo de Lubricantes por Hora	:	0,250	gl/hr				
	Costo Lubricantes	:	6,00	\$/gl				1,50 US\$/hr
FILTROS								
	Costo Combustible + Lubricantes	:	2,17	\$/gl				
	Costo Filtros	:	20%					0,43 US\$/hr
GRASAS								
	Consumo de Grasas por Hora	:	0,460	lb/hr				
	Costo Grasas	:	3,50	\$/lb				1,61 US\$/hr
LLANTAS								
	Costo Juego de Llantas	:	1439	\$				
	Vida útil aproximado	:	4500	hrs				0,32 US\$/hr
COSTO HORARIO SIN MANO DE OBRA, GASTOS GENERALES Y UTILIDAD								56,56 US\$/hr
MANO OBRA								
	Operador	:	4,970	\$/ hr				8,53 US\$/hr
	Ayudante Operador	:	3,560	\$/ hr				
COSTO HORARIO SIN GASTOS GENERALES Y UTILIDAD								65,09 US\$/hr
	GASTOS GENERALES	:	5%					3,25 US\$/hr
	UTILIDAD	:	10%					6,51 US\$/hr
COSTO HORARIO TOTAL								74,85 US\$/hr

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Determinación de costo de EPPs.

COSTO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL				
DESCRIPCIÓN	CANT.	P.U.	VIDA ÚTIL	COSTO
		US\$	(Tareas)	US\$/Tarea
BOTAS DE JEBE	1	25,23	75	0,3364



GUANTES DE CUERO	1	4,32	20	0,2158
MAMELUCOS DENNIN AZUL 14 onz	1	24,42	180	0,1356
CASCO TIPO SOMBRERO	1	19,42	360	0,0540
BARBIQUEJO	1	1,08	90	0,0120
RESPIRADOR 3M 7500	1	30,58	60	0,5096
CORREA DE CUERO PORTALAMPARA	1	4,87	240	0,0203
TAPON AURICULAR DE SILICONA	1	1,32	30	0,0441
LENTES DE SEGURIDAD STEEL PRO SAFETY	1	3,23	90	0,0359
TAFILETE	1	6,40	180	0,0356
FILTRO 7093 P100 P/RESPIRADOR 3M POLVO	2	9,35	7	2,6721
ZAPATO DE CUERO PTA ACERO	1	23,38	240	0,0974
TOTAL				4,1689

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Costo de herramienta y materiales

COSTO DE HERRAMIENTAS Y MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	P.U US\$	VIDA ÚTIL (Tareas)	COSTO x US\$/Tarea
BARRETILLA DE 4'	Par	2	25,46	90	0,5658
BARRETILLA DE 6'	Par	2	25,46	90	0,5658
BARRETILLA 8'	Par	2	30,59	90	0,6797
BARRETILLAS DE 10, 12'	Par	2	33,09	90	0,7354
COMBA DE 6 Lb	Und	1	14,85	90	0,1650
FLEXOMETRO METÁLICO DE Ms	Und	1	5,76	60	0,0959
PINTURA SPRAY (MARCADO DE MALLA)	Und	1	2,70	15	0,1799
LLAVE FRANCESA # 14	Und	1	31,83	360	0,0884
LLAVE STILSON DE # 14	Und	1	24,83	360	0,0690
LAMPA MINERA TIPO CUCHARA	Und	1	11,83	90	0,1315
PICO DE ACERO DE DOS PUNTAS	Und	1	10,54	90	0,1171
GUIADORES	Und	3	5,40	60	0,2698
OTROS 15 % DEL TOTAL					0,5495
TOTAL					4,2128

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Costo de aceros de perforación

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U. (US\$)	VIDA UTIL (P.P)	COSTO (US\$/Tarea)
BARRA CONICA DE 7/8" x 8'	und	0,45	240,50	1500	0,0722
BROCA BOTONES 7/8" x 38mm	und	0,55	58,39	250	0,1285
CHANK	und	0,45	59,47	250	0,1070
MANGERA DE JEBE DE Ø 2"	m	100,00	5,11	25000	0,0204
MANGERA DE JEBE DE Ø1"	m	100,00	9,84	25000	0,0394
TOTAL					0,3674

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 22. Estructura de precio unitario.

PRECIO UNITARIO DE PERFORACIÓN EN REALCE CON MINI JUMBO MUKI							
TIPO	PERFORACIÓN MECANIZADA						
ANCHO DE MINADO	2	M	N° Taladros:	185	Tal.		
LONGITUD DE CORTE	196,00	M	B =	0,80	uni		
LONGITUD DE PERFORACION	8,00	pies	E =	0,80	uni		
ALTURA DE CORTE	2,20	M	Eficiencia perforación	95	%		
PESO ESPECIFICO	3,1	Tn/m³	Pie perforado	1480	PP		
BUZAMIENTO	75°		Toneladas	2673,4	ton		
EQUIPO	MINI JUMBO MUKI						
ITEM	DESCRIPCION	INCIDENCIA	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	UNIDADES	SUBTOTAL US\$	TOTAL US\$/PP
1.- MANO DE OBRA							
	OPERADOR DEL JUMBO	1,29	Tarea	52,19	US\$/Tarea	67,06	
	AYUDANTE DE JUMBO	1,29	Tarea	37,38	US\$/Tarea	48,03	
						115,09	0,08
2.- EEPs							
	OPERADOR DEL JUMBO	1,29	Tarea	7,15	US\$/Tarea	9,19	
	AYUDANTE DE JUMBO	1,29	Tarea	7,15	US\$/Tarea	9,19	
						18,38	0,01
4.- ACEROS DE PERFORACION							
	BROCA BOAR 38 mm	1080	pp	0,39	US\$ / pie	421,48	
	BARRA DE PERFORACIÓN DE 8'	1080	PP	0,07	US\$/pie	77,92	
	SHANK T38	1080	pp	0,48	US\$/pie	515,15	
						1014,55	0,69
5.- MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
	HERRAMIENTAS DEL OPERADOR	1	Tarea	4,21	US\$/Tarea	4,21	
						4,21	0,004
6.- EQUIPOS DE PERFORACIÓN							
	MINI JUMBO MUKI	5,00	h-m	56,56	US\$ / h-m	282,80	
						282,80	0,19
A.- SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS						1435,03	0,97
7.- COSTOS INDIRECTOS							
	Contingencias y prevención de pérdidas	3,00%			US\$	43,05	0,03
	Gastos Generales	5,00%			US\$	71,75	0,05
	Utilidad	10,00%			US\$	143,50	0,10
B.- SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS						258,31	0,17
TOTAL COSTO POR PIE PERFORADO(US\$/PP)							1,14

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6 Análisis comparativo de los rendimientos de perforación por equipos

Comparación de rendimientos de perforación por equipos

En el siguiente análisis se realizó en el Tj 850 – W donde se perforaron 351 taladros se perforaron con equipo Mini jumbo Muki, se detalla el resultado comparativo de los rendimientos y consumo de aceros de perforación y cuánto tiempo se hubiera demorado en realizarlo con el equipo Stoper.

Longitud del tajo	: 178 m
Ancho promedio de la veta	: 1,3 m
Densidad de mineral	: 3,10 Tn/ m ³
Altura de corte	: 2,20 m
Malla de perforación	: 0,80 m x 0,80m

Tomando en consideración los rendimientos de perforación por hora de los equipos

Mini Jumbo Muki : 37 taladros /hora de 8 pies de longitud

Stoper : 12 taladros/hora de 8 pies de longitud

Considerando los 351 taladros perforados, realizando con la máquina perforadora Stoper.

1h-----12 taladros/hora

X-----351 taladros

Donde:

$X = 29,25$ horas

$29,5 \text{ horas} / 5 \text{ horas/gdia} = 5,6 \equiv 6 \text{gdias}$

Sin embargo, el tiempo efectivo de perforación por guardia es de 5 horas.

La perforación con el equipo Mini Jumbo Muki de los 351 taladros se realizó en 9,49 horas, es decir 2 guardias de 5 horas.

En conclusión, el resultado es considerable con una diferencia de 4 guardias.

Comparación de consumo de aceros de perforación

El consumo de aceros en la perforación del Tj 850 – W ver en la siguiente tabla.

Tabla 23. Consumo de los aceros de perforación.

COMPARACIÓN DE COSTOS DE ACEROS DE PERFORACIÓN				
Descripción	Stoper	Costo (US\$)	Jumbo Muki	Costo (US\$)
N° de Taladros	351	-	351	-
N° de Taladros/hora	12	-	37	-
Brocas (38mm)	13	299	10	550
Barra de 4 pies	3	295,32	-	-



Barra de 6 pies	2	156,9	-	-
Barra de 8 pies	1	86,51	2	219,3
Shank	-	112,3	1	-
Total		950,03		769,3

Fuente: Elaboración propia

4.2 Discusión de los resultados

4.3.1 Resumen de pruebas en la perforación de los tajos en realce, con Mini Jumbo Miki

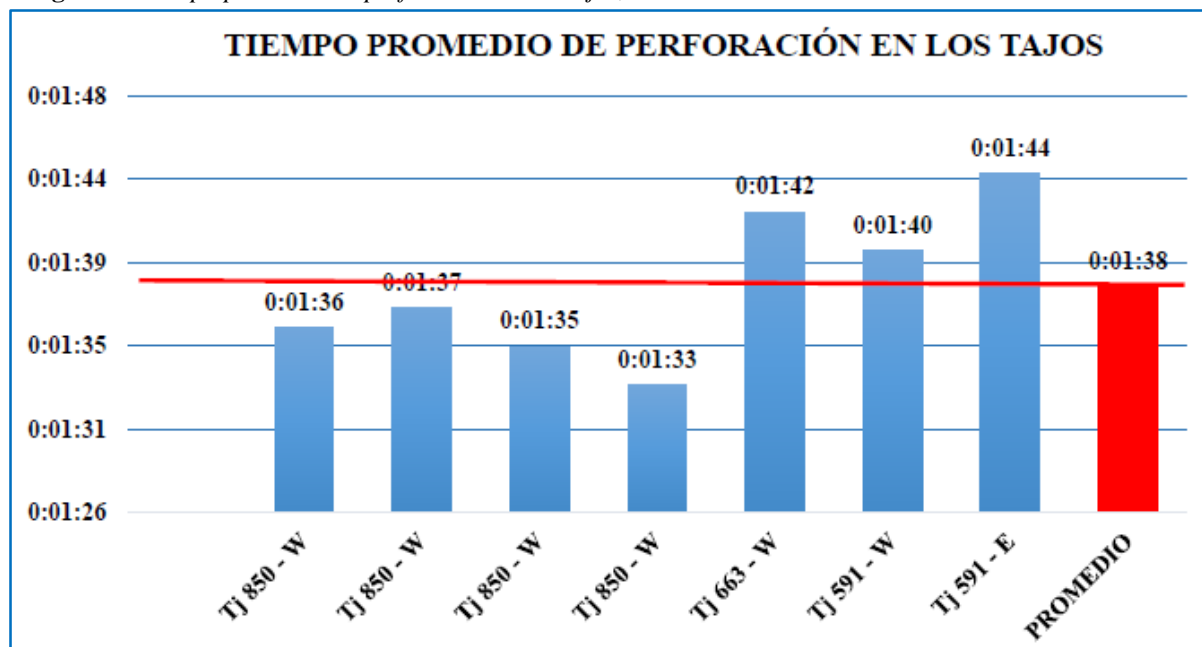
De acuerdo a los datos tomados en el campo (in – situ), durante las 7 pruebas se puede determinar los siguientes datos, los cuales se aprecian en la siguiente tabla.

Tabla 24. Resumen de las pruebas en los tajos con el Equipo Mini Jumbo Muki.

Nº DE PRUEBAS	FECHA	TURNO	TAJO	Nº DE TALADAROS	TIEMPO PROMEDIO DE PERFORACIÓN	TIEMPO TOTAL DE PERFORACIÓN	RENDIMIENTO HORARIO (Tal/h)
1	4/11/2016	D	Tj 850 - W	85	00:01:36	02:16:34	37
2	4/11/2016	N	Tj 850 - W	115	00:01:37	03:05:07	37
3	5/11/2016	D	Tj 850 - W	80	00:01:35	02:06:50	38
4	5/11/2016	N	Tj 850 - W	71	00:01:33	01:49:50	35
5	2/12/2016	D	Tj 663 - W	92	00:01:42	02:33:44	35
6	15/12/2016	N	Tj 591 - W	166	00:01:40	04:36:01	36
7	20/12/2016	D	Tj 591 - E	85	00:01:44	02:27:38	36
PROMEDIO					00:01:38	02:42:15	36

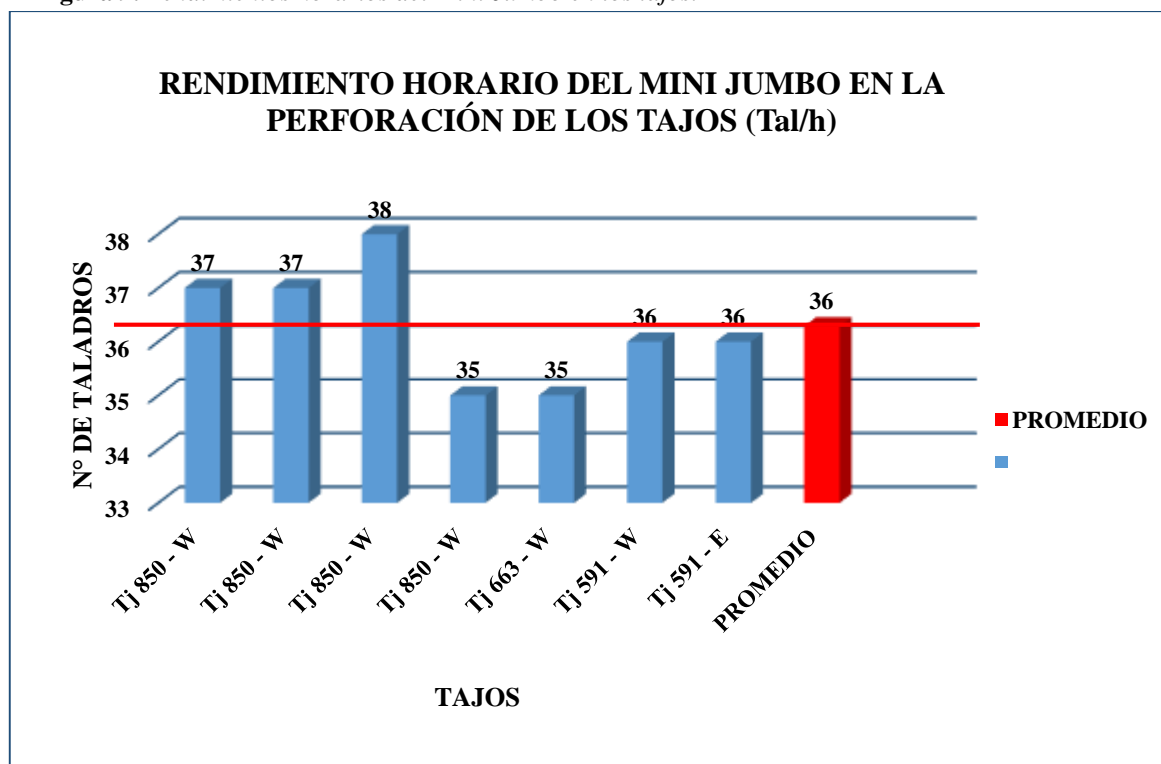
Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Tiempo promedio de perforación de los tajos, con Mini Jumbo Muki.



Fuente: Elaboración propia

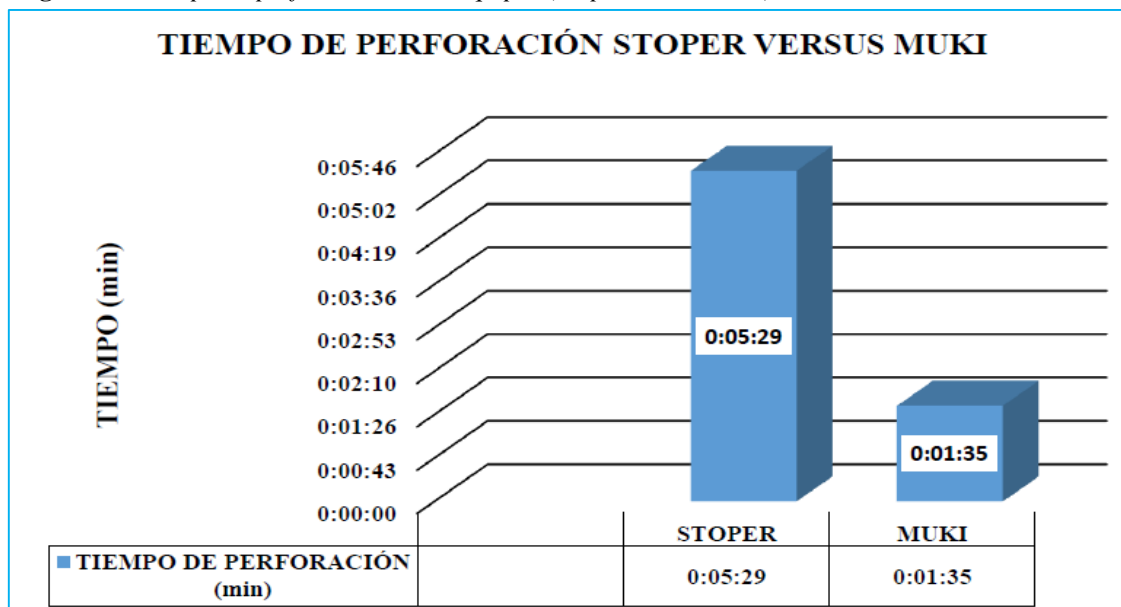
Figura 9. Rendimientos horarios del Mini Jumbo en los tajos.



Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Resumen de rendimientos de perforación (Stoper versus Mini jumbo muki)

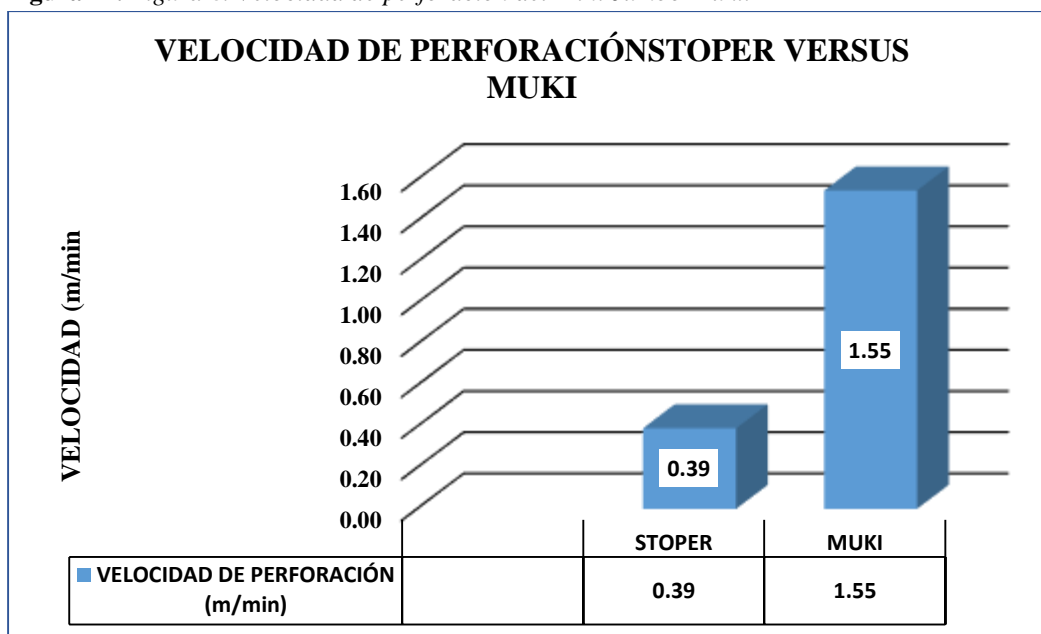
Figura 10. Tiempo de perforación de los equipos (Stoper versus Muki).



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Se muestra en la figura 7. El tiempo de perforación del equipo Mini jumbo Muki, respecto a la perforadora manual Stoper es de 00:01:35.

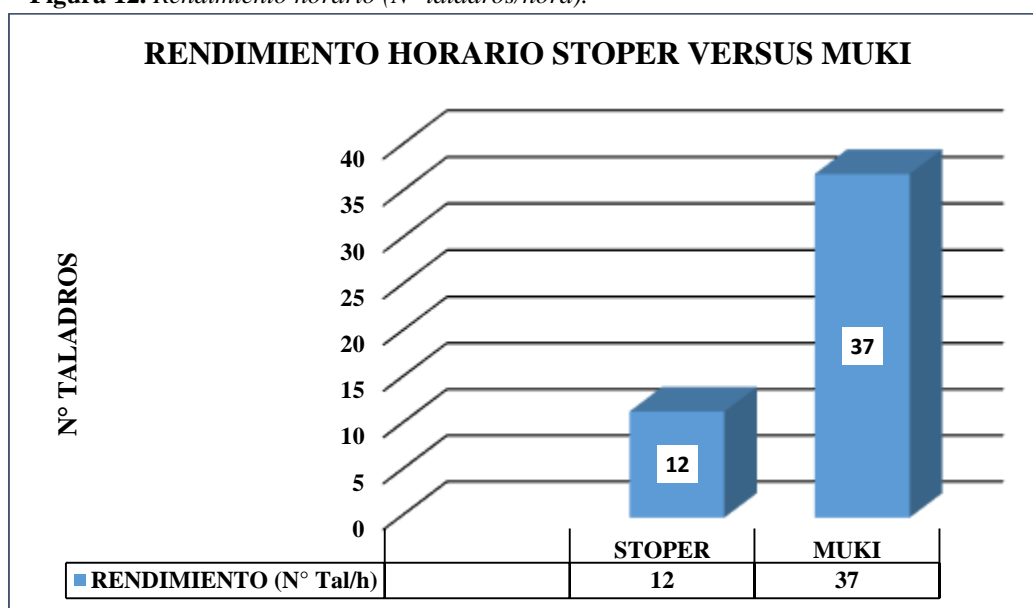
Figura 11. Figura 8. Velocidad de perforación del Mini Jumbo Muki.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la siguiente figura se muestra la velocidad de perforación promedio del equipo Mini Jumbo Muki, con respecto a la perforadora manual Stoper, es de 1,55 m/min.

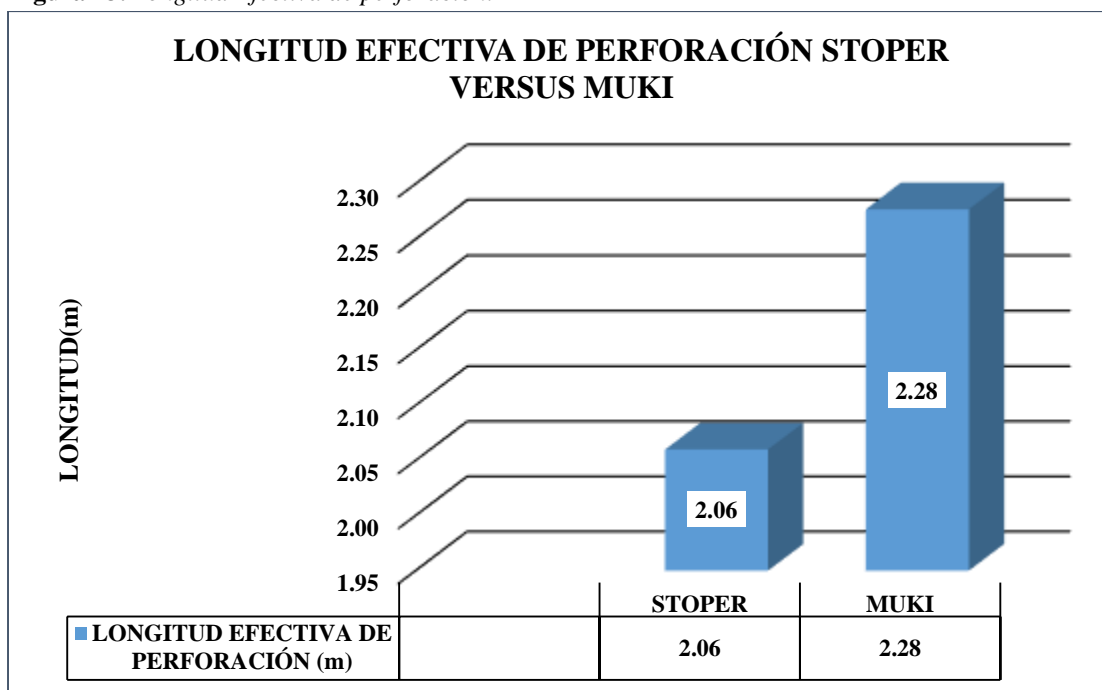
Figura 12. Rendimiento horario (N° taladros/hora).



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 9. Se aprecia el rendimiento horario del Mini Jumbo Muki es de 37 taladros por hora, con respecto a la perforadora manual Stoper que es de 12 taladros por hora.

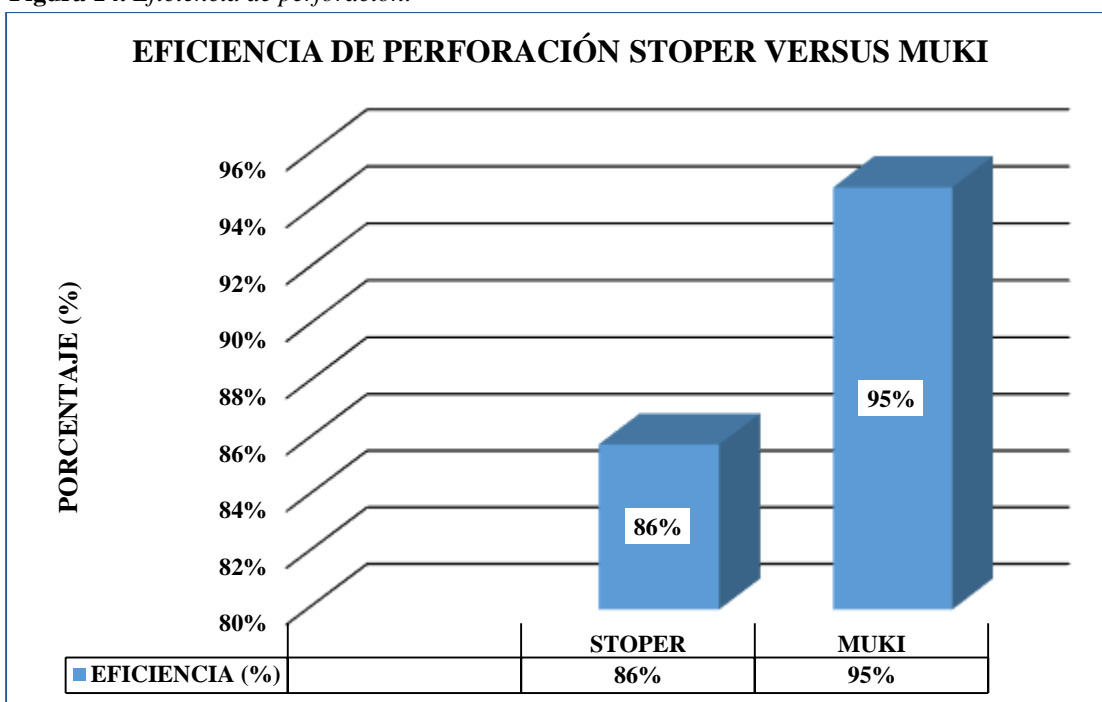
Figura 13. Longitud Efectiva de perforación.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 10. Se observa la longitud efectiva de perforación con el equipo Mini Jumbo Muki es de 2,28m.

Figura 14. Eficiencia de perforación.



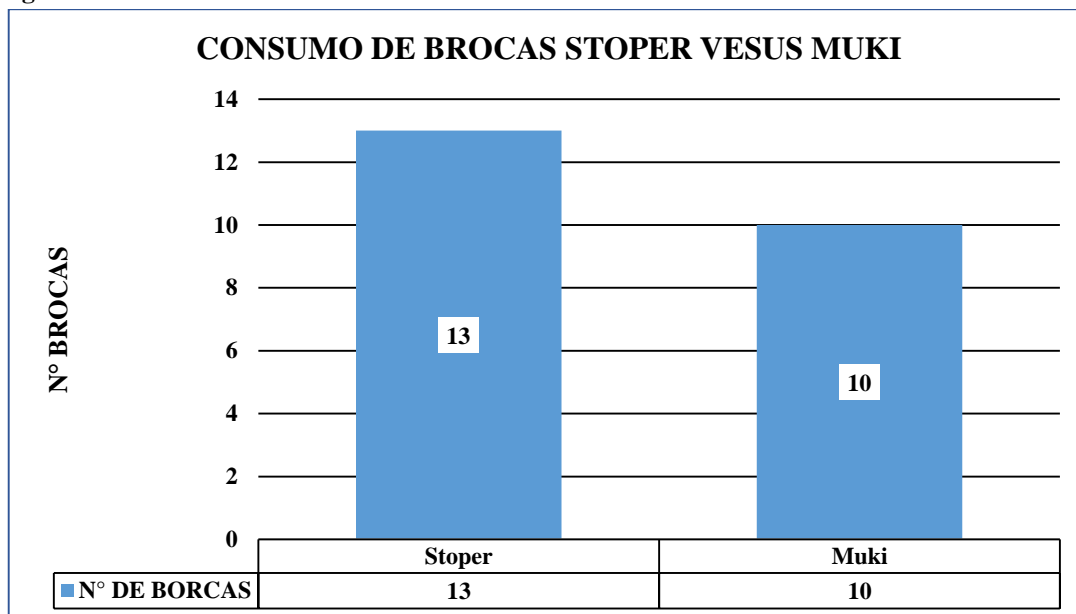
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 11 se aprecia la eficiencia de perforación, resaltando el equipo Mini Jumbo Muki con una eficiencia de 95%, con respecto a la perforadora Stoper.

4.3.3 Indicadores de consumo de aceros de perforación

Los indicadores de consumo de aceros de perforación se aprecian en las siguientes figuras:

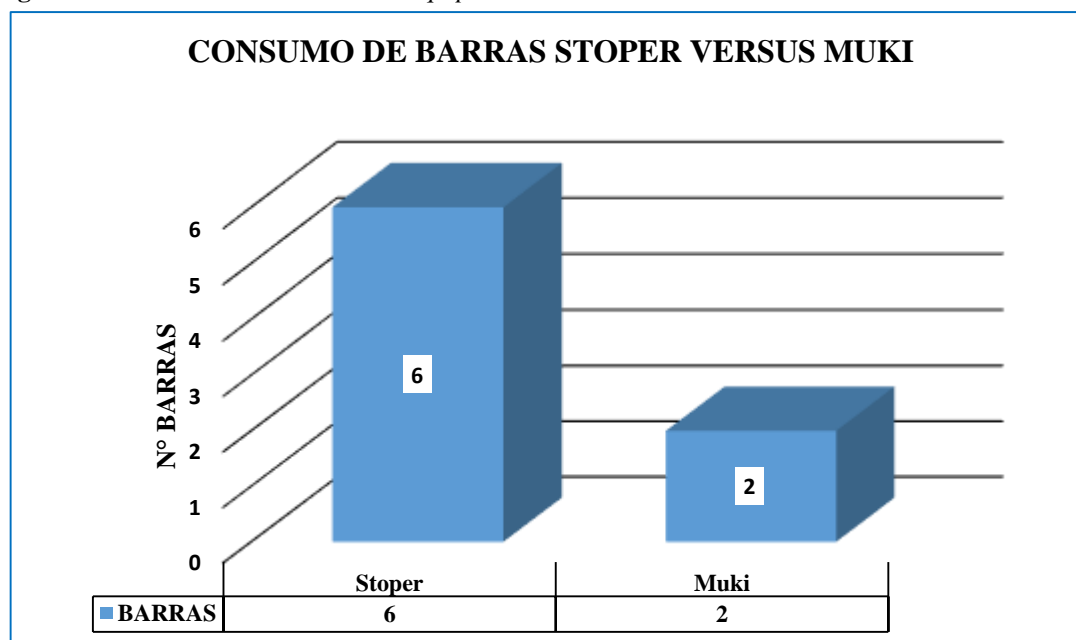
Figura 15. Consumo de brocas.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Podemos apreciar de la figura el consumo de brocas por el Mini Jumbo Muki es menor, con respecto al Stoper.

Figura 16. Consumo de barras de los equipos.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 13 se aprecia el consumo de barras de perforación por el equipo Mini Jumbo Muki es menor, con respecto a la perforadora Stoper.

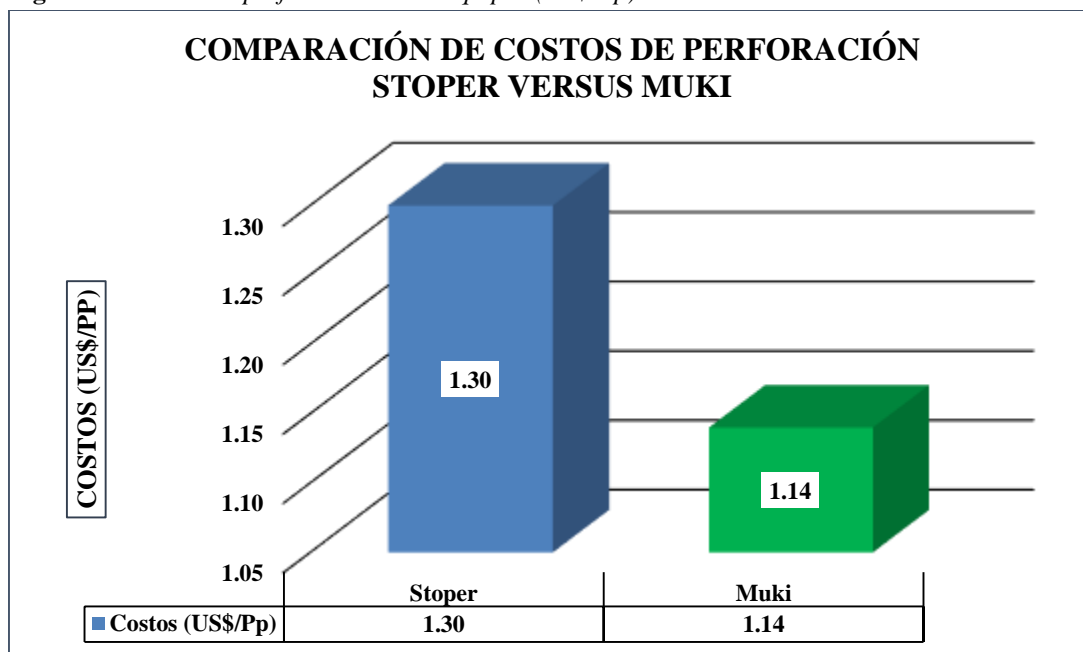
4.3.4 Indicadores de costos de perforación (US\$ /Pie perforado)

Tabla 25. Costo total de perforación por pie.

Equipos	Costos (US\$/Pp)
Stoper	1,30
Muki	1,14

Fuente: Elaboración propia.

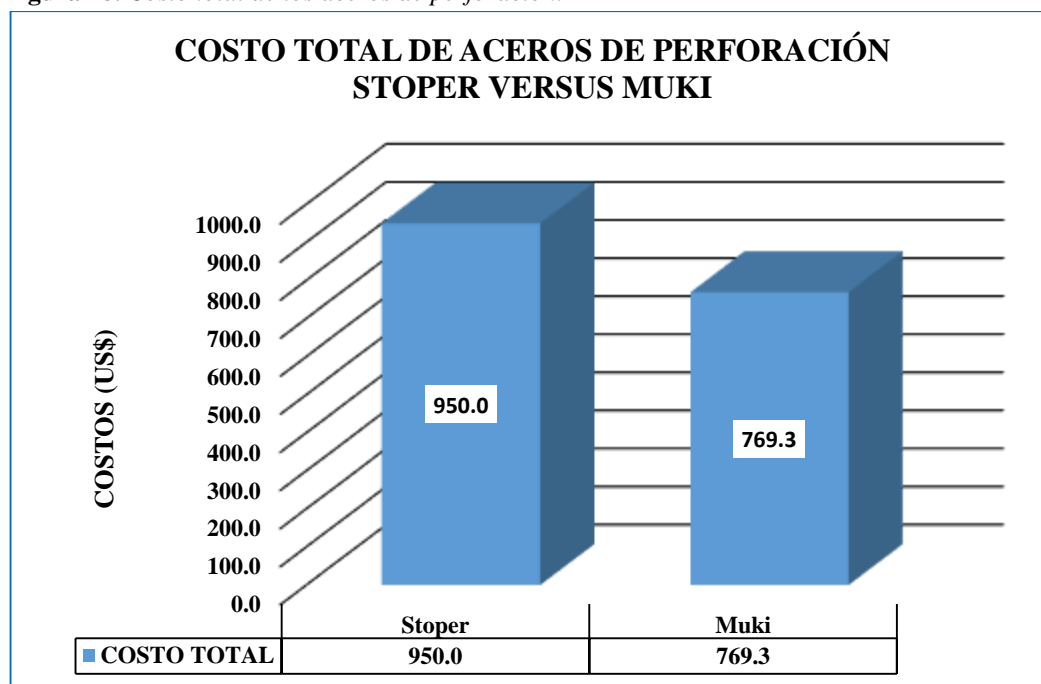
Figura 17. Costos de perforación de los equipos (US\$/Pp).



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Podemos apreciar de la siguiente figura 14. Que el costo de perforación por pie perforado ha disminuido en 12,31 % con el empleo del equipo Mini Jumbo Muki que se de 1,14 US\$/Pp.

Figura 18. Costo total de los aceros de perforación.



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Al realizar la comparación del costo total de aceros de perforación, entre los equipos de perforación en el TJ 850, es mayor con la perforadora manual Stoper.

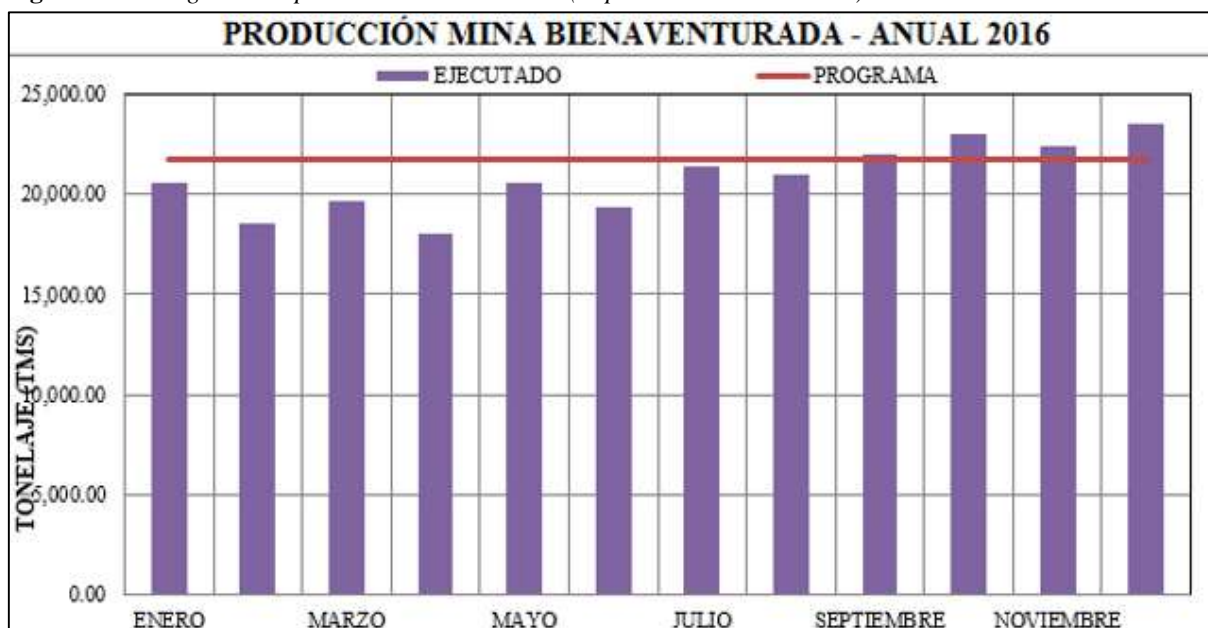
4.3.5 Resumen de producción anual por equipos

4.3.5.1 Resumen de producción año 2016 (Explotación convencional)

Tabla 26. Resumen de producción por meses (2016), con la perforadora Stoper).

MES	PROGRAMA		EJECUTADO		DIFERENCIA ACUM.
	DÍA	ACUM.	DÍA	ACUM.	
ENERO	21,700	21,700	20,588.60	20,588.60	-1,111.40
FEBRERO	21,700	43,400	18,553.30	39,141.90	-4,258.10
MARZO	21,700	65,100	19,685.50	58,827.40	-6,272.60
ABRIL	21,700	86,800	17,985.30	76,812.70	-9,987.30
MAYO	21,700	108,500	20,546.60	97,359.30	-11,140.70
JUNIO	21,700	130,200	19,335.60	116,694.90	-13,505.10
JULIO	21,700	151,900	21,325.60	138,020.50	-13,879.50
AGOSTO	21,700	173,600	20,968.50	158,989.00	-14,611.00
SETIEMBRE	21,700	195,300	21,953.60	180,942.60	-14,357.40
OCTUBRE	21,700	217,000	22,986.50	203,929.00	-13,071.00
NOVIEMBRE	21,700	238,700	22,363.00	226,292.10	-12,407.90
DICIEMBRE	21,700	260,400	23,512.60	249,804.70	-10,595.30
TOTAL			249,804.70		-125,197.30

Fuente: Planeamiento mina Caudalosa S.A.

Figura 19. Histograma de producción del año 2016 (Explotación convencional).

Fuente: Planeamiento mina Caudalosa S.A.

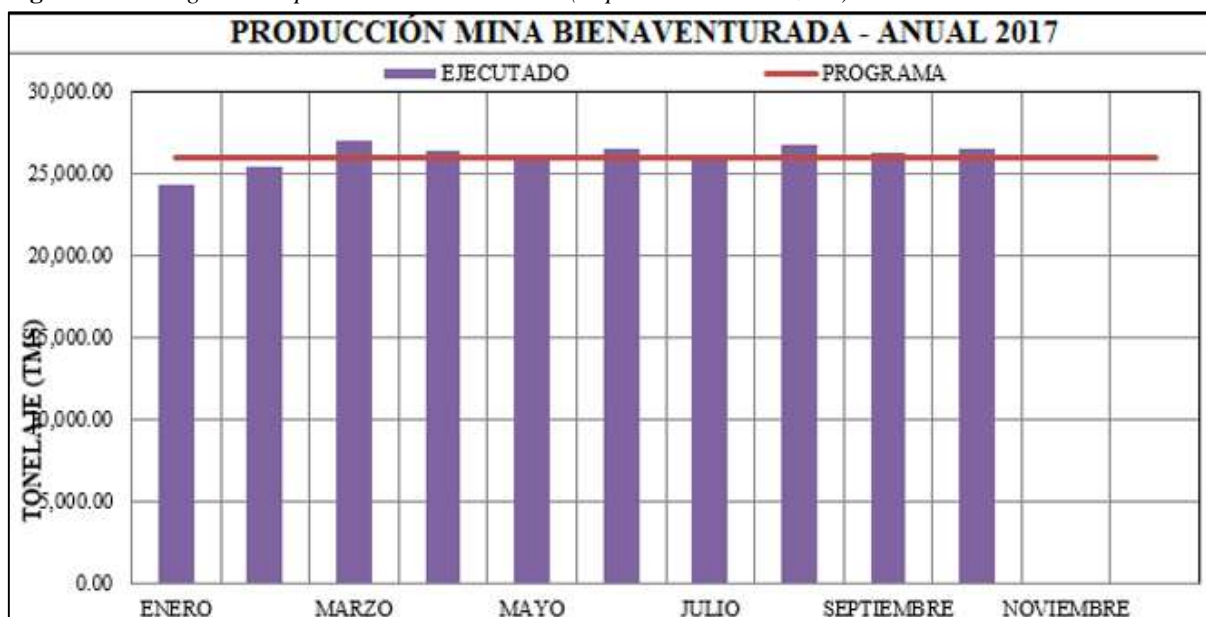
4.3.5.2 Resumen de producción año 2017(Explotación mecanizada)

Tabla 27. Resumen de producción mensual (2017), con equipo Mini Jumbo Muki.

MES	PROGRAMA		EJECUTADO		DIFER. ACUM.
	MES	ACUM.	MES	ACUM.	
ENERO	26,000	26,000	24,286.30	24,286.30	-1,713.70
FEBRERO	26,000	52,000	25,369.30	49,655.60	-2,344.40
MARZO	26,000	78,000	26,951.60	76,607.20	-1,392.80
ABRIL	26,000	104,000	26,356.30	102,963.70	-1,036.30
MAYO	26,000	130,000	26,003.20	128,966.70	-1,033.30
JUNIO	26,000	156,000	26,443.20	155,409.90	-590.10
JULIO	26,000	182,000	26,112.20	181,522.10	-477.90
AGOSTO	26,000	208,000	26,763.20	208,285.30	285.30
SETIEMBRE	26,000	234,000	26,198.20	234,483.50	483.50
OCTUBRE	26,000	260,000	26,542.30	261,025.80	1,025.80
NOVIEMBRE	26,000	286,000	0.00		
DICIEMBRE	26,000	312,000	0.00		
TOTAL			261,025.80	1,423,206.10	

Fuente: Planeamiento mina Caudalosa S.A.

Figura 20. Histograma de producción del año 2018 (Explotación mecanizada).



Fuente: Planeamiento mina Caudalosa S.A.

Entre la Tabla 27 y Figura 20, se puede apreciar la evolución de la producción ejecutada en el año 2017 (Explotación convencional) y el año 2018 (Explotación mecanizada), obteniendo el incremento de producción mensual, alcanzando la producción diaria de 850 toneladas como mínimo, gracias a la producción generada con el equipo Mini Jumbo Muki.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Los resultados obtenidos mediante las pruebas realizadas, fueron satisfactorias, para demostrar que el rendimiento del equipo Mini Jumbo Muki es mayor al rendimiento con la perforadora manual Stoper, la cantidad de taladros perforados por hora es básicamente de 37 Taladros/hora, con un tiempo de 1,35 minutos. /Taladro, que disminuye el tiempo de perforación en un 74, 48 % con respecto a la perforadora manual Stoper que es de 5,29 minutos/taladro.

La producción diaria de 700 Ton. /día, se incrementó a 850 Ton. /día de mineral (Significa incrementar la producción anual de 250000 Ton. a 300000 Ton. de mineral), gracias a la producción ejecutada con Mini Jumbo Muki.

2. Queda demostrado que, con la mecanización del ciclo de perforación en los Tajeos de vetas angostas, los costos de perforación en realce con el equipo Mini Jumbo Muki es de 1.14 US\$/Pie perforado, que disminuye en un 12,31 % con respecto a la perforadora manual Stoper 1,30 US\$/pie perforado.
3. La eficiencia de perforación del equipo Mini Jumbo Muki en los tajos de producción es 95 %, más eficiente que la perforadora manual Stoper.

5.2 Recomendaciones

1. Para optimizar el tiempo de perforación en los tajos de producción, capacitación constante a los operadores en temas de operación del Mini Jumbo muki, por parte de la empresa Resemin S.A.
2. Para optimizar los costos de aceros de perforación, se debe Implementar el equipo de afilador de brocas.



3. Para tener mayor flexibilidad en el proceso de minado se recomienda en un futuro cambiar el tipo de relleno actual (Relleno detrítico), por un relleno hidráulico.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNAOLA A., José, CASTILLA G., Jorge y HERRERA H., Juan. (2013).** *Perforación y Voladura de Rocas en Minería*. Madrid : Universidad Politécnica de Madrid.
- CLEMENTE Y., Tomas y CLEMENTE L., José. (2009).** *Análisis de Costos de Operación en Minería Subterránea y Evaluación de Proyectos Mineros*. Huancayo : Edición Gráfica Industrial E.I.R.L.
- Exsa. (2014).** *Manual Práctico de Voladura*. Lima : Edición especial.
- LINGAN M., Miguel Ángel. (2001).** *Factibilidad de Macanización en Minería Aurífera de Vetas Angostas Cia. Minera Poderosa S.A.* Lima : Universidad Nacional de Ingeniería.
- LLanque Maquera, Oscar E y Navarro Torres, Vidal F. (1999).** *Explotación Subterránea - Métodos y Casos Prácticos*. Lima : Universidad Nacional del Altiplano.
- López Arancibia, Yony Broncano. (2012).** *Optimización del Método de Explotación Corte y Relleno Ascendente para Incrementar la Producción en la Compañía minera Cobre Nazca Unidad Santa - Ana*. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú.
- López Jimeno, Carlos, López Jimeno, Emilio y Garcia Bermudez, Pilar. (2003).** *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*. Madrid : Edición Arias Montano, 9788496140035.
- López, Carlos. (1994).** *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*. Madrid : I. Izquierdo, S.A., 8478401644.
- Maccha V., Julio Cesar. (2018).** *Selección y Rendimiento de Equipo Pesado en la Mina Subterránea de Compañía Minera Atacocha S.A.A.* Cerro de Pasco : Universidad Nacional de Daniel Alcides Carrión.
- Mamani N., Irving Rony. (2016).** *Análisis y Optimización de Costos de Perforación y Voladura en la Construcción del Canal San Antonio de Miña*. Puno : Universidad Nacional del Altiplano.
- MAYTA L., Máximo V. (1999).** *Maquinaria Minera I*. Cusco : Universidad Nacional San Abad del Cusco.
- QUISPE Y., Jesús. (2017).** *Evaluación de Columnas de Perforación de Equipos Sandvik y Atlas Copco en las Operaciones de Up. Andaychagua Volcan S.A.A.* Ayacucho : Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
- RESEMIN S.A. (2014).** *Manual de Operación - Muki*. Lima : s.n.
- UNI. (1992).** *Metodología de Costos de Operaciones en Minería*. Lima : s.n.
- Ynquilla M., Jairsino. (2018).** *Diseño de Mallas de Perforación para la Estandarización del Frente de Galería de Desarrollo Nivel Intermedio de la Corporación Ananea S.A.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano.



ANEXOS



ANEXO N° 1.

Figura: UBICACIÓN DE LA COMPAÑÍA MINERA CAUDALOSA S.A.



Fuente: Área de Geología de CMC S.A.

ANEXO N° 3.

**ESTUDIO DE TIEMPOS DE PERFORACIÓN CON LA PERFORADORA CONVENCIONAL STOPER
EN REALCE DEL TJ 850 – W.**


		<p align="center">ESTUDIO DE TIEMPOS DE LA PERFORADORA NEUMÁTICA CONVENCIONAL STOPER. EN LA PERFORACIÓN EN REALCE DEL TJ 850 - W</p>	
FECHA	: 25/10/16	EQUIPO	: STOPER
LABOR	: Tj 850 - W	MAESTRO PERFORISTA	: JAIME CASTRO
NIVEL	: 4330	AYUDANTE PERFORISTA	: HILARIO DONATO
GUARDIA	: A	JEFE DE GUARDIA	: ING. JOSÉ L. VILLEGAS .A.
TURNO	: DÍA	ASISTENTE DE MINA	: ROLANDO CHUYMA RIVEROS

Tabla 28. *Datos operativos de la labor.*

Parámetros	Cantidad	Unidades
Tipo de Roca	Andesita	
Equipo de perforación	Stoper RNP 250	
Longitud del tajeo	200	m
Potencia del tajeo	1.2	m
Tipo de perforación	Realce	
Diametro de perforación	38	mm
Tiempo de perforación por taladro	00:05:46	min
Longitud del barreno	2.438	m
Longitud efectiva de perforación	2.12	m
Eficiencia de perforación	88.42	%
Densidad del mineral	3.1	gr/cc
Burden	0.8	m
Espaciamiento	0.8	m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. *Tiempos muertos antes de la operación con la perforadora manual Stoper.*

Observación	Tiempo
Charla de seguridad	00:30:00
Traslado a la mina	00:18:00
Reparto de guardia interior mina	00:27:00
Traslado a la labor	00:10:00
Inspección del labor y equipos	00:30:10
Rellenado de las herramientas de gestión	00:20:00
Regado y desatado de rocas sueltas	00:40:12
Traslado al comedor	00:15:23
Traslado a la mina	00:14:13
Caminata al labor	00:04:34
Total	03:29:32

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Control de tiempos durante la perforación del Tj 850 - W, con la perforadora manual Stoper.

N° Taladros	Tiempo de Posición (min)	Tiempo de Penetración (min)				Tiempo de Salida y Empate (min)				Tiempo del Ciclo (min)	Long. de Taladro (m)
	Empate	2 Pies	4 Pies	6 Pies	8 Pies	2 Pies	4 Pies	6 Pies	8 Pies		
1	00:00:54	00:00:43	00:01:02	00:01:04	00:00:57	00:00:32	00:00:22	00:00:28	00:00:45	0:06:47	1.87
2	00:00:36	00:00:57	00:01:08	00:00:59	00:00:41	00:00:17	00:00:18	00:00:28	00:00:18	0:05:42	2.08
3	00:00:21	00:01:02	00:01:05	00:00:56	00:00:42	00:00:19	00:00:23	00:00:31	00:00:20	0:05:39	1.90
4	00:00:32	00:01:29	00:00:52	00:01:08	00:01:14	00:01:09	00:00:28	00:00:32	00:00:15	0:07:39	1.96
5	00:00:28	00:01:09	00:00:47	00:00:55	00:00:49	00:00:19	00:00:21	00:00:47	00:00:32	0:06:07	2.22
6	00:00:35	00:01:20	00:00:31	00:01:05	00:00:55	00:00:20	00:00:37	00:00:35	00:00:19	0:06:17	2.30
7	00:00:19	00:00:54	00:00:36	00:01:08	00:01:23	00:00:21	00:00:21	00:00:20	00:00:23	0:05:45	2.35
8	00:00:26	00:00:42	00:01:01	00:01:06	00:00:43	00:00:15	00:00:24	00:00:27	00:00:19	0:05:23	2.05
9	00:00:19	00:00:38	00:00:43	00:01:04	00:00:48	00:00:18	00:00:12	00:00:18	00:00:14	0:04:34	2.09
10	00:00:22	00:01:00	00:00:47	00:00:53	00:01:00	00:00:16	00:00:11	00:00:14	00:00:12	0:04:55	1.80
11	00:00:53	00:01:02	00:01:04	00:00:59	00:01:10	00:00:21	00:00:19	00:00:13	00:00:15	0:06:16	2.20
12	00:00:37	00:00:46	00:00:43	00:00:49	00:00:59	00:00:22	00:00:21	00:00:12	00:00:14	0:05:03	2.31
13	00:00:22	00:00:48	00:00:56	00:00:51	00:01:11	00:00:23	00:00:13	00:01:16	00:00:12	0:06:12	2.23
14	00:00:20	00:00:44	00:01:04	00:01:06	00:00:46	00:00:15	00:00:15	00:00:18	00:00:17	0:05:05	2.33
15	00:00:12	00:00:59	00:01:01	00:01:03	00:00:47	00:00:12	00:00:11	00:00:23	00:00:12	0:05:00	2.30
16	00:00:21	00:00:45	00:00:53	00:01:24	00:00:50	00:00:14	00:00:19	00:00:16	00:00:20	0:05:22	2.11
17	00:00:16	00:01:01	00:01:03	00:00:54	00:01:09	00:00:19	00:00:13	00:00:11	00:00:10	0:05:16	2.30
18	00:00:20	00:00:49	00:01:01	00:00:57	00:00:54	00:01:10	00:00:14	00:00:17	00:00:13	0:05:55	2.02
19	00:00:43	00:00:44	00:01:07	00:01:00	00:01:10	00:00:18	00:00:16	00:00:15	00:00:12	0:05:45	2.04
20	00:00:25	00:00:47	00:01:04	00:01:02	00:01:01	00:00:24	00:00:11	00:00:14	00:00:16	0:05:24	2.33
21	00:00:38	00:00:40	00:01:01	00:00:54	00:00:47	00:00:23	00:00:16	00:00:17	00:00:12	0:05:08	2.35
22	00:00:31	00:01:08	00:00:58	00:01:01	00:00:59	00:00:12	00:00:18	00:00:14	00:00:13	0:05:34	2.16
23	00:00:27	00:01:04	00:00:57	00:01:08	00:01:02	00:00:18	00:00:20	00:00:21	00:00:27	0:06:04	2.16
24	00:00:40	00:01:10	00:01:02	00:00:47	00:00:46	00:00:15	00:00:18	00:00:23	00:00:28	0:05:49	2.31
25	00:00:33	00:00:59	00:01:04	00:01:09	00:00:48	00:00:21	00:00:16	00:00:17	00:00:12	0:05:39	2.25



26	00:00:18	00:01:08	00:00:49	00:00:55	00:00:58	00:00:12	00:00:11	00:00:18	00:00:16	0:05:05	2.08
27	00:00:15	00:01:12	00:01:01	00:00:45	00:01:14	00:00:16	00:00:13	00:00:25	00:00:15	0:05:36	2.14
28	00:00:17	00:01:08	00:01:07	00:01:08	00:01:09	00:00:20	00:00:15	00:00:18	00:00:17	0:05:59	2.28
29	00:00:46	00:00:47	00:01:00	00:01:10	00:01:01	00:00:13	00:00:16	00:00:14	00:00:13	0:05:40	2.21
30	00:00:30	00:01:13	00:01:06	00:00:55	00:00:47	00:00:25	00:00:13	00:00:19	00:00:17	0:05:45	2.11
31	00:00:18	00:01:16	00:00:47	00:01:09	00:00:49	00:00:21	00:00:23	00:00:34	00:00:11	0:05:48	2.10
32	00:00:11	00:01:07	00:00:53	00:00:57	00:00:58	00:00:17	00:00:21	00:00:31	00:00:12	0:05:27	2.14
33	00:00:19	00:00:58	00:01:10	00:01:03	00:01:11	00:00:26	00:00:16	00:00:30	00:00:15	0:06:08	2.23
34	00:00:23	00:01:07	00:00:59	00:01:02	00:01:04	00:00:13	00:00:17	00:00:18	00:00:21	0:05:44	2.02
35	00:00:25	00:01:03	00:01:18	00:00:51	00:01:15	00:00:14	00:00:14	00:00:13	00:00:18	0:05:51	2.19
Total		0:34:19	0:33:40	0:35:17	0:33:57	0:12:30	0:10:16	0:13:27	0:10:05	3:19:23	73.44
Promedio	00:00:27	00:00:59	00:00:58	00:01:00	00:00:58	00:00:21	00:00:18	00:00:23	00:00:17	00:11:05	2.16

Fuente: Elaboración propia.



Rango de intervalos

Límite superior (Tiempo máximo en perforar un taladro de 8 pies) $L_s = 00:07:39$

Límite inferior (Tiempo mínimo de perforar un taladro de 8pies) $L_i = 00:04:34$

$$\begin{aligned} \text{Rango (R)} \quad R &= L_s - L_i \\ R &= 00:07:39 - 00:04:34 \\ R &= 00:03:05 \end{aligned}$$

Número de intervalos (m)

$$m = 1 + 3,32 * \log(N)$$

Número de taladros (N)

$$N = 35$$

$$m = 1 + 3,32 * \log(35)$$

$$m = 6,13$$

Amplitud de intervalos (A)

$$A = R/m$$

$$A = 00:35:05 / 6,13$$

$$A = 00:00:31$$

Tabla 31. Cuadro estadístico para calcular el tiempo promedio en perforar un taladro, con la perforadora manual Stoper.

Tiempo (min)			Marca de clase (xi)	N° Tal. (fi)	hi (fi/n)	xixfi	xixhi	Long. de tal. (m)
0:04:34	-	0:05:05	0:04:49	4	0,114	0:19:18	00:00:33	32
0:05:05	-	0:05:36	0:05:20	7	0,200	0:37:22	00:01:04	56
0:05:36	-	0:06:07	0:05:51	18	0,514	1:45:19	00:03:01	72
0:06:07	-	0:06:37	0:06:22	4	0,114	0:25:28	00:00:44	32
0:06:37	-	0:07:08	0:06:53	1	0,029	0:06:53	00:00:12	8
0:07:08	-	0:07:39	0:07:24	1	0,029	0:07:24	00:00:13	8
total				35	1,00	3:21:43	00:05:46	208

Fuente: Elaboración propia

Tiempo promedio que toma en perforar un taladro de 8 pies $\Sigma (xi * hi) = 00:05:46$ (min)

Total, horas perforadas $\Sigma (xi * fi) = 03:21:43$ (h)

Velocidad de perforación (V_p)

$$V_p = \frac{208 * 0,3048 * 1h}{03:21:43 * 60}$$

$$V_p = 0,314 \text{ m/min} \equiv 1,03 \text{ pies/min.}$$

Rendimiento horario (R)

$$R = \frac{60 \text{ min}}{00:05:46 * 1h}$$

$$R = 10,40 \equiv 11 \text{ Taladros/hora}$$



Cálculo de longitud efectiva de perforación

Límite superior $L_s = 2,35$ Límite inferior $L_i = 1,80$ Rango (R) $R = L_s - L_i$

$$R = 0,55$$

Marca de clase (K) $K = 1 + 3,32 * \log(n)$ $n = N^\circ \text{ de taladros, } n = 35$

$$K = 6,1 \cong 7$$

Amplitud (A) $A = R / K$

$$A = 0,08$$

Tabla 32. Cuadro estadístico. Para calcular la longitud efectiva de perforación con la perforadora Stoper.

Tiempo (m)		Nº Taladros (fi)	$X_i (L_s - L_i) / 2$	hi (fi/n)	xi*fi	xi*hi
1,80	1,88	0	1,84	0,00	0,00	0,00
1,88	1,96	3	1,92	0,16	5,75	0,30
1,96	2,04	0	2,00	0,00	0,00	0,00
2,04	2,11	6	2,08	0,32	12,45	0,66
2,11	2,19	7	2,15	0,37	15,08	0,79
2,19	2,27	3	2,23	0,16	6,70	0,35
2,27	2,35	0	2,31	0,00	0,00	0,00
Total		19				2,10

Fuente: Elaboración propia

Longitud efectiva de perforación $\sum(xi*hi) = 2,10 \text{ m}$

Eficiencia de perforación (Ef): (Long. efectiva de perforación/ Longitud del barreno) * 100 %

$$Ef = (2,10 \text{ m} / 2,435\text{m}) * 100\%$$

$$Ef = 86,12 \%$$

Tabla 33. Datos técnicos del Tj 850 - W.

FECHA	: 26/10/16	EQUIPO	: STOPER
LABOR	: Tj 850 - W	MAESTRO PERFORISTA	: JAIME CASTRO
NIVEL	: 4330	AYUDANTE PERFORISTA	: HILARIO DONATO
GUARDIA	: A	JEFE DE GUARDIA	: ING. JOSÉ L. VILLEGAS .A.
TURNO	: DÍA	ASISTENTE DE MINA	: ROLANDO CHUYMA RIVEROS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Tiempos muertos antes de la perforación del Tj 850 - W.

Observación	Tiempo (min)
Charla de seguridad	00:30:00
Traslado a la mina	00:20:00
Reparto de guardia interior mina	00:25:00



Traslado al labor	00:10:00
Inspección del labor y equipos	00:20:10
Rellenado de las herramientas de gestión	00:20:00
Regado y desatado de rocas sueltas	00:40:12
Traslado al comedor	00:15:23
Traslado a la mina	00:14:13
Caminata al labor	00:08:34
Total	03:23:32

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. *Tiempos muertos durante la perforación del Tj 850 - W.*

Observación	Tiempo (min)
Visita del capataz	00:10:12
Cambio de broca	00:04:01
Seguridad de compañía	00:02:20
rotura de la manguera de agua	00:15:12
Total	00:31:45

Fuente: Elaboración propia



Tabla 36. Control de tiempos durante la perforación del Tj 850 – W con la perforadora manual Stoper.

N° de Taladros	Tiempo de Posición (min)	Tiempo de Penetración (min)				Tiempo de Salida y Empate (min)				Tiempo Total del Tiempo (min)	Long. De Perforación (m)
		2 Pies	4 Pies	6 Pies	8 Pies	2 Pies	4 Pies	6 Pies	8 Pies		
1	00:01:12	00:00:33	00:00:34	00:00:45	00:00:38	00:00:12	00:00:24	00:00:26	00:01:08	0:05:52	2,01
2	00:00:58	00:00:28	00:00:42	00:00:43	00:00:41	00:00:25	00:00:20	00:00:18	00:00:19	0:04:54	2,05
3	00:00:30	00:00:30	00:00:41	00:00:48	00:00:52	00:00:27	00:00:12	00:00:24	00:00:27	0:04:51	2,10
4	00:00:10	00:00:42	00:00:28	00:00:51	00:00:53	00:00:18	00:00:33	00:00:19	00:00:24	0:04:38	2,00
5	00:00:23	00:00:29	00:00:26	00:00:46	00:00:45	00:00:23	00:00:25	00:00:20	00:00:32	0:04:29	2,21
6	00:00:32		00:01:42	00:00:42	00:00:47		00:00:56	00:00:23	00:00:19	0:05:21	1,96
7	00:00:56		00:01:05	00:00:55	00:00:48		00:01:02	00:00:25	00:00:20	0:05:31	1,88
8	00:00:48		00:01:12	00:00:43	00:00:51		00:00:58	00:00:22	00:00:25	0:05:19	1,80
9	00:01:29	00:00:28	00:00:48	00:00:39	00:00:53	00:00:21	00:00:42	00:00:35	00:00:27	0:06:22	2,18
10	00:01:14	00:00:41	00:00:45	00:00:48	00:00:56	00:00:27	00:00:39	00:00:19	00:00:19	0:06:08	2,23
11	00:01:54	00:00:27	00:00:55	00:00:58	00:00:51	00:00:32	00:00:42	00:00:24	00:00:32	0:07:15	2,10
12	00:02:03	00:00:31	00:00:58	00:00:51	00:00:48	00:00:25	00:00:41	00:00:26	00:00:28	0:07:11	2,24
13	00:00:39		00:01:38	00:00:53	00:00:40		00:00:59	00:00:21	00:00:18	0:05:28	2,09
14	00:00:58		00:01:16	00:00:49	00:00:49		00:00:15	00:00:19	00:00:21	0:04:47	2,28
15	00:01:02		00:01:44	00:00:50	00:00:46		00:00:23	00:00:15	00:00:27	0:05:27	2,21
16	00:00:29		00:00:59	00:00:53	00:00:35		00:00:55	00:00:26	00:00:28	0:04:45	2,14
17	00:00:41	00:00:26	00:00:55	00:00:54	00:00:38	00:00:20	00:00:16	00:00:29	00:00:33	0:05:12	2,25
18		00:00:33	00:00:46	00:00:54	00:00:41	00:00:16	00:00:20	00:00:27	00:00:30	0:04:27	2,35
19	00:00:10	00:00:35	00:00:49	00:00:50	00:00:45	00:00:23	00:00:24	00:00:34	00:00:27	0:04:57	2,17
20	00:01:20	00:00:34	00:00:51	00:00:42	00:00:39	00:00:28	00:00:26	00:00:37	00:00:23	0:06:00	2,15
21	00:00:19	00:00:27	00:00:39	00:00:44	00:00:50	00:00:17	00:00:27	00:00:42	00:00:26	0:04:51	2,19
22	00:01:10	00:00:29	00:00:34	00:00:45	00:00:52	00:00:13	00:00:18	00:00:20	00:00:28	0:05:09	2,20
23	00:00:56	00:00:35	00:00:42	00:00:40	00:00:42	00:00:28	00:00:33	00:00:33	00:00:19	0:05:28	2,28
24	00:00:52	00:00:33	00:00:27	00:00:42	00:00:56	00:00:19	00:02:15	00:00:58	00:00:20	0:07:22	2,17
25	00:00:41	00:00:28	00:00:43	00:00:47	00:00:38	00:00:21	00:00:24	00:00:17	00:00:23	0:04:42	2,30
26		00:00:32	00:00:39	00:00:53	00:00:49	00:00:24	00:00:13	00:00:33	00:00:30	0:04:33	1,95



27	00:00:20	00:00:25	00:00:33	00:00:52	00:00:55	00:00:17	00:00:18	00:00:30	00:00:32	0:04:42	2,25
28	00:00:32	00:00:21	00:00:41	00:00:47	00:00:52	00:00:15	00:00:22	00:00:28	00:00:25	0:04:43	2,34
29	00:00:30	00:00:36	00:00:45	00:00:42	00:00:43	00:00:12	00:00:18	00:00:16	00:00:27	0:04:29	2,31
30	00:00:41	00:00:35	00:00:43	00:00:55	00:00:47	00:00:19	00:00:24	00:00:24	00:00:24	0:05:12	2,30
31	00:00:43	00:00:29	00:00:48	00:00:40	00:00:52	00:00:20	00:00:27	00:00:19	00:00:21	0:04:59	2,19
32	00:00:44	00:00:28	00:00:39	00:00:42	00:00:49	00:00:24	00:00:23	00:00:25	00:00:29	0:05:03	2,20
33	00:00:48	00:00:31	00:00:40	00:00:47	00:00:58	00:00:31	00:00:21	00:00:26	00:00:32	0:05:34	2,17
34	00:00:52	00:00:27	00:00:42	00:00:39	00:00:55	00:00:14	00:00:18	00:00:27	00:00:15	0:04:49	2,12
35	00:00:26	00:00:35	00:00:38	00:00:42	00:00:52	00:00:15	00:00:19	00:00:25	00:00:19	0:04:31	2,18
36	00:01:08		00:00:59	00:00:40	00:00:47	00:00:17	00:00:26	00:00:26	00:00:31	0:05:14	2,11
37	00:00:39		00:01:03	00:00:42	00:00:52	00:00:19	00:00:33	00:00:28	00:00:28	0:05:04	1,98
38	00:00:34		00:00:56	00:00:48	00:00:53	00:00:28	00:00:37	00:00:18	00:00:26	0:05:00	1,99
39	00:00:36	00:00:32	00:00:34	00:00:42	00:00:56	00:00:33	00:00:20	00:00:20	00:00:28	0:05:01	2,10
40	00:00:35	00:00:36	00:00:30	00:00:50	00:00:39	00:00:26	00:00:19	00:00:35	00:00:30	0:05:00	2,01
41	00:00:29	00:00:28	00:00:32	00:00:50	00:00:38	00:00:21	00:00:15	00:00:19	00:00:18	0:04:10	2,08
42	00:00:53	00:00:26	00:00:44	00:00:51	00:00:54	00:00:18	00:00:21	00:00:27	00:00:26	0:05:20	2,09
43	00:01:06	00:00:27	00:00:51	00:00:44	00:00:41	00:00:24	00:00:22	00:00:24	00:00:31	0:05:30	2,19
44	00:00:25	00:00:34	00:01:01	00:00:51	00:00:56	00:00:30	00:00:18	00:00:21	00:00:22	0:05:18	2,22
Total		0:17:31	0:36:17	0:34:29	0:35:02	0:13:22	0:22:23	0:18:50	0:19:17	3:50:38	94,32
Promedio		0:01:00	0:01:37	0:01:32	0:01:33	0:00:42	0:01:00	0:00:50	0:00:51	0:05:14	2,14

Fuente: Elaboración propia.



Rango de intervalos

Límite superior (Tiempo máximo en perforar un taladro de 8 pies) $L_s = 00:07:22$

Límite inferior (Tiempo mínimo de perforar un taladro de 8pies) $L_i = 00:04:10$

$$\begin{aligned} \text{Rango (R)} \quad R &= L_s - L_i \\ R &= 00:07:22 - 00:04:10 \\ R &= 00:03:12 \end{aligned}$$

Número de intervalos (m)

$$m = 1 + 3,32 \cdot \log(N)$$

Número de taladros (N)

$$N = 44$$

$$m = 1 + 3,32 \cdot \log(44)$$

$$m = 6,5 \approx 7$$

Amplitud de intervalos (A)

$$A = R/m$$

$$A = 00:03:12 / 7$$

$$A = 00:00:27$$

Tabla 37. Cuadro estadístico, para hallar el tiempo promedio que toma en perforar un taladro de 8 pies con Stoper.

Tiempo (min)		Marca de clase (xi)	Nº de taladros (fi)	hi (fi/n)	xi*fi	xi*hi	Long. de tal. (pies)
0:04:10	0:04:37	0:04:24	6	0,136	0:26:22	0:00:36	48
0:04:37	0:05:05	0:04:51	17	0,386	1:22:29	0:01:52	136
0:05:05	0:05:32	0:05:19	13	0,295	1:09:01	0:01:34	104
0:05:32	0:06:00	0:05:46	2	0,045	0:11:32	0:00:16	16
0:06:00	0:06:27	0:06:13	3	0,068	0:18:40	0:00:25	24
0:06:27	0:06:55	0:06:41	1	0,023	0:06:41	0:00:09	8
0:06:55	0:07:22	0:07:08	2	0,045	0:14:17	0:00:19	16
Total			44	1,000	3:49:03	0:05:12	352

Fuente: Elaboración propia.

Tiempo promedio que toma perforar un taladro de 8 pies $\sum(xi*hi) = 00:05:12$ (min)

Total, horas perforadas $\sum(xi*hi) = 03:49:03$ (h)

Velocidad de perforación (V_p)

$$V_p = \frac{352 * 0,3048 * 1h}{03:49:03 * 60}$$

$$V_p = 0,47 \text{ m/min} \approx 1,54 \text{ pies/min}$$

Rendimiento horario (R)

$$R = \frac{60 \text{ min}}{00:05:12 * 1h}$$



$$R = 11,99 \equiv 12 \text{ Taladro/hora}$$

Longitud efectiva de perforación

Límite superior $L_s = 2,35$

Límite inferior $L_i = 1,8$

Rango (R) $R = L_s - L_i$

$$R = 0,55$$

Marca de clase (K) $K = 1 + 3,32 * \log(n)$

N: N° de taladros; $n = 44$

$$K = 6,5 \equiv 7$$

Amplitud (A) $A = R/K$

$$A = 0,08$$

Tabla 38. Cuadro estadístico, para hallar la longitud efectiva de perforación con stoper.

Longitud de tal. (m)			N° Taladros (fi)	$X_i (L_s - L_i) / 2$	hi (fi/n)	xi*fi	xi*hi
1,8	-	1,88	0	1,84	0,00	0,00	0,00
1,88	-	1,96	3	1,92	0,19	5,75	0,36
1,96	-	2,04	6	2,00	0,38	11,98	0,75
2,04	-	2,11	7	2,08	0,44	14,53	0,91
2,11	-	2,19	0	2,15	0,00	0,00	0,00
2,19	-	2,27	0	2,23	0,00	0,00	0,00
2,27	-	2,35	0	2,31	0,00	0,00	0,00
Total			16				2,02

Fuente: Elaboración propia.

Longitud efectiva de perforación $\sum(xi*hi) = 2,02 \text{ m}$

Eficiencia de perforación(Ef) $Ef = 84 \%$



ANEXOS N° 04

PRIMERA PRUEBA

**ESTUDIO DE TIEMPOS DE PERFORACIÓN CON EL EQUIPO MINI JUMBO MUKI
EN REALCE DEL TJ 850 – W.**


		ESTUDIO DE TIEMPOS DEL EQUIPO MINI JUMBO MUKI EN LA PERFORACIÓN EN REALCE DEL TJ 850 - W	
FECHA	: 04/11/16	EQUIPO	: MINI JUMBO MUKI
LABOR	: Tj 850 - W	OPERADOR	: ZUBIZARRRETA DAVID
NIVEL	: 4330	AYUDANTE	: EVARISTO CUCHULA
GUARDIA	: A	JEFE DE GUARDIA	: ING. JOSÉ A. VILLEGAS
TURNO	: DÍA	ASISTENTE DE MINA	: ROLANDO CHUYMA RIVEROS

Tabla 39. Datos técnicos del Mini Jumbo Muki.

Marca	Resemin
Modelo	Troidon 22
Tipo	Frontonero
Brazos	1
Año de fabricación	2014
Accionamiento	Electrohidráulico
Presión de percusión	150 bar
Presión de Rotación	150 bar
Presión de agua	6 bar
Barra	8 pies

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40. Datos técnicos del Tj 850 - W.

Labor	Tajeo 850
Potencia de la veta	1,50 m a 2 m
Número de taladros perforados	85 tal
Perforación efectiva	2,27 m
Material disparado	Mineral
Burden	0,80 m
Espaciamiento	0,80m
Densidad del mineral	3,1 g/cm ³

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41. Antes y después de la operación del Tj 850 – W.

Observación	Tiempo (min)
Charla de seguridad	00:20:00

Desplazamiento a interior mina	00:15:00
Reparto de guardia en interior mina	00:15:00
Caminata a la labor	00:06:00
Inspección del labor	00:15:00
Inspección del equipo	00:08:10
Rellenado de herramientas de gestión	00:16:57
Engrasado del equipo	00:20:45
Conexión de cable y agua	00:21:24
Desatado de rocas sueltas	00:20:00
Desconexión de cable y agua	00:11:12
Limpieza del equipo	00:14:04
Caminata hasta el paradero de camiones	00:05:12
Viaje de salida	00:17:14
Total	03:25:58

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42. *Tiempos muertos durante la operación del Tj 850 – W, con mini Jumbo Muki.*

Observación	Tiempo (min)
Visto bueno del mecánico	00:04:20
Visto bueno del mecánico	00:03:25
Ajuste de manguera de agua	00:06:18
Areglo de manguera	00:05:10
Visto bueno del mecánico	00:05:23
Cambio de broca	00:01:12
Visita del capataz	00:10:21
Total	00:36:09

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43. *Tiempos totales durante la perforación con Mini Jumbo Muki.*

Observación	Tiempo (min)
Posicionamiento	00:36:15
Perforación efectiva	01:12:12
Recuperación de Barra	00:07:07
Desplazamiento	00:20:32
Total	02:16:06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44. *Control de tiempos de perforación del Tj 850 – W en realce, con el Mini Jumbo Muki.*

Nº de tal.	Tiempo de posic. (min)	Tiempo efectiva de perforación (min)	Tiempo de recup. de barra (min)	Tiempo de desplaz. (min)	Tiempo del ciclo (min)	Tiempo muerto (min)	Motivo
1	0:01:22	0:00:50	0:00:02		0:02:14		
2	0:00:49	0:00:51	0:00:04		0:01:44		

3	0:00:56	0:00:59	0:00:03		0:01:58		
4	0:00:32	0:00:45	0:00:05		0:01:22		
5	0:00:14	0:00:40	0:00:02	0:00:56	0:01:52		
6	0:01:03	0:00:53	0:00:03		0:01:59		
7	0:01:00	0:01:04	0:00:02		0:02:06		
8	0:00:18	0:01:07	0:00:03		0:01:28		
9	0:00:15	0:00:50	0:00:04	0:01:05	0:02:14		
10	0:00:22	0:01:10	0:00:02		0:01:34		
11	0:00:19	0:00:40	0:00:03		0:01:02		
12	0:00:30	0:01:10	0:00:04		0:01:44		
13	0:00:32	0:00:56	0:00:05	0:01:13	0:02:46	0:04:20	Visto del mecánico
14	0:00:25	0:00:47	0:00:06		0:01:18		
15	0:00:12	0:00:45	0:00:05		0:01:02		
16	0:00:18	0:01:00	0:00:02		0:01:20		
17	0:00:32	0:00:53	0:00:03	0:01:21	0:02:49		
18	0:00:34	0:00:42	0:00:02		0:01:18		
19	0:00:16	0:00:45	0:00:02		0:01:03		
20	0:00:23	0:00:51	0:00:03		0:01:17		
21	0:00:18	0:00:52	0:00:03	0:00:58	0:02:11		
22	0:00:26	0:00:52	0:00:04		0:01:22		
23	0:00:13	0:00:45	0:00:05		0:01:03		
24	0:00:19	0:00:51	0:00:05		0:01:15		
25	0:00:33	0:00:39	0:00:02	0:01:05	0:02:19		
26	0:00:20	0:00:54	0:00:02		0:01:16		
27	0:00:14	0:00:48	0:00:04		0:01:06		
28	0:00:29	0:00:52	0:00:04		0:01:25		
29	0:00:19	0:00:40	0:00:02	0:00:58	0:01:59		
30	0:00:12	0:00:51	0:00:05		0:01:08	0:03:25	visto bueno del mecánico
31	0:00:30	0:00:45	0:00:07		0:01:22		
32	0:00:24	0:00:43	0:00:03		0:01:10		
33	0:00:21	0:00:44	0:00:03	0:01:08	0:02:16		
34	0:00:12	0:00:57	0:00:02		0:01:11		
35	0:00:23	0:00:41	0:00:03		0:01:07		
36	0:00:25	0:00:45	0:00:02		0:01:12		
37	0:00:19	0:00:56	0:00:03	0:01:02	0:02:20		
38	0:00:34	0:01:00	0:00:06		0:01:40		
39	0:00:26	0:00:58	0:00:03		0:01:27		
40	0:00:25	0:00:57	0:00:04		0:01:26		
41	0:00:13	0:00:52	0:00:02	0:01:06	0:02:13		
42	0:00:24	0:01:07	0:00:02		0:01:33		
43	0:00:32	0:00:54	0:00:03		0:01:29		
44	0:00:14	0:00:56	0:00:04		0:01:14		
45	0:00:20	0:00:47	0:00:02	0:00:59	0:02:08		
46	0:00:16	0:00:56	0:02:00		0:03:12		

47	0:00:23	0:00:51	0:00:03		0:01:17		
48	0:00:14	0:00:54	0:00:05		0:01:13		
49	0:00:16	0:00:58	0:00:03	0:01:04	0:02:21		
50	0:00:23	0:00:51	0:00:02		0:01:16		
51	0:00:15	0:00:43	0:00:04		0:01:02		
52	0:00:14	0:00:43	0:00:06		0:01:03		
53	0:00:31	0:00:42	0:00:03	0:00:58	0:02:14	0:06:18	Ajuste de manguera agua
54	0:00:12	0:00:46	0:00:03		0:01:01		
55	0:00:23	0:00:44	0:00:02		0:01:09		
56	0:00:14	0:01:04	0:00:04		0:01:22		
57	0:00:32	0:00:49	0:00:04	0:01:03	0:02:28		
58	0:00:35	0:00:51	0:00:02		0:01:28		
59	0:00:21	0:00:48	0:00:03		0:01:12		
60	0:00:29	0:00:41	0:00:04		0:01:14		
61	0:00:15	0:00:44	0:00:03	0:00:51	0:01:53		
62	0:00:13	0:00:54	0:00:03		0:01:10		
63	0:00:27	0:00:51	0:00:02		0:01:20	0:05:10	Arreglo de manguera
64	0:00:12	0:00:46	0:00:28		0:01:26		
65	0:00:13	0:00:40	0:00:05		0:00:58		
66	0:00:28	0:00:56	0:00:06		0:01:30		
67	0:00:17	0:00:42	0:00:04	0:00:56	0:01:59		
68	0:00:32	0:00:42	0:00:03		0:01:17		
69	0:00:17	0:00:41	0:00:04		0:01:02		
70	0:00:29	0:01:00	0:00:02		0:01:31		
71	0:00:25	0:01:12	0:00:03	0:01:04	0:02:44	0:05:23	Visto de mecánico
72	0:00:38	0:00:50	0:00:04		0:01:32		
73	0:00:33	0:01:45	0:00:03		0:02:21		
74	0:00:24	0:00:47	0:00:02		0:01:13		
75	0:00:18	0:00:40	0:00:02	0:00:56	0:01:56		
76	0:00:26	0:01:02	0:00:05		0:01:33	0:01:12	Cambio de broca
77	0:00:35	0:00:49	0:00:05		0:01:29		
78	0:00:22	0:01:00	0:00:04		0:01:26		
79	0:00:25	0:00:34	0:00:04	0:00:45	0:01:48		
80	0:00:26	0:00:49	0:00:02		0:01:17	0:10:21	Visita del capataz
81	0:00:23	0:00:58	0:00:03		0:01:24		
82	0:00:35	0:00:46	0:00:02		0:01:23		
83	0:01:01	0:00:51	0:00:04	0:01:04	0:03:00		
84	0:00:32	0:00:29	0:00:03		0:01:04		
85	0:00:34	0:00:39	0:00:03		0:01:16		
Total	0:36:15	1:12:12	0:07:07	0:20:32	2:16:06	0:36:09	
	0:00:26	0:00:51	0:00:05		0:01:36		

Fuente: Elaboración propia.



Cálculo de perforación. A continuación, mediante la estadística se determina los parámetros más importantes en la perforación y a su vez se ajustan las mediciones tomadas para obtener un valor más cercano a la realidad, a partir de la muestra de 85 taladros medidos en el campo.

Límite superior (Ls) $L_s = 0:03:12$

Límite inferior (Li) $L_i = 0:00:58$

Rango (R) $R = L_s - L_i$

$R = 0:03:12 - 0:00:58$

$R = 0:02:14$

Marca de clase (K) $K = 1 + 3,33\text{Log}(n)$

Dónde:

n = Número de taladros $n = 85$

$K = 1 + 3,33\text{Log}(85)$

$K = 7,42$

Amplitud (A) $A = R/K$

$A = 0:02:14/7,42$

$A = 0:00:19$

Tabla 45. Cuadro estadístico, para calcular el tiempo promedio que toma en perforar un taladro de 8 pies con Min jumbo Muki.

Tiempo (min)			Nº de taladros (fi)	$X_i(L_s - L_i)/2$	hi (fi/n)	$x_i \cdot f_i$	$x_i \cdot h_i$	Longitud de taladros (Pies)
0:00:58	-	0:01:17	27	0:01:08	0,318	0:30:24	0:00:21	216
0:01:17	-	0:01:36	29	0:01:27	0,341	0:41:55	0:00:30	232
0:01:36	-	0:01:55	6	0:01:46	0,071	0:10:35	0:00:07	48
0:01:55	-	0:02:15	12	0:02:05	0,141	0:25:00	0:00:18	96
0:02:15	-	0:02:34	6	0:02:24	0,071	0:14:25	0:00:10	48
0:02:34	-	0:02:53	3	0:02:43	0,035	0:08:10	0:00:06	24
0:02:53		0:03:12	2	0:03:02	0,024	0:06:05	0:00:04	16
TOTAL			85			2:16:34	0:01:36	680

Fuente: Elaboración propia.

Tiempo promedio que toma en perforar un taladro de 8 pies: $\sum (x_i \cdot h_i) = 0:01:36$ (min)

Total, horas perforadas: $\sum (x_i \cdot h_i) = 2:16:34$ (h)



Velocidad de perforación (V_p):

$$V_p = \frac{680 * 0,3048 * 1h}{02:16:40 * 60}$$

$$V_p = 1,52 \text{ m/min} \equiv 4,99 \text{ pies/min.}$$

Rendimiento (R):

$$R = \frac{60 \text{ min}}{00:01:46 * 1h}$$

$$R = 36,8 \text{ Tal/ hora} \equiv 37 \text{ Tal/hora.}$$

Cálculo de longitud efectiva de perforación.

Para los cálculos de longitud se tomaron como muestra la medición de 85 taladros del total de taladros perforados, para así de esa manera mediante procedimientos estadísticos determinar la longitud efectiva de perforación.

Longitud efectiva de perforación del Mini jumbo Muki

Nº de taladros	Longitud (m)
1	2,28
2	2,19
3	2,35
4	2,36
5	2,27
6	2,26
7	2,31
8	2,32
9	2,23
10	2,32
11	2,35
12	2,28
13	2,34
14	2,32
15	2,27
16	2,35
17	2,24
18	2,19
19	2,28
20	2,36
21	2,30
22	2,20
23	2,29

24	2,26
25	2,23
26	2,24
27	2,32
28	2,34
29	2,24
30	2,35
31	2,36
32	2,33
33	2,31
34	2,25
35	2,26
36	2,30
37	2,34
38	2,23
39	2,25
40	2,32
41	2,23
42	2,23
43	2,31
44	2,35
45	2,21
46	2,23
47	2,32
48	2,23

49	2,22
50	2,31
51	2,35
52	2,26
53	2,24
54	2,21
55	2,23
56	2,21
57	2,29
58	2,23
59	2,26
60	2,28
61	2,26
62	2,25
63	2,24
64	2,33
65	2,34
66	2,28
67	2,31
68	2,35
69	2,26
70	2,23
71	2,26
Promedio	2,28



A continuación, mediante la estadística se determina la longitud efectiva de perforación y a su vez se ajustan las mediciones tomadas para obtener un valor más cercano a la realidad, a partir de la muestra de 85 taladros medidos en el campo.

$$\begin{aligned} \text{Límite superior (Ls)} & \quad Ls = 2,36 \\ \text{Límite inferior (Li)} & \quad Li = 2,18 \\ \text{Rango (R)} & \quad \mathbf{R = Ls - Li} \\ & \quad R = 2,36 - 2,18 \\ & \quad R = 0,18 \\ \text{Marca de clase (K)} & \quad \mathbf{K = 1 + 3,33\text{Log}(n)} \\ & \quad K = 1 + 3,33\text{Log}(85) \\ & \quad K = 7,4 \\ \text{Amplitud (A)} & \quad \mathbf{A = R/K} \\ & \quad A = 0,02 \end{aligned}$$

Tabla 46. Cuadro estadístico, para hallar la longitud efectiva de perforación del Tj 850 – W, con Mini jumbo Muki.

Longitud (m)			Nº Taladros (fi)	Xi (Ls - Li)/ 2	hi (fi/n)	xi*fi	xi*hi
2,18	-	2,20	5	2,19	0,06	10,96	0,13
2,20	-	2,23	13	2,21	0,15	28,78	0,34
2,23	-	2,25	3	2,24	0,04	6,71	0,08
2,25	-	2,27	17	2,26	0,20	38,40	0,45
2,27	-	2,29	14	2,28	0,16	31,94	0,38
2,29	-	2,32	22	2,30	0,26	50,68	0,60
2,32	-	2,34	3	2,33	0,04	6,98	0,08
2,34	-	2,36	8	2,35	0,09	18,79	0,22
Total			85				2,27

Fuente: Elaboración propia.

Eficiencia de perforación : (Long. Efectiva de perforación/Longitud del barreno) *100%

$$\text{Eff} = (2,27/2,40) * 100\%$$

$$\text{Eff} = 94,58\% \cong 95\%$$



Tabla 47. Datos técnicos en la perforación del Tj 850 – W

FECHA	: 04/11/16	EQUIPO	: MINI JUMBO MUKI
LABOR	: Tj 850 - W	OPERADOR	: HENRY BONILLA
NIVEL	: 4330	AYUDANTE	: JUÁN CASTRO
GUARDIA	: B	JEFE DE GUARDIA	: ING. NOE LAZARO
TURNO	: NOCHE	ASISTENTE DE MINA	: ROLANDO CHUYMA RIVEROS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48. Antes y después de la operación del Tj 850 – W.

Observación	Tiempo (min)
Charla de seguridad	0:20:00
Desplazamiento a interior mina	0:15:00
Reparto de guardia en interior mina	0:15:00
Caminata a la labor	0:06:00
Inspección del labor	0:15:00
Inspección del equipo	0:08:10
Rellenado de herramientas de gestión	0:16:57
Engrasado del equipo	0:20:45
Conexión de cable y agua	0:21:24
Desatado de rocas sueltas	0:20:00
Desconexión de cable y agua	0:11:12
Limpieza del equipo	0:14:04
Caminata hasta el paradero de camiones	0:05:12
Viaje de salida	0:17:14
Total	3:25:58

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49. Tiempos muertos durante la perforación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo Muki.

Observación	Tiempo (min)
Visita del Superintendente	0:15:00
Ajuste de manguera de agua	0:04:10
Visita de jefe de guardia	0:10:21
Visto bueno del mecánico	0:05:07
Seguridad compañía	0:30:01
Ajuste de manguera de agua	0:02:14
Ajuste de manguera de agua	0:03:20
Total	1:10:13

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50. Tiempo total de perforación del Tj 850 – W, con mini Jumbo Muki.

Observación	Tiempo (min)
Posicionamiento	0:51:17
Perforación efectiva	1:43:59
Recuperación de Barra	0:06:20



Desplazamiento	0:25:04
Total	3:06:40

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51. Control de tiempos en la perforación del Tj 850 – W en realce, con el Mini Jumbo Muki

N° de taladros	Tiempo de posic.(min)	Tiempo efectiva de perforación (min)	Tiempo de recuperación de la barra (min)	Tiempo de desplaz . (min)	Tiempo del ciclo (min)	Tiempo muerto (min)	Motivo
1	0:00:23	0:00:56	0:00:02		0:01:21		
2	0:00:33	0:00:49	0:00:03	0:00:45	0:02:10		
3	0:00:23	0:01:12	0:00:06		0:01:41		
4	0:00:19	0:00:53	0:00:03		0:01:15		
5	0:00:52	0:00:59	0:00:04		0:01:55		
6	0:00:39	0:00:52	0:00:04	0:01:01	0:02:36		
7	0:00:32	0:01:00	0:00:05		0:01:37		
8	0:00:21	0:00:48	0:00:03		0:01:12		
9	0:00:48	0:00:54	0:00:04		0:01:46		
10	0:00:11	0:01:03	0:00:02	0:00:59	0:02:15		
11	0:00:54	0:00:57	0:00:07		0:01:58	0:15:00	visita del superintendente
12	0:00:32	0:00:56	0:00:04		0:01:32		
13	0:00:18	0:00:48	0:00:02		0:01:08		
14	0:00:21	0:00:40	0:00:03	0:00:54	0:01:58		
15	0:00:45	0:01:03	0:00:04		0:01:52		
16	0:00:18	0:00:46	0:00:05		0:01:09		
17	0:00:23	0:00:57	0:00:03		0:01:23		
18	0:00:28	0:00:48	0:00:02	0:01:14	0:02:32		
19	0:00:16	0:01:10	0:00:02		0:01:28		
20	0:00:21	0:01:02	0:00:07		0:01:30		
21	0:00:38	0:00:57	0:00:04		0:01:39	0:04:10	Ajuste de manguera
22	0:00:40	0:00:50	0:00:03	0:00:47	0:02:20		
23	0:00:18	0:00:59	0:00:02		0:01:19		
24	0:00:34	0:00:52	0:00:02		0:01:28		
25	0:00:32	0:00:45	0:00:04		0:01:21		
26	0:00:25	0:00:53	0:00:02	0:01:19	0:02:39		
27	0:00:30	0:00:59	0:00:05		0:01:34		
28	0:00:22	0:01:12	0:00:03		0:01:37		
29	0:00:23	0:00:49	0:00:03		0:01:15		
30	0:00:32	0:00:57	0:00:02	0:00:49	0:02:20		
31	0:00:56	0:00:56	0:00:03		0:01:55		
32	0:00:02	0:01:21	0:00:02		0:01:25		
33	0:00:30	0:01:23	0:00:05		0:01:58		
34	0:00:34	0:00:54	0:00:04	0:01:04	0:02:36		
35	0:00:23	0:00:59	0:00:09		0:01:31		
36	0:00:34	0:00:48	0:00:04		0:01:26		
37	0:00:35	0:01:05	0:00:03		0:01:43		



38	0:00:24	0:00:57	0:00:03	0:00:56	0:02:20		
39	0:00:39	0:00:52	0:00:02		0:01:33		
40	0:00:32	0:00:48	0:00:02		0:01:22		
41	0:00:33	0:01:00	0:00:03		0:01:36		
42	0:00:26	0:00:45	0:00:03		0:01:14		
43	0:00:22	0:00:47	0:00:02		0:01:11		
44	0:00:33	0:00:48	0:00:04		0:01:25		
45	0:00:11	0:00:57	0:00:06	0:00:56	0:02:10		
46	0:00:17	0:00:45	0:00:03		0:01:05		
47	0:00:11	0:00:55	0:00:03		0:01:09		
48	0:01:19	0:00:52	0:00:02		0:02:13		
49	0:00:24	0:00:40	0:00:04	0:00:45	0:01:53		
50	0:00:27	0:01:04	0:00:05		0:01:36		
51	0:01:20	0:00:59	0:00:04		0:02:23	0:10:21	visita de jefe de Gdia
52	0:00:17	0:00:49	0:00:03		0:01:09		
53	0:00:28	0:01:02	0:00:03	0:00:48	0:02:21		
54	0:00:14	0:00:59	0:00:02		0:01:15		
55	0:01:00	0:00:51	0:00:05		0:01:56		
56	0:00:27	0:00:52	0:00:02		0:01:21		
57	0:00:20	0:00:57	0:00:04	0:00:55	0:02:16		
58	0:00:34	0:00:58	0:00:03		0:01:35		
59	0:00:18	0:00:56	0:00:02		0:01:16		
60	0:00:14	0:00:46	0:00:04		0:01:04		
61	0:00:24	0:00:44	0:00:02	0:00:55	0:02:05		
62	0:00:18	0:00:45	0:00:02		0:01:05		
63	0:00:19	0:00:49	0:00:03		0:01:11		
64	0:01:00	0:00:46	0:00:06		0:01:52		
65	0:00:12	0:00:55	0:00:05	0:00:43	0:01:55	0:05:07	visto bueno del mecánico
66	0:00:17	0:00:58	0:00:03		0:01:18		
67	0:00:22	0:00:49	0:00:02		0:01:13		
68	0:00:22	0:00:52	0:00:02		0:01:16		
69	0:00:12	0:01:01	0:00:05	0:01:10	0:02:28		
70	0:00:23	0:00:45	0:00:07		0:01:15		
71	0:00:15	0:00:47	0:00:02		0:01:04		
72	0:00:19	0:00:57	0:00:04		0:01:20		
73	0:00:23	0:00:48	0:00:05	0:01:02	0:02:18		
74	0:00:14	0:00:51	0:00:03		0:01:08		
75	0:00:23	0:00:56	0:00:02		0:01:21		
76	0:00:12	0:00:41	0:00:03		0:00:56		
77	0:00:11	0:01:06	0:00:03	0:01:01	0:02:21		
78	0:00:21	0:00:48	0:00:02		0:01:11		
79	0:00:27	0:00:47	0:00:03		0:01:17		
80	0:00:27	0:00:56	0:00:03		0:01:26		
81	0:00:28	0:00:46	0:00:04	0:00:48	0:02:06		

82	0:00:27	0:00:59	0:00:03		0:01:29		
83	0:00:17	0:00:52	0:00:03		0:01:12	0:30:01	Seguridad compañía
84	0:00:23	0:00:51	0:00:03		0:01:17		
85	0:00:37	0:00:50	0:00:02	0:00:50	0:02:19		
86	0:00:41	0:00:57	0:00:04		0:01:42		
87	0:00:34	0:00:56	0:00:03		0:01:33		
88	0:00:20	0:00:49	0:00:02		0:01:11		
89	0:00:37	0:01:00	0:00:03		0:01:40		
90	0:00:38	0:00:51	0:00:04	0:00:58	0:02:31		
91	0:00:35	0:00:59	0:00:05		0:01:39		
92	0:00:22	0:00:55	0:00:05		0:01:22		
93	0:00:18	0:00:46	0:00:03		0:01:07		
94	0:00:23	0:00:48	0:00:02	0:00:40	0:01:53		
95	0:00:32	0:00:56	0:00:03		0:01:31		
96	0:00:29	0:01:00	0:00:03		0:01:32		
97	0:00:15	0:00:55	0:00:02		0:01:12		
98	0:00:24	0:00:45	0:00:03	0:01:08	0:02:20		
99	0:00:17	0:00:50	0:00:02		0:01:09	0:02:14	Ajuste de mang. de agua
100	0:00:45	0:00:49	0:00:02		0:01:36		
101	0:00:11	0:00:48	0:00:03		0:01:02		
102	0:00:18	0:01:12	0:00:02	0:00:56	0:02:28		
103	0:00:14	0:01:03	0:00:02		0:01:19		
104	0:00:20	0:00:54	0:00:03		0:01:17		
105	0:00:12	0:00:58	0:00:02		0:01:12		
106	0:00:23	0:00:54	0:00:03		0:01:20		
107	0:00:16	0:00:47	0:00:02		0:01:05		
108	0:00:11	0:01:12	0:00:04	0:00:56	0:02:23		
109	0:00:37	0:00:46	0:00:03		0:01:26		
110	0:00:26	0:00:47	0:00:02		0:01:15		
111	0:00:15	0:00:49	0:00:04		0:01:08		
112	0:00:22	0:01:08	0:00:03	0:00:45	0:02:18	0:03:20	Ajuste de mang. de agua
113	0:00:39	0:01:00	0:00:03		0:01:42		
114	0:00:43	0:00:46	0:00:04		0:01:33		
115	0:00:12	0:00:49	0:00:03		0:01:04		
TOTAL	0:51:17	1:43:59	0:06:20	0:25:04	3:06:40	1:10:13	
	0:00:27	0:00:54	0:00:03		0:01:37		

Fuente: Elaboración propia.



Cálculo de perforación.

A continuación, mediante la estadística se determina los parámetros más importantes en la perforación y a su vez se ajustan las mediciones tomadas para obtener un valor más cercano a la realidad, a partir de la muestra de 85 taladros medidos en el campo.

Límite superior (Ls) $L_s = 0:02:39$

Límite inferior (Li) $L_i = 0:00:56$

Rango (R) $R = L_s - L_i$

$$R = 0:02:39 - 0:00:56$$

$$R = 0:01:43$$

Marca de clase (K) $K = 1 + 3,33\text{Log}(n)$

Dónde:

n = Número de taladros $n = 115$

$$K = 1 + 3,33\text{Log}(115)$$

$$K = 8$$

Amplitud (A) $A = R/K$

$$A = 0:01:43/8$$

$$A = 0:00:134.$$

Tabla 52. Cuadro estadístico, para hallar el tiempo que toma en perforar un taladro de 8 pies, con Mini Jumbo Muki.

Tiempo (min)			Nº de taladros (fi)	Xi (Ls-Ls)/2	hi (fi/n)	xi*fi	xi*hi	Longitud de taladros (Pies)
0:00:56	-	0:01:09	12	0:01:02	0,104	0:12:29	0:00:07	96
0:01:09	-	0:01:22	33	0:01:15	0,287	0:41:25	0:00:22	264
0:01:22	-	0:01:35	20	0:01:28	0,174	0:29:24	0:00:15	160
0:01:35	-	0:01:47	14	0:01:41	0,122	0:23:35	0:00:12	112
0:01:47	-	0:02:00	11	0:01:54	0,096	0:20:53	0:00:11	88
0:02:00	-	0:02:13	4	0:02:07	0,035	0:08:27	0:00:04	32
0:02:13		0:02:26	14	0:02:20	0,122	0:32:36	0:00:17	112
0:02:26		0:02:39	7	0:02:20	0,061	0:16:18	0:00:09	56
TOTAL			115	0:14:07	1,000	3:05:07	0:01:37	920

Fuente: Elaboración propia.



Tiempo promedio que toma en perforar un taladro de 8 pies:

$$\sum (x_i * h_i) = 0:01:37 \text{ (min)}$$

Total, horas perforadas:

$$\sum (x_i * h_i) = 03.05:07 \text{ (h)}$$

Velocidad de perforación (V_p):

$$V_p = \frac{920 \text{ m} * 0,3048 * 1 \text{ h}}{03:06:40 * 60}$$

$$V_p = 1,502 \text{ m/min} \equiv 4,93 \text{ pies/min}$$

Rendimiento (R)

$$R = \frac{60 \text{ min}}{00:01:37 * 1 \text{ h}}$$

$$R = 37 \text{ Tal/hora.}$$

Cálculo de longitud efectiva de perforación.

Para los cálculos de longitud se tomaron como muestra la medición de 115 taladros del total de taladros perforados, para así de esa manera mediante procedimientos estadísticos determinar la longitud efectiva de perforación.

Longitud de perforación del Tj 850 – W, con mini Jumbo Muki

Nº de taladros	Longitud (m)
1	2,19
2	2,32
3	2,35
4	2,30
5	2,19
6	2,30
7	2,29
8	2,30
9	2,19
10	2,34
11	2,17
12	2,25
13	2,34
14	2,26
15	2,18
16	2,20
17	2,34
18	2,19
19	2,27

20	2,35
21	2,35
22	2,29
23	2,17
24	2,34
25	2,17
26	2,31
27	2,21
28	2,30
29	2,21
30	2,27
31	2,32
32	2,27
33	2,26
34	2,29
35	2,23
36	2,35
37	2,19
38	2,26
39	2,28
40	2,35

41	2,33
42	2,27
43	2,26
44	2,32
45	2,29
46	2,26
47	2,29
48	2,34
49	2,25
50	2,27
51	2,30
52	2,25
53	2,28
54	2,30
55	2,25
56	2,35
57	2,26
58	2,34
59	2,25
60	2,31
61	2,24
62	2,21

63	2,35
64	2,19
65	2,29
66	2,27
67	2,19
68	2,29
69	2,30
70	2,28
71	2,25
72	2,21
73	2,20
74	2,17
75	2,26
76	2,25
77	2,31
78	2,30
79	2,30
80	2,32

81	2,17
82	2,30
83	2,28
84	2,22
85	2,30
86	2,29
87	2,26
88	2,24
89	2,31
90	2,32
91	2,18
92	2,35
93	2,30
94	2,25
95	2,26
96	2,22
97	2,20
98	2,30

99	2,27
100	2,23
101	2,27
102	2,19
103	2,30
104	2,31
105	2,28
106	2,20
107	2,28
108	2,30
109	2,19
110	2,34
111	2,19
112	2,32
113	2,23
114	2,25
115	2,34
Promedio	2,27

Fuente: Elaboración propia

A continuación, mediante la estadística se determina la longitud efectiva de perforación y a su vez se ajustan las mediciones tomadas para obtener un valor más cercano a la realidad, a partir de la muestra de 115 taladros medidos en el campo.

Límite superior (Ls) $L_s = 2,35$

Límite inferior (Li) $L_i = 2,17$

Rango (R) $R = L_s - L_i$

$$R = 2,35 - 2,17$$

$$R = 0,18$$

Marca de clase (K) $K = 1 + 3,33 \log(n)$

$$K = 1 + 3,33 \log(115)$$

$$K = 7,8$$

Amplitud (A) $A = R/K$

$$A = 0,02$$



Tabla 53. Cuadro estadístico, para hallar la longitud efectiva de perforación del Mini Jumbo Muki.

Longitud (m)			N° Taladros (fi)	Xi (Ls - Li) / 2	hi (fi/n)	xi*fi	xi*hi
2,17	-	2,19	7	2,18	0,06	15,27	0,13
2,19	-	2,22	18	2,20	0,16	39,67	0,34
2,22	-	2,24	5	2,23	0,04	11,13	0,10
2,24	-	2,26	11	2,25	0,10	24,74	0,22
2,26	-	2,28	17	2,27	0,15	38,61	0,34
2,28	-	2,31	29	2,29	0,25	66,52	0,58
2,31	-	2,33	11	2,32	0,10	25,48	0,22
2,33	-	2,35	17	2,34	0,15	39,76	0,35
Total			115				2,27

Fuente: Elaboración propia.

Longitud efectiva de perforación: $\sum (xi*hi) = 2,27$ m.

Eficiencia de perforación: (Long. Efectiva de perforación/Longitud del barreno) *100%

$$Eff = (2,30/2,40) * 100\%$$

$$Eff = 94,63\% \equiv 95\%$$

Tabla 54. Datos técnicos en la perforación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo Muki.

FECHA	: 05/11/16	EQUIPO	: MINI JUMBO MUKI
LABOR	: Tj 850 - W	OPERADOR	: DAVID ZUBIZARRETA
NIVEL	: 4330	AYUDANTE	: EVARISTO CUCHULA
GUARDIA	: A	JEFE DE GUARDIA	: ING. JOSÉ L. VILLEGAS
TURNOS	: DÍA	ASISTENTE DE MINA	: ROLANDO CHUYMA RIVEROS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55. Antes y después de la operación del Tj 850 – W.

Observación	Tiempo (min)
Charla de seguridad	0:20:00
Desplazamiento a interior mina	0:15:00
Reparto de guardia en interior mina	0:15:00
Caminata a la labor	0:06:00
Inspección del labor	0:15:00
Inspección del equipo	0:08:10
Rellenado de herramientas de gestión	0:16:57
Engrasado del equipo	0:20:45
Conexión de cable y agua	0:21:24
Desatado de rocas sueltas	0:20:00
Desconexión de cable y agua	0:11:12
Limpieza del equipo	0:14:04
Caminata hasta el paradero de camiones	0:05:12
Viaje de salida	0:17:14



Total	3:25:58
--------------	----------------

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56. *Tiempos muertos durante la operación del Tj 850 – W, con el Mini Jumbo Muki.*

Observación	Tiempo (min)
Visto bueno del mecánico	0:10:00
visita de feje de guardia	0:05:12
Cambio de broca	0:01:00
Reajuste de pernos	0:15:23
atascamiento de la cadena	0:02:05
Total	0:33:40

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57. *Tiempo total durante la perforación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo Muki.*

Observación	Tiempo (min)
Posicionamiento	0:29:50
Perforación efectiva	1:10:40
Recuperación de Barra	0:04:14
Desplazamiento	0:19:48
Total	2:04:32

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58. *Control de tiempos durante la perforación del Tj 850 – W en realce, con mini Jumbo Muki.*

N° de taladros	Tiempo de posic. (min)	Tiempo de penetración (min)	Tiempo de recuperación n barra (min)	Tiempo de desplaz. (min)	Tiempo del ciclo (min)	Tiempo muerto (min)	Observaciones
1	0:00:41	0:00:43	0:00:03	0:01:00	0:02:27		
2	0:00:32	0:01:03	0:00:02		0:01:37		
3	0:00:11	0:00:48	0:00:02		0:01:01		
4	0:00:13	0:00:43	0:00:02		0:00:58		
5	0:00:22	0:00:49	0:00:02	0:00:45	0:01:58		
6	0:00:20	0:00:50	0:00:03		0:01:13		
7	0:00:25	0:00:42	0:00:04		0:01:11		
8	0:01:00	0:00:48	0:00:03		0:01:51		
9	0:00:11	0:00:46	0:00:04	0:00:58	0:01:59		
10	0:00:34	0:00:47	0:00:03		0:01:24		
11	0:00:13	0:00:48	0:00:02		0:01:03	0:10:00	Visita del mecánico
12	0:00:22	0:01:01	0:00:03		0:01:26		
13	0:00:13	0:01:20	0:00:07	0:00:45	0:02:25		
14	0:00:22	0:00:50	0:00:02		0:01:14		
15	0:00:17	0:00:49	0:00:03		0:01:09		
16	0:00:19	0:00:48	0:00:04		0:01:11		
17	0:00:30	0:01:00	0:00:04	0:01:02	0:02:36		
18	0:00:15	0:00:50	0:00:03		0:01:08		
19	0:00:16	0:01:10	0:00:02		0:01:28		
20	0:00:12	0:00:48	0:00:05		0:01:05		
21	0:00:11	0:00:44	0:00:02	0:00:47	0:01:44		



22	0:00:25	0:01:00	0:00:04		0:01:29		
23	0:00:15	0:00:48	0:00:03		0:01:06		
24	0:00:48	0:00:42	0:00:02		0:01:32		
25	0:00:14	0:00:58	0:00:03	0:00:59	0:02:14	0:05:12	Visita de Jefe de guardia
26	0:00:11	0:00:52	0:00:03		0:01:06		
27	0:00:23	0:00:54	0:00:03		0:01:20		
28	0:00:26	0:00:54	0:00:03		0:01:23		
29	0:00:14	0:00:59	0:00:02	0:01:20	0:02:35		
30	0:00:16	0:00:40	0:00:06		0:01:02		
31	0:00:14	0:00:45	0:00:02		0:01:01		
32	0:00:20	0:00:54	0:00:03		0:01:17		
33	0:00:27	0:00:56	0:00:04	0:00:38	0:02:05		
34	0:00:23	0:00:47	0:00:04		0:01:14		
35	0:00:36	0:00:44	0:00:03		0:01:23		
36	0:00:18	0:01:08	0:00:02		0:01:28		
37	0:00:12	0:00:42	0:00:03	0:00:40	0:01:37		
38	0:00:48	0:00:49	0:00:02		0:01:39		
39	0:00:15	0:01:01	0:00:03		0:01:19		
40	0:00:17	0:01:15	0:00:03		0:01:35		
41	0:00:13	0:00:46	0:00:10	0:00:50	0:01:59	0:01:00	Cambio de broca
42	0:00:30	0:00:55	0:00:03		0:01:28		
43	0:00:12	0:01:20	0:00:02		0:01:34		
44	0:00:16	0:00:44	0:00:03		0:01:03		
45	0:00:36	0:00:56	0:00:02	0:00:46	0:02:20		
46	0:00:26	0:00:50	0:00:03		0:01:19		
47	0:00:17	0:00:43	0:00:04		0:01:04		
48	0:00:22	0:00:49	0:00:03		0:01:14		
49	0:01:02	0:00:45	0:00:03	0:01:04	0:02:54		
50	0:00:39	0:00:48	0:00:02		0:01:29		
51	0:00:14	0:01:00	0:00:03		0:01:17		
52	0:00:12	0:00:58	0:00:04		0:01:14		
53	0:00:16	0:00:56	0:00:03		0:01:15		
54	0:00:12	0:00:48	0:00:02		0:01:02		
55	0:00:17	0:01:00	0:00:04		0:01:21		
56	0:00:36	0:00:59	0:00:07	0:01:20	0:03:02		
57	0:00:23	0:00:57	0:00:03		0:01:23		
58	0:00:23	0:00:59	0:00:02		0:01:24		
59	0:00:12	0:00:48	0:00:02		0:01:02		
60	0:00:30	0:00:45	0:00:03	0:02:00	0:03:18		
61	0:00:23	0:00:56	0:00:04		0:01:23		
62	0:00:16	0:01:05	0:00:06		0:01:27		
63	0:00:20	0:00:43	0:00:03		0:01:06		
64	0:00:50	0:00:45	0:00:03		0:01:38		
65	0:00:34	0:00:55	0:00:02		0:01:31		

66	0:00:18	0:01:15	0:00:04	0:02:10	0:03:47	0:15:23	Reajuste de pernos
67	0:00:19	0:00:53	0:00:02		0:01:14		
68	0:00:20	0:00:59	0:00:03		0:01:22		
69	0:00:34	0:01:12	0:00:04		0:01:50		
70	0:00:14	0:01:00	0:00:05	0:01:02	0:02:21		
71	0:00:15	0:00:50	0:00:03		0:01:08		
72	0:00:17	0:00:46	0:00:02		0:01:05		
73	0:00:24	0:00:43	0:00:03		0:01:10		
74	0:00:27	0:00:46	0:00:02		0:01:15		
75	0:00:16	0:00:45	0:00:05	0:00:57	0:02:03		
76	0:00:15	0:00:52	0:00:03		0:01:10	0:02:05	atascamiento de la cadena
77	0:00:16	0:01:09	0:00:02		0:01:27		
78	0:00:27	0:00:40	0:00:02		0:01:09		
79	0:00:13	0:00:56	0:00:03	0:00:45	0:01:57		
80	0:00:23	0:00:49	0:00:02		0:01:14		
TOTAL	0:29:50	1:10:40	0:04:14	0:19:48	2:04:32	0:33:40	
	0:00:22	0:00:53	0:00:03		0:01:33		

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de perforación.

A continuación, mediante la estadística se determina los parámetros más importantes en la perforación y a su vez se ajustan las mediciones tomadas para obtener un valor más cercano a la realidad, a partir de la muestra de 80 taladros medidos en el campo.

Límite superior (Ls) $L_s = 0:03:47$

Límite inferior (Li) $L_i = 0:00:58$

Rango (R) $R = L_s - L_i$

$$R = 0:03:47 - 0:00:58$$

$$R = 0:02:49$$

Marca de clase (K) $K = 1 + 3,33\text{Log}(n)$

Dónde:

n = Número de taladros $n = 115$

$$K = 1 + 3,33\text{Log}(80)$$

$$K = 7$$

Amplitud (A) $A = R/K$



$$A = 0:02:49/7$$

$$A = 0:00:24$$

Tabla 59. Cuadro estadístico, para hallar el tiempo que toma en perforar un taladro de 8 pies, con Mini Jumbo Muki.

Tiempo (min)			Nº de taladros (fi)	Xi (Ls-Ls)/2	hi (fi/n)	xi*fi	xi*hi	Longitud de tal. (Pies)
0:00:58	-	0:01:22	37	0:01:10	0,463	0:43:13	0:00:32	296
0:01:22	-	0:01:46	24	0:01:34	0,300	0:37:41	0:00:28	192
0:01:46	-	0:02:10	8	0:01:58	0,100	0:15:47	0:00:12	64
0:02:10	-	0:02:35	5	0:02:23	0,063	0:11:53	0:00:09	40
0:02:35	-	0:02:59	3	0:02:47	0,038	0:08:20	0:00:06	24
0:02:59	-	0:03:23	2	0:03:11	0,025	0:06:22	0:00:05	16
0:03:23		0:03:47	1	0:03:35	0,013	0:03:35	0:00:03	8
TOTAL			80			2:06:50	0:01:35	640

Fuente: Elaboración propia.

Tiempo promedio que toma perforar un taladro de 8 pies:

$$\sum (xi*hi) = 0:01:35$$

Total, horas perforadas:

$$\sum (xi*fi) = 02:06:50$$

Velocidad de perforación:

$$V_p = \frac{640 * 0.3048 * 1h}{02:04:32 * 60}$$

$$V_p = 1,56 \text{ m/min} \equiv 5,14 \text{ pies/min.}$$

Rendimiento

$$R = \frac{60 \text{ min}}{00:01:35 * 1h}$$

$$R = 38\text{tal/h.}$$

Cálculo de longitud efectiva de perforación.

Para los cálculos de longitud se tomaron como muestra la medición de 80 taladros del total de taladros perforados, para así de esa manera mediante procedimientos estadísticos determinar la longitud efectiva de perforación.

Longitud de perforación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo

Nº de taladros	Longitud (m)
----------------	--------------

1	2,29
2	2,26

3	2,35
4	2,34



5	2,35
6	2,18
7	2,19
8	2,36
9	2,28
10	2,34
11	2,30
12	2,25
13	2,33
14	2,26
15	2,32
16	2,20
17	2,36
18	2,18
19	2,16
20	2,35
21	2,35
22	2,18
23	2,26
24	2,36
25	2,17
26	2,35
27	2,24
28	2,32
29	2,21
30	2,27

31	2,32
32	2,27
33	2,32
34	2,20
35	2,28
36	2,31
37	2,20
38	2,26
39	2,32
40	2,35
41	2,18
42	2,31
43	2,26
44	2,22
45	2,29
46	2,26
47	2,25
48	2,34
49	2,19
50	2,27
51	2,30
52	2,16
53	2,28
54	2,30
55	2,25
56	2,35

57	2,26
58	2,26
59	2,25
60	2,32
61	2,24
62	2,21
63	2,35
64	2,19
65	2,27
66	2,35
67	2,20
68	2,29
69	2,30
70	2,28
71	2,25
72	2,22
73	2,20
74	2,17
75	2,26
76	2,34
77	2,31
78	2,24
79	2,18
80	2,32
Promedio	2,27

Fuente: Elaboración propia

A continuación, mediante la estadística se determina la longitud efectiva de perforación y a su vez se ajustan las mediciones tomadas para obtener un valor más cercano a la realidad, a partir de la muestra de 80 taladros medidos en el campo.

Límite superior (Ls) $Ls = 2,36$

Límite inferior (Li) $Li = 2,16$

Rango (R) $R = Ls - Li$

$$R = 2,35 - 2,16$$

$$R = 0,20$$

Marca de clase (K) $K = 1 + 3,33 \log(n)$

$$K = 1 + 3,33 \log(80)$$



$$K = 7,3$$

Amplitud (A)

$$A = R/K$$

$$A = 0,03$$

Tabla 60. Cuadro estadístico, para hallar longitud efectiva de perforación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo Muki.

Longitud			Nº Taladros (fi)	Xi (Ls - Li) / 2	hi (fi/n)	xi*fi	xi*hi
2,16	-	2,19	9	2,17	0,11	19,55	0,24
2,19	-	2,21	8	2,20	0,10	17,58	0,22
2,21	-	2,24	4	2,22	0,05	8,89	0,11
2,24	-	2,26	8	2,25	0,10	17,98	0,22
2,26	-	2,29	17	2,27	0,21	38,63	0,48
2,29	-	2,31	7	2,30	0,09	16,08	0,20
2,31	-	2,34	11	2,32	0,14	25,55	0,32
2,34	-	2,36	16	2,35	0,20	37,56	0,47
Total			80				2,27

Fuente: Elaboración propia.

Longitud efectiva de perforación: $\sum (xi*hi) = 2,27$

Eficiencia de la perforación: $Eff = 94,70 \% \cong 95\%$

Tabla 61. Datos técnicos en la perforación del Tj 850 - W, con Mini Jumbo Muki.

FECHA	: 05/11/16	EQUIPO	: MINI JUMBO MUKI
LABOR	: Tj 850 - W	OPERADOR	: HENRY MATOS
NIVEL	: 4330	AYUDANTE	: JUÁN CASTRO
GUARDIA	: B	JEFE DE GUARDIA	: ING. NOE LAZARO
TURNO	: NOCHE	ASISTENTE DE MINA	: ROLANDO CHUYMA RIVEROS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62. Antes y después de la operación del Tj 850 – W.

Observación	Tiempo (min)
Charla de seguridad	0:20:00
Desplazamiento a interior mina	0:15:00
Reparto de guardia en interior mina	0:16:00
Caminata a la labor	0:06:00
Inspección del labor	0:15:00
Inspección del equipo	0:10:10
Rellenado de herramientas de gestión	0:16:57
Engrasado del equipo	0:20:45
Conexión de cable y agua	0:21:24
Desatado de rocas sueltas	0:20:00
Desconexión de cable y agua	0:11:12
Limpieza del equipo	0:14:04



Caminata hasta el paradero de camiones	0:05:12
Salida	0:17:14
Total	3:28:58

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63. *Tiempos muertos durante la operación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo Muki.*

Observación	Tiempo (min)
Visto bueno del mecánico	0:10:00
Seguridad compañía	0:20:36
visita del capataz	0:10:45
Visita de jefe de guardia	0:14:23
Atascamiento del barreno	0:10:32
Total	1:06:16

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 64. *Tiempo total de perforación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo Muki.*

Observación	Tiempo (min)
Posicionamiento	0:24:10
Perforación efectiva	1:05:27
Recuperación de Barra	0:04:06
Desplazamiento	0:14:25
Total	1:48:08

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 65. *Control de tiempos durante la perforación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo Muki.*

N° de taladros	Tiempo de posic. (min)	Tiempo efectivo de penetración (min)	Tiempo de recuperación (min)	Tiempo de desplaz. (min)	Tiempo del ciclo (min)	Tiempo muerto (min)	Motivos
1	0:00:22	0:00:47	0:00:03		0:01:12		
2	0:00:20	0:00:58	0:00:02		0:01:20		
3	0:00:15	0:00:57	0:00:08		0:01:20		
4	0:00:19	0:00:49	0:00:02		0:01:10		
5	0:00:39	0:00:52	0:00:05		0:01:36		
6	0:00:20	0:00:57	0:00:03		0:01:20		
7	0:00:18	0:01:03	0:00:04		0:01:25		
8	0:00:13	0:00:51	0:00:03	0:00:56	0:02:03	0:10:00	Visita del mecánico
9	0:00:17	0:00:59	0:00:02		0:01:18		
10	0:00:23	0:01:00	0:00:04		0:01:27		
11	0:00:16	0:01:02	0:00:03		0:01:21		
12	0:00:21	0:00:59	0:00:05		0:01:25		
13	0:00:16	0:00:43	0:00:02		0:01:01		
14	0:00:14	0:00:54	0:00:07		0:01:15		
15	0:00:26	0:01:10	0:00:03		0:01:39		
16	0:00:16	0:00:48	0:00:03		0:01:07		

17	0:00:24	0:00:55	0:00:02	0:01:03	0:02:24		
18	0:00:17	0:01:01	0:00:04		0:01:22		
19	0:00:27	0:00:50	0:00:02		0:01:19		
20	0:00:33	0:00:46	0:00:03		0:01:22		
21	0:00:17	0:01:04	0:00:04		0:01:25	0:20:36	Seguridad compañía
22	0:00:15	0:01:02	0:00:03		0:01:20		
23	0:00:14	0:00:54	0:00:02	0:00:59	0:02:09		
24	0:00:13	0:00:53	0:00:03		0:01:09		
25	0:00:17	0:01:01	0:00:03		0:01:21		
26	0:00:22	0:00:52	0:00:02		0:01:16		
27	0:00:12	0:00:49	0:00:04		0:01:05		
28	0:00:16	0:00:58	0:00:02		0:01:16		
29	0:00:30	0:01:02	0:00:03		0:01:35		
30	0:00:23	0:00:52	0:00:02		0:01:17		
31	0:00:02	0:01:04	0:00:07	0:01:10	0:02:23		
32	0:00:15	0:00:57	0:00:03		0:01:15	0:10:45	Visita de capataz
33	0:00:15	0:00:46	0:00:02		0:01:03		
34	0:00:18	0:01:02	0:00:03		0:01:23		
35	0:00:13	0:00:50	0:00:02		0:01:05		
36	0:00:17	0:00:45	0:00:04		0:01:06		
37	0:00:14	0:00:47	0:00:03		0:01:04		
38	0:00:35	0:00:49	0:00:03		0:01:27		
39	0:00:19	0:00:54	0:00:02		0:01:15		
40	0:00:12	0:00:50	0:00:03		0:01:05		
41	0:00:15	0:00:56	0:00:03	0:04:00	0:05:14		
42	0:00:32	0:01:12	0:00:02		0:01:46		
43	0:00:52	0:01:04	0:00:05		0:02:01		
44	0:00:18	0:00:54	0:00:02		0:01:14		
45	0:00:16	0:01:02	0:00:03		0:01:21		
46	0:00:16	0:00:49	0:00:04		0:01:09		
47	0:00:17	0:00:48	0:00:03	0:02:02	0:03:10	0:14:23	Visita de jefe de guardia
48	0:00:23	0:01:06	0:00:02		0:01:31		
49	0:00:49	0:00:54	0:00:04		0:01:47		
50	0:00:23	0:01:00	0:00:10		0:01:33		
51	0:00:36	0:00:46	0:00:03		0:01:25		
52	0:00:13	0:00:57	0:00:05		0:01:15		
53	0:00:25	0:00:58	0:00:02		0:01:25		
54	0:00:26	0:00:55	0:00:07		0:01:28		

55	0:00:16	0:00:51	0:00:03		0:01:10		
56	0:00:20	0:00:47	0:00:05		0:01:12		
57	0:00:18	0:00:50	0:00:04		0:01:12		
58	0:00:15	0:00:59	0:00:03		0:01:17	0:10:32	Atascamiento de barreno
59	0:00:15	0:00:48	0:00:05		0:01:08		
60	0:00:13	0:00:56	0:00:02		0:01:11		
61	0:00:16	0:00:54	0:00:02	0:03:01	0:04:13		
62	0:00:23	0:01:06	0:00:02		0:01:31		
63	0:00:15	0:00:56	0:00:03		0:01:14		
64	0:00:18	0:00:49	0:00:04		0:01:11		
65	0:00:36	0:01:03	0:00:03		0:01:42		
66	0:00:21	0:00:51	0:00:04		0:01:16		
67	0:00:27	0:00:56	0:00:06		0:01:29		
68	0:00:25	0:00:45	0:00:03		0:01:13		
69	0:00:14	0:00:53	0:00:07	0:01:14	0:02:28		
70	0:00:16	0:01:12	0:00:02		0:01:30		
71	0:00:26	0:00:58	0:00:03		0:01:27		
TOTAL	0:24:10	1:05:27	0:04:06	0:14:25	1:48:08	1:06:16	
	0:00:40	0:01:49	0:00:07		0:01:31		

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de perforación.

A continuación, mediante la estadística se determina los parámetros más importantes en la perforación y a su vez se ajustan las mediciones tomadas para obtener un valor más cercano a la realidad, a partir de la muestra de 75 taladros medidos en el campo.

Límite superior (Ls) $L_s = 0:05:14$

Límite inferior (Li) $L_i = 0:01:01$

Rango (R) $R = L_s - L_i$

$$R = 0:05:14 - 0:01:01$$

$$R = 0:04:13$$

Marca de clase (K) $K = 1 + 3,33\text{Log}(n)$

Dónde:

n = Número de taladros $n = 71$

$$K = 1 + 3,33\text{Log}(71)$$



$$K = 7$$

Amplitud (A)

$$A = R/K$$

$$A = 0:04:13/7$$

$$A = 0:00:36$$

Tabla 66. Cuadro estadístico, para hallar el tiempo que toma en perforar un taladro de 8 pies, con Mini Jumbo Muki.

Tiempo (min)			Nº de taladros (fi)	Xi (Ls-Ls)/2	hi (fi/n)	xi*fi	xi*hi	Longitud de tal. (Pies)
0:01:01	-	0:01:37	58	0:01:19	0,817	1:16:26	0:01:05	464
0:01:37	-	0:02:13	7	0:01:55	0,099	0:13:26	0:00:11	56
0:02:13	-	0:02:49	3	0:02:31	0,042	0:07:34	0:00:06	24
0:02:49	-	0:03:26	1	0:03:08	0,014	0:03:08	0:00:03	8
0:03:26	-	0:04:02	0	0:03:44	0,000	0:00:00	0:00:00	0
0:04:02	-	0:04:38	1	0:04:20	0,014	0:04:20	0:00:04	8
0:04:38		0:05:14	1	0:04:56	0,014	0:04:56	0:00:04	8
TOTAL			71			1:49:50	0:01:33	568

Fuente: Elaboración propia.

Tiempo promedio que toma en perforar un taladro de 8 pies: $\sum (xi*hi) = 0:01:33$ (min)

Total, horas perforadas: $\sum (xi*hi) = 01:49:50$ (h)

Velocidad de perforación (Vp):

$$Vp = \frac{568 \text{ m} * 0,3048 * 1 \text{ h}}{01:48:08 * 60}$$

$$Vp = 1,60 \text{ m/min} \equiv 5,25 \text{ pies/min}$$

Rendimiento:

$$R = \frac{60 \text{ min}}{00:01:33 * 1 \text{ h}}$$

$$R = 35,3 \equiv 35 \text{ Tal/h.}$$

Longitud de perforación del Tj 850 – W, con mini Jumbo Muki.

Nº de taladros	Longitud (m)
1	2,28
2	2,19
3	2,35
4	2,36
5	2,27

6	2,26
7	2,31
8	2,32
9	2,23
10	2,32
11	2,35
12	2,28

13	2,34
14	2,32
15	2,27
16	2,35
17	2,24
18	2,19
19	2,28

20	2,36
21	2,30
22	2,20
23	2,29
24	2,26
25	2,23
26	2,24
27	2,32
28	2,34
29	2,24
30	2,35
31	2,36
32	2,33
33	2,31
34	2,25
35	2,26
36	2,30
37	2,34

38	2,23
39	2,25
40	2,32
41	2,23
42	2,23
43	2,31
44	2,35
45	2,21
46	2,23
47	2,32
48	2,23
49	2,22
50	2,31
51	2,35
52	2,26
53	2,24
54	2,21
55	2,23

56	2,21
57	2,29
58	2,23
59	2,26
60	2,28
61	2,26
62	2,25
63	2,24
64	2,33
65	2,34
66	2,28
67	2,31
68	2,35
69	2,26
70	2,23
71	2,26
Promedio	2,28

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, mediante la estadística se determina la longitud efectiva de perforación y a su vez se ajustan las mediciones tomadas para obtener un valor más cercano a la realidad, a partir de la muestra de 71 taladros medidos en el campo.

Límite superior (Ls) $Ls = 2,36$

Límite inferior (Li) $Li = 2,19$

Rango (R) $R: Ls - Li$

$$R = 2,36 - 2,19$$

$$R = 0,17$$

Marca de clase (K) $K = 1 + 3,33 \log(n)$

$$K = 1 + 3,33 \log(71)$$

$$K = 7,2$$

Amplitud (A) $A = R/K$

$$A = 0,02$$

Tabla 67. Cuadro estadístico, para determinar la longitud efectiva de perforación del Tj 850 – W, con Mini Jumbo Muki.

Longitud (m)	Nº	$Xi (Ls - Li) /$	$hi (fi/n)$	$xi*fi$	$xi*hi$
--------------	----	------------------	-------------	---------	---------



			Taladros (fi)	2			
2,19	-	2,21	3	2,20	0,04	6,61	0,09
2,21	-	2,24	14	2,23	0,20	31,16	0,44
2,24	-	2,26	8	2,25	0,11	17,99	0,25
2,26	-	2,28	10	2,27	0,14	22,73	0,32
2,28	-	2,31	9	2,30	0,13	20,67	0,29
2,31	-	2,33	11	2,32	0,15	25,53	0,36
2,33	-	2,36	16	2,34	0,23	37,51	0,53
Total			71				2,28

Fuente: Elaboración propia.

Longitud efectiva de perforación: $\sum (x_i * h_i) = 2,28 \text{ m}$

Eficiencia de perforación (Eff): Eff = 95,18%

SEGUNDA PRUEBA

Estudio de tiempos del Mini Jumbo Muki del Tj 663 – W en Uper. El presente estudio de tiempos se realizó el 02 de diciembre (guardia día). La guardia inicia a las 6:45 am con la charla de seguridad y terminan a las 6:00 pm. Considerar 1 hora de refrigerio (12:00pm – 1:00pm). Horas de trabajo 10:15:00

Tabla 68. Datos técnicos en la perforación del Tj 663 – W, con Mini Jumbo Muki.

FECHA	: 12/11/16	EQUIPO	: MINI JUMBO MUKI
LABOR	: Tj 663 - W	OPERADOR	: DAVID SUVIZARRETA
NIVEL	: 4330	AYUDANTE	: EVARISTO CUCHULA
GUARDIA	: A	JEFE DE GUARDIA	: ING. JOSÉ L. VILLEGAS .A.
TURNOS	: Día	ASISTENTE DE MINA	: ROLANDO CHUYMA RIVEROS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69. Datos técnicos del Tj 663 - W.

Labor	Tajo 663 E
Potencia de la veta	1,66m
Número de taladros perforados	274
Perforación efectiva	2,27m
Material	Mineral
Densidad del mineral	3,01 g/cm ³

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70. Tiempos muertos antes y después de la operación del Tj 663 - W.

Observación	Tiempo (min)
Charla de seguridad	0:45:17
Desplazamiento a interior mina	0:11:16
Reparto de guaria interior mina	0:22:09
Camina a la labor	0:18:03
Inspección del frente	0:04:12



Llenado de Herramientas de gestión	0:17:14
Inspección de la máquina	0:02:17
Engrasado de la Pluma	0:09:57
Conexión de cable y agua	0:09:57
Desatado de rocas sueltas	0:12:34
Tiempo de retorno del refrigerio	0:30:00
Desconexión del agua y cable	0:07:11
Limpieza del equipo	0:11:03
Caminata hasta el paradero	0:14:02
Camita de salida de la labores	0:14:02
Total	3:49:14

Fuente: Elaboración propia.

Tiempos muertos ante de la perforación:

Antes de iniciar la perforación se tuvieron tiempos muertos a causa de falta de agua en las labores, equivalente a 02:30:00

Tabla 71. *Tiempos muertos durante la perforación del Tj 663 - W.*

Observación	Tiempo (min)
Cambio de broca	0:03:36
Plegamiento de la manguera de agua	0:02:48
Ajuste de la cañería de agua (pluma)	0:03:23
Visto bueno del mecánico	0:05:53
Demora por ajuste de mangueras	0:06:55
Verificación de la malla de perforación	0:01:44
Ajuste de la manguera de agua	0:12:52
Desatado de una cuña	0:03:12
total	0:40:11

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 72. *Tiempo total de perforación del Tj 663 – W, con Mini Jumbo Muki.*

Observación	Tiempo (min)
Posicionamiento	1:16:43
Perforación efectiva	1:10:35
Recuperación de la barra	0:04:43
Desplazamiento	0:26:46
Total	2:28:47

Fuente: Elaboración propia.

El ala este del tajeo 663 W, tiene una longitud de aproximadamente 160 m, de los cuales solo se perforo y disparo 104 m, el presente estudio de tiempos de perforación toma como muestra a 92 taladros del total de una población total de 274 que se perforaron para realizar la voladura.



Los 92 taladros que a continuación se muestran en la tabla, se perforaron el día 2 de diciembre en la guardia día, el presente estudio se apoya en la estadística para ajustar los datos y tener resultados más objetivos, ya que no se cuenta con medición total de taladros (274 taladros).

Tabla 73. Control de tiempos durante la perforación del Tj 663 – W en realce, con Mini Jumbo Muki.

N° Taladros	Tiempo de posic. (min)	Tiempo de perforación Efectiva (min)	Tiempo de recuperación de barra (min)	Tiempo de desplaz (min).	Tiempo del ciclo (min)	Tiempo muerto (min)	Motivo
1	0:01:10	0:00:45	0:00:03		0:01:58		
2	0:01:09	0:00:34	0:00:02		0:01:45		
3	0:00:40	0:00:56	0:00:03		0:01:39		
4	0:01:01	0:00:24	0:00:04		0:01:29		
5	0:00:30	0:00:58	0:00:03	0:01:12	0:02:43		
6	0:01:02	0:00:45	0:00:03		0:01:50		
7	0:00:50	0:00:30	0:00:07		0:01:27		
8	0:01:08	0:00:31	0:00:03		0:01:42		
9	0:00:39	0:00:32	0:00:04	0:01:21	0:02:36		
10	0:00:45	0:00:45	0:00:04		0:01:34		
11	0:01:00	0:00:59	0:00:04		0:01:04	0:01:10	Cambio de broca
12	0:00:40	0:00:46	0:00:02		0:01:28		
13	0:00:59	0:00:57	0:00:03	0:00:48	0:02:47		
14	0:00:46	0:00:33	0:00:02		0:01:21		
15	0:00:58	0:00:47	0:00:03		0:00:50		
16	0:01:15	0:01:02	0:00:02		0:02:19		
17	0:00:33	0:00:46	0:00:02	0:00:51	0:02:12		
18	0:00:51	0:00:31	0:00:08		0:01:30		
19	0:02:02	0:00:28	0:00:02		0:02:32		
20	0:00:57	0:00:50	0:00:03		0:01:50		
21	0:01:31	0:00:56	0:00:03	0:01:04	0:03:34		
22	0:00:26	0:01:06	0:00:02		0:01:34		
23	0:01:30	0:00:46	0:00:04		0:02:20		
24	0:00:30	0:00:54	0:00:03	0:01:06	0:02:33		
25	0:00:58	0:00:54	0:00:03		0:01:55		
26	0:00:26	0:00:45	0:00:02		0:01:13		
27	0:01:01	0:00:50	0:00:03		0:01:54		
28	0:00:30	0:00:51	0:00:02	0:01:01	0:02:24	0:06:55	Ajuste de manguera
29	0:00:58	0:00:45	0:00:03		0:01:46		
30	0:00:31	0:00:53	0:00:10		0:01:34		
31	0:00:41	0:00:50	0:00:04		0:01:35		
32	0:00:29	0:01:02	0:00:02	0:01:47	0:03:20		
33	0:00:53	0:00:44	0:00:02		0:01:39		
34	0:00:38	0:00:32	0:00:02		0:01:12		
35	0:01:04	0:00:52	0:00:03		0:01:59		
36	0:00:52	0:00:41	0:00:02	0:02:36	0:04:11		
37	0:01:09	0:00:53	0:00:02		0:02:04		

38	0:00:36	0:00:47	0:00:03		0:01:26	0:01:44	Verificación de la malla
39	0:00:41	0:00:45	0:00:02		0:01:28	0:12:52	Ajuste de mang. agua
40	0:00:58	0:00:59	0:00:03	0:01:22	0:03:22		
41	0:00:27	0:01:03	0:00:02		0:01:32		
42	0:00:32	0:00:48	0:00:05		0:01:25		
43	0:01:01	0:00:40	0:00:02		0:01:43		
44	0:00:28	0:00:47	0:00:02	0:01:18	0:02:35	0:03:12	Desatado de una cuña
45	0:00:37	0:00:38	0:00:03		0:01:15		
46	0:00:34	0:00:45	0:00:03		0:01:22		
47	0:01:46	0:00:41	0:00:03		0:02:30		
48	0:00:26	0:01:02	0:00:12	0:00:47	0:02:27		
49	0:00:59	0:00:44	0:00:02		0:01:45		
50	0:00:32	0:00:45	0:00:02		0:01:19		
51	0:00:59	0:01:12	0:00:03		0:02:14		
52	0:00:24	0:00:48	0:00:02	0:01:09	0:02:23		
53	0:01:12	0:00:46	0:00:02		0:02:00		
54	0:00:31	0:00:53	0:00:03		0:01:27		
55	0:00:52	0:00:44	0:00:03		0:01:39		
56	0:00:37	0:00:51	0:00:03	0:01:04	0:02:35		
57	0:02:02	0:01:07	0:00:02		0:03:11		
58	0:00:17	0:00:53	0:00:03		0:01:13		
59	0:00:19	0:01:06	0:00:02		0:01:27	0:01:22	Cambio de broca
60	0:00:46	0:00:49	0:00:09		0:01:44		
61	0:00:57	0:00:36	0:00:02		0:01:35		
62	0:00:17	0:00:47	0:00:03	0:01:43	0:02:50		
63	0:01:06	0:00:44	0:00:03		0:01:53		
64	0:00:30	0:00:44	0:00:02		0:01:16		
65	0:00:28	0:00:47	0:00:02		0:01:17		
66	0:01:33	0:00:42	0:00:02		0:02:17		
67	0:01:22	0:00:37	0:00:12		0:02:11		
68	0:00:23	0:00:44	0:00:02	0:01:16	0:02:25		
69	0:00:55	0:00:42	0:00:03		0:01:40		
70	0:00:48	0:00:27	0:00:03		0:01:18		
71	0:00:52	0:00:37	0:00:02		0:01:31		
72	0:00:43	0:00:43	0:00:02	0:01:17	0:02:45	0:05:53	Visto bueno mecánico
73	0:00:52	0:00:49	0:00:02		0:01:43		
74	0:01:06	0:00:44	0:00:03		0:01:53		
75	0:01:06	0:00:46	0:00:02		0:01:54		
76	0:00:31	0:00:42	0:00:03	0:01:38	0:02:54		
77	0:01:02	0:00:45	0:00:02		0:01:49		
78	0:00:56	0:00:37	0:00:02		0:01:35		
79	0:01:06	0:00:47	0:00:03		0:01:56		
80	0:00:25	0:00:33	0:00:02	0:01:25	0:02:25	0:03:23	Ajuste cañería de agua
81	0:00:24	0:01:06	0:00:03		0:01:33		

82	0:00:58	0:00:36	0:00:02		0:01:36		
83	0:00:47	0:00:51	0:00:03		0:01:41		
84	0:00:28	0:00:36	0:00:02	0:01:32	0:02:38	0:02:48	Plegamiento mang. agua
85	0:00:51	0:00:47	0:00:02		0:01:40		
86	0:00:37	0:00:39	0:00:02		0:01:18	0:01:02	Cambio de broca
87	0:01:22	0:00:41	0:00:03		0:02:06		
88	0:00:30	0:00:39	0:00:03	0:01:23	0:02:35		
89	0:01:33	0:00:37	0:00:03		0:02:13		
90	0:00:32	0:00:41	0:00:02		0:01:15		
91	0:01:01	0:00:39	0:00:03		0:01:43		
92	0:00:32	0:00:44	0:00:03		0:01:19		
TOTAL	1:16:13	1:09:36	0:04:40	0:27:40	2:58:09	0:40:21	
PROMEDIO	0:00:50	0:00:46	0:00:03				

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de perforación.

A continuación, mediante la estadística se determina los parámetros más importantes en la perforación y a su vez se ajustan las mediciones tomadas para obtener un valor más cercano a la realidad, a partir de la muestra de 92 taladros medidos en el campo.

Límite superior (Ls) $L_s = 0:04:11$

Límite inferior (Li) $L_i = 0:00:50$

Rango (R) $R = L_s - L_i$

$$R = 0:04:11 - 00:00:50$$

$$R = 0:03:21$$

Marca de clase (K) $K = 1 + 3,33\text{Log}(n)$

Dónde:

n = Número de taladros $n = 92$

$$K = 1 + 3,33\text{Log}(92)$$

$$K = 8$$

Amplitud (A) $A = R/K$

$$A = 0:03:21/8$$

$$A = 0:00:55$$



Tabla 74. Cuadro estadístico, para hallar el tiempo que toma en perforar un taladro de 8 pies.

Tiempo (min)			N° de taladros (fi)	Xi (Ls-Ls)/2	hi (fi/n)	xi*fi	xi*hi	Longitud de tal. (Pies)
0:00:50	-	0:01:15	25	0:01:03	0,278	0:26:04	0:00:17	200
0:01:15	-	0:01:40	30	0:01:28	0,333	0:43:51	0:00:29	240
0:01:40	-	0:02:05	10	0:01:53	0,111	0:18:48	0:00:13	80
0:02:05	-	0:02:30	15	0:02:18	0,167	0:34:29	0:00:23	120
0:02:30	-	0:02:56	5	0:02:43	0,056	0:13:35	0:00:09	40
0:02:56	-	0:03:21	3	0:03:08	0,033	0:09:25	0:00:06	24
0:03:21		0:03:46	1	0:03:33	0,011	0:03:33	0:00:02	8
0:03:46		0:04:11	1	0:03:58	0,011	0:03:58	0:00:03	8
TOTAL			90		1,00	2:33:44	0:01:42	720

Fuente: Elaboración propia.

Longitud promedio en perforara un taladro de 8 pies: $\sum (xi*hi) = 0:01:42$ (min)

Total, horas perforadas: $\sum (xi*fi) = 02:33:44$ (h)

Velocidad de perforación:

$$Vp = \frac{720 * 0.3048 * 1h}{02:33:40 * 60}$$

$$Vp = 1,68 \text{ m/min} \equiv 5,52 \text{ Pies/min}$$

Rendimiento horario:

$$R = \frac{60 \text{ min}}{0:01:42 * 1h}$$

$$R = 35,3 \text{ Tal/h}$$

Cálculo de longitud efectiva de perforación

Para los cálculos de longitud se tomaron como muestra la medición de 100 taladros del total de taladros perforados, para así de esa manera mediante procedimientos estadísticos determinar la longitud efectiva de perforación.

Longitud de perforación del Tj 663 – W, con Mini Jumbo muki

N° de taladros	Longitud (m)
1	2,21
2	2,19
3	2,19
4	2,21
5	2,30
6	2,25

7	2,26
8	2,22
9	2,18
10	2,29
11	2,28
12	2,29
13	2,28
14	2,19

15	2,29
16	2,26
17	2,32
18	2,23
19	2,26
20	2,22
21	2,33
22	2,24

23	2,23
24	2,18
25	2,33
26	2,30
27	2,35
28	2,29
29	2,21
30	2,27
31	2,28
32	2,34
33	2,26
34	2,35
35	2,29
36	2,31
37	2,19
38	2,26
39	2,35
40	2,29
41	2,21
42	2,29
43	2,24
44	2,32
45	2,18
46	2,23
47	2,25
48	2,32

Límite superior (Ls)

Límite inferior (Li)

Rango (R)

Marca de clase (K)

Dónde:

n = Número de taladros

Amplitud (A)

49	2,19
50	2,27
51	2,20
52	2,18
53	2,27
54	2,23
55	2,24
56	2,19
57	2,26
58	2,19
59	2,26
60	2,23
61	2,19
62	2,21
63	2,30
64	2,22
65	2,33
66	2,29
67	2,19
68	2,29
69	2,32
70	2,35
71	2,25
72	2,30
73	2,30
74	2,28

Ls = 2,35

Li = 2,18

$R = Ls - Li$

$R = 2,35 - 2,18$

$R = 0,17$

$K = 1 + 3,33\text{Log}(n)$

$n = 100$

$K = 1 + 3,33\text{Log}(100)$

$K = 8$

$A = R/K$

75	2,32
76	2,20
77	2,32
78	2,24
79	2,28
80	2,27
81	2,31
82	2,19
83	2,28
84	2,22
85	2,19
86	2,35
87	2,19
88	2,24
89	2,34
90	2,21
91	2,35
92	2,34
93	2,25
94	2,25
95	2,26
96	2,22
97	2,20
98	2,30
99	2,27
100	2,18

$$A = 0,17/8$$

$$A = 0,22$$

Tabla 75. Cuadro estadístico, para hallar la longitud efectiva de perforación del Tj 663 – W, Con Mini Jumbo Muki.

Longitud (m)			Nº Taladros (fi)	Xi (Ls -Li)/2	hi (fi/n)	xi *fi	xi *hi
2,18	-	2,20	0	2,19	0,00	0,00	0,00
2,20	-	2,22	17	2,21	0,17	37,60	0,38
2,22	-	2,24	14	2,23	0,14	31,26	0,31
2,24	-	2,27	10	2,25	0,10	22,54	0,23
2,27	-	2,29	18	2,28	0,18	40,96	0,41
2,29	-	2,31	15	2,30	0,15	34,45	0,34
2,31	-	2,33	14	2,32	0,14	32,45	0,32
2,33	-	2,35	12	2,34	0,12	28,07	0,28
Total			100		1,00		2,27

Fuente: Elaboración propia.

Longitud efectiva de perforación: $\sum (Xi*hi) = 2,27$ m

Eficiencia de perforación (Ef) = 94, 73 %

TERCERA PRUEBA

Tabla 76. Datos técnicos en la perforación del Tj 591 – W, con Mini Jumbo Muki.

FECHA	: 15/12/16	EQUIPO	: MINI JUMBO MUKI
LABOR	: Tj 591- W	OPERADOR	: DAVID ZUVIZARRETA
NIVEL	: 4430	AYUDANTE	: EVARISTO CUCHULA
GUARDIA	: A	JEFE DE GDIA	: ING. JOSÉ L. VILLEGAS .A.
TURNO	: DÍA	ASIST. DE MINA	: ROLANDO CHUYMA RIVEROS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 77. Tiempos muertos antes de la perforación del Tj 591 - W.

Observación	Tiempo (min)
Charla de seguridad	0:36:18
Desplazamiento a interior mina	0:08:07
Reparto de guardia interior mina	0:34:19
Caminata a la labor	0:13:49
Inspección del frente	0:15:07
Llenado de herramientas de gestión	0:15:34
Evaluación de la maquina	0:03:41
Engasado de la pluma	0:04:15
Conexión de cable y agua	0:35:11
Desatado	0:10:01
Desconexión de agua y cable	0:13:43
Limpieza del equipo	0:05:12



Caminata hasta el paradero	0:14:52
Viaje de salida de las labores	0:09:48
Total	3:39:48

Fuente: Elaboración propia.

Tiempos muertos antes de la perforación.

Antes de reiniciar la perforación después de la hora de refrigerio, se tuvieron tiempos muertos a causa de la necesidad de dar pase al scoop que tenía que extraer el mineral que se encontraba en el tope del tajo, para lo cual se procedió a desinstalar e instalar nuevamente las mangueras de agua y electricidad, lo cual tomo un tiempo de: 1:47:53.

Tabla 78. *Tiempos muertos durante la perforación del Tj 591 – W, con Mini Jumbo Muki.*

Observación	Tiempo (min)
Barreno trancado	0:01:52
Cambio de broca	0:03:28
Ajuste de cañerías	0:00:52
Ajuste de manguera	0:05:34
Total	0:11:46

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 79. *Tiempo total de perforación del Tj 591 – W, con mini Jumbo Muki.*

Observación	Tiempo
Posicionamiento	1:35:23
Perforación efectiva	1:57:12
Recuperación de la barra	0:12:32
Desplazamiento	0:50:09
Total	4:35:16

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 80. *Control de tiempos durante la perforación del Tj 591 – W, con Mini Jumbo Muki.*

Nº de taladros	Tiempo de posic. (min)	Tiempo de perforación efectiva (min)	Tiempo de recuperación de barra (min)	Tiempo de desplaz. (min)	Tiempo del ciclo (min)	Tiempo muerto (min)	MOTIVO
1	0:00:51	0:00:37	0:00:02		0:01:30		
2	0:00:16	0:00:48	0:00:02		0:01:06		
3	0:00:41	0:00:39	0:00:03	0:01:28	0:02:51		
4	0:00:16	0:00:32	0:00:02		0:00:50		
5	0:01:16	0:00:43	0:00:15		0:02:14		
6	0:00:15	0:00:39	0:00:07		0:01:01		
7	0:00:21	0:00:44	0:00:19	0:01:33	0:02:57		
8	0:00:20	0:00:35	0:00:03		0:00:58		
9	0:01:03	0:00:46	0:00:20		0:02:09		
10	0:00:18	0:00:52	0:00:06	0:00:40	0:01:56		
11	0:01:09	0:00:40	0:00:11		0:02:00		
12	0:00:21	0:00:50	0:00:08		0:01:19		
13	0:01:12	0:00:50	0:00:46	0:00:38	0:03:26		

14	0:00:16	0:00:38	0:00:02		0:00:56	0:01:52	Barreno trancado
15	0:00:40	0:00:44	0:00:03		0:01:27		
16	0:00:19	0:00:47	0:00:10	0:00:39	0:01:55		
17	0:00:52	0:00:48	0:00:13		0:01:53		
18	0:00:39	0:00:39	0:00:02		0:01:20	0:00:53	Cambio de broca
19	0:01:06	0:00:53	0:00:02	0:01:15	0:03:16		
20	0:00:17	0:00:49	0:00:07		0:01:13		
21	0:01:31	0:00:39	0:00:04		0:02:14		
22	0:00:37	0:00:42	0:00:02	0:01:35	0:02:56		
23	0:00:49	0:00:38	0:00:02		0:01:29		
24	0:00:32	0:00:47	0:00:02		0:01:21		
25	0:01:46	0:00:48	0:00:04	0:01:18	0:03:56		
26	0:00:34	0:00:38	0:00:02		0:01:14		
27	0:00:16	0:00:52	0:00:02	0:00:45	0:01:55		
28	0:00:15	0:00:49	0:00:03		0:01:07		
29	0:00:57	0:00:45	0:00:02	0:01:10	0:02:54	0:00:52	Ajuste de cañerías
30	0:00:27	0:00:41	0:00:22		0:01:30		
31	0:00:43	0:00:45	0:00:11		0:01:39		
32	0:00:36	0:00:41	0:00:03	0:01:20	0:02:40		
33	0:00:24	0:00:32	0:00:06		0:01:02		
34	0:00:12	0:00:32	0:00:02		0:00:46		
35	0:00:26	0:00:30	0:00:04	0:01:00	0:02:00		
36	0:00:51	0:00:44	0:00:02		0:01:37		
37	0:00:36	0:00:57	0:00:02		0:01:35		
38	0:00:34	0:00:43	0:00:02		0:01:19		
39	0:00:21	0:00:37	0:00:02	0:00:55	0:01:55		
40	0:00:23	0:00:34	0:00:06		0:01:03		
41	0:00:18	0:00:42	0:00:02		0:01:02		
42	0:00:36	0:00:42	0:00:02		0:01:20		
43	0:00:23	0:00:53	0:00:02	0:01:29	0:02:47		
44	0:00:16	0:00:44	0:00:02		0:01:02		
45	0:00:20	0:01:02	0:00:02		0:01:24		
46	0:00:40	0:00:40	0:00:02	0:01:01	0:02:23		
47	0:00:19	0:00:40	0:00:02		0:01:01		
48	0:00:16	0:00:43	0:00:02		0:01:01		
49	0:00:21	0:00:37	0:00:02		0:01:00		
50	0:00:41	0:00:36	0:00:02	0:01:02	0:02:21		
51	0:00:20	0:00:58	0:00:02		0:01:20		
52	0:00:15	0:00:45	0:00:02		0:01:02		
53	0:00:16	0:00:51	0:00:02		0:01:09		
54	0:00:32	0:00:39	0:00:03		0:01:14		
55	0:00:19	0:00:54	0:00:00	0:00:41	0:01:54		
56	0:00:16	0:00:31	0:00:02		0:00:49		
57	0:00:17	0:00:37	0:00:02		0:00:56		

58	0:00:26	0:00:38	0:00:03		0:01:07		
59	0:00:18	0:00:40	0:00:07		0:01:05		
60	0:01:53	0:00:57	0:00:02	0:01:35	0:04:27		
61	0:00:28	0:00:53	0:00:02		0:01:23		
62	0:00:16	0:00:56	0:00:02		0:01:14		
63	0:00:12	0:00:41	0:00:03		0:00:56		
64	0:00:17	0:00:36	0:00:03		0:00:56		
65	0:00:36	0:00:37	0:00:02		0:01:15		
66	0:00:15	0:00:49	0:00:06	0:00:57	0:02:07		
67	0:00:12	0:00:40	0:00:02		0:00:54		
68	0:00:35	0:00:31	0:00:03		0:01:09		
69	0:00:12	0:00:36	0:00:03		0:00:51	0:00:36	cambio de broca
70	0:00:15	0:01:05	0:00:02	0:01:21	0:02:43		
71	0:00:19	0:00:52	0:00:02		0:01:13		
72	0:00:20	0:00:38	0:00:03		0:01:01	0:05:34	Ajuste de mangueras
73	0:00:14	0:00:40	0:00:02		0:00:56		
74	0:00:11	0:00:37	0:00:02	0:00:44	0:01:34		
75	0:00:30	0:00:31	0:00:08		0:01:09		
76	0:00:12	0:00:44	0:00:02		0:00:58		
77	0:00:29	0:00:37	0:00:02		0:01:08		
78	0:00:17	0:00:31	0:00:02	0:01:44	0:02:34		
79	0:00:21	0:02:08	0:00:02		0:02:31		
80	0:00:21	0:00:40	0:00:02		0:01:03		
81	0:00:34	0:00:32	0:00:02		0:01:08		
82	0:00:32	0:00:41	0:00:02	0:02:12	0:03:27		
83	0:00:16	0:00:38	0:00:02		0:00:56		
84	0:00:17	0:01:34	0:00:02		0:01:53		
85	0:00:18	0:00:39	0:00:02		0:00:59		
86	0:00:25	0:00:56	0:00:02	0:00:39	0:02:02		
87	0:00:12	0:00:37	0:00:02		0:00:51		
88	0:00:16	0:00:36	0:00:02		0:00:54		
89	0:00:38	0:00:34	0:00:02		0:01:14		
90	0:00:20	0:00:26	0:00:02	0:00:40	0:01:28		
91	0:00:18	0:00:31	0:00:02		0:00:51		
92	0:00:23	0:00:32	0:00:02		0:00:57		
93	0:00:40	0:00:40	0:00:02		0:01:22		
94	0:00:29	0:00:53	0:00:02	0:01:11	0:02:35		
95	0:00:13	0:00:30	0:00:02		0:00:45		
96	0:00:45	0:00:35	0:00:02		0:01:22		
97	0:00:14	0:00:33	0:00:02		0:00:49		
98	0:01:59	0:00:34	0:00:02	0:01:30	0:04:05		
99	0:00:57	0:00:40	0:00:02		0:01:39		
100	0:00:38	0:00:41	0:00:02		0:01:21		
101	0:00:34	0:00:36	0:00:03		0:01:13		

102	0:00:13	0:00:32	0:00:03		0:00:48		
103	0:00:39	0:00:45	0:00:02		0:01:26		
104	0:00:49	0:00:40	0:00:02		0:01:31		
105	0:00:48	0:00:47	0:00:02		0:01:37		
106	0:00:14	0:00:50	0:00:50	0:01:43	0:03:37		
107	0:01:21	0:00:32	0:00:02		0:01:55		
108	0:00:14	0:00:45	0:00:03		0:01:02		
109	0:01:06	0:00:28	0:00:03		0:01:37		
110	0:00:29	0:00:31	0:00:02	0:01:01	0:02:03		
111	0:00:47	0:00:49	0:00:02		0:01:38		
112	0:00:34	0:00:24	0:00:02		0:01:00		
113	0:00:45	0:01:02	0:00:02		0:01:49		
114	0:00:41	0:00:37	0:00:03	0:00:35	0:01:56		
115	0:01:12	0:00:27	0:00:02		0:01:41		
116	0:00:28	0:00:36	0:00:07		0:01:11		
117	0:00:45	0:00:46	0:00:02		0:01:33		
118	0:00:16	0:00:43	0:00:02	0:00:56	0:01:57		
119	0:01:56	0:00:44	0:00:02		0:02:42		
120	0:00:22	0:00:50	0:00:03		0:01:15		
121	0:00:35	0:00:33	0:00:02		0:01:10		
122	0:00:13	0:00:41	0:00:02	0:01:02	0:01:58		
123	0:00:14	0:00:33	0:00:06		0:00:53		
124	0:00:17	0:00:50	0:00:21		0:01:28		
125	0:01:07	0:00:38	0:00:06		0:01:51		
126	0:00:33	0:00:37	0:00:09	0:01:00	0:02:19		
127	0:00:20	0:00:59	0:00:07		0:01:26		
128	0:00:27	0:00:37	0:00:02		0:01:06		
129	0:00:43	0:00:34	0:00:02		0:01:19		
130	0:01:11	0:00:33	0:00:03	0:00:45	0:02:32	0:01:12	cambio de broca
131	0:00:16	0:00:40	0:00:06		0:01:02		
132	0:00:15	0:00:42	0:00:03		0:01:00		
133	0:00:54	0:01:10	0:00:07		0:02:11		
134	0:00:18	0:00:45	0:00:29	0:01:30	0:03:02		
135	0:00:25	0:00:37	0:00:08		0:01:10		
136	0:00:20	0:00:31	0:00:04		0:00:55		
137	0:00:30	0:00:32	0:00:02		0:01:04		
138	0:00:21	0:00:40	0:00:05	0:00:59	0:02:05		
139	0:01:11	0:00:38	0:00:02		0:01:51		
140	0:00:19	0:00:34	0:00:21		0:01:14		
141	0:00:38	0:00:42	0:00:08		0:01:28		
142	0:00:40	0:00:32	0:00:09		0:01:21		
143	0:00:13	0:00:41	0:00:02		0:00:56		
144	0:00:15	0:00:33	0:00:02		0:00:50		
145	0:00:41	0:00:34	0:00:02		0:01:17		

146	0:00:28	0:00:41	0:00:14	0:01:30	0:02:53		
147	0:00:17	0:00:27	0:00:02		0:00:46		
148	0:00:59	0:00:45	0:00:09		0:01:53		
149	0:00:43	0:00:55	0:00:02		0:01:40		
150	0:01:37	0:00:36	0:00:02		0:02:15		
151	0:00:12	0:00:46	0:00:02	0:01:57	0:02:57		
152	0:00:13	0:00:37	0:00:10		0:01:00		
153	0:00:19	0:01:08	0:00:08	0:00:48	0:02:23		
154	0:00:20	0:00:39	0:00:06		0:01:05		
155	0:00:24	0:00:41	0:00:04	0:00:31	0:01:40		
156	0:00:50	0:00:33	0:00:08		0:01:31		
157	0:00:38	0:00:56	0:00:07		0:01:41		
158	0:00:37	0:00:32	0:00:14		0:01:23		
159	0:03:51	0:00:51	0:00:06	0:01:52	0:06:40		
160	0:00:26	0:00:45	0:00:02		0:01:13		
161	0:00:58	0:00:53	0:00:08	0:01:27	0:03:26		
162	0:00:54	0:00:51	0:00:04		0:01:49		
163	0:01:01	0:00:36	0:00:02	0:01:31	0:03:10		
164	0:00:44	0:00:32	0:00:06		0:01:22	0:01:22	Cambio de broca
165	0:00:41	0:00:45	0:00:02		0:01:28		
166	0:00:46	0:00:53	0:00:02		0:01:41		
Total	1:35:23	1:57:12	0:13:17	0:50:09	4:36:01	0:12:21	
PROMEDIO	0:00:34	0:00:42	0:00:05		0:01:40		

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la perforación

Tiempo promedio que toma en perforar un taladro de 8 pies : 00:01:40 (min)

Total, horas perforadas : 04:36:01 (h)

Velocidad de perforación:

$$V_p = \frac{1328 * 0.3048 * 1h}{04:39:04 * 60}$$

$$V_p = 1,45 \text{ m/min} \equiv 4,47 \text{ pie/min}$$

Rendimiento horario (R):

$$R = \frac{60 \text{ min}}{00:01:41 * 1h}$$

$$R = 35,71 \equiv 36 \text{ Tal/h.}$$



Cálculo de longitud efectiva de perforación.

Para los cálculos de longitud se tomaron como muestra la medición de 80 taladros del total de taladros perforados, para así de esa manera mediante procedimientos estadísticos determinar la longitud efectiva de perforación.

Longitud de perforación del Tj 591 – W, con Mini Jumbo Muki.

Nº de taladros	Longitud (m)
1	2,20
2	2,21
3	2,35
4	2,33
5	2,23
6	2,26
7	2,30
8	2,32
9	2,22
10	2,31
11	2,28
12	2,24
13	2,34
14	2,32
15	2,23
16	2,35
17	2,24
18	2,19
19	2,28
20	2,36
21	2,29
22	2,20
23	2,22
24	2,26
25	2,23
26	2,24

27	2,32
28	2,34
29	2,25
30	2,24
31	2,35
32	2,36
33	2,36
34	2,31
35	2,25
36	2,26
37	2,30
38	2,34
39	2,23
40	2,25
41	2,32
42	2,23
43	2,23
44	2,31
45	2,35
46	2,21
47	2,23
48	2,32
49	2,23
50	2,22
51	2,31
52	2,35
53	2,26
54	2,24

55	2,21
56	2,23
57	2,21
58	2,29
59	2,23
60	2,26
61	2,28
62	2,26
63	2,24
64	2,33
65	2,34
66	2,28
67	2,31
68	2,35
69	2,37
70	2,23
71	2,26
72	2,34
73	2,23
74	2,26
75	2,34
76	2,23
77	2,23
78	2,24
79	2,22
80	2,34
Promedio	2,28

Fuente: Elaboración propia

Límite superior (Ls)

$$Ls = 2,37$$

Límite inferior (Li)

$$Li = 2,19$$

Rango (R)

$$R = Ls - Li$$

$$R = 2,37 - 2,19$$

$$R = 0,18$$



Marca de clase (K) $K = 1 + 3,33\text{Log}(n)$

Dónde:

n = Número de taladros $n = 80$

$$K = 1 + 3,33\text{Log}(80)$$

$$K = 7,3$$

Amplitud (A) $A = R/K$

$$A = 0,17/8$$

$$A = 0,02$$

Tabla 81. Cuadro estadístico, para hallar la longitud efectiva de perforación del Tj 591 – W, con mini Jumbo muki.

Longitud	Nº Taladros (fi)	Xi (Ls - Li) / 2	hi (fi/n)	xi*fi	xi*hi
2,19 - 2,21	3	2,20	0,04	6,60	0,08
2,21 - 2,24	22	2,22	0,28	48,92	0,61
2,24 - 2,26	10	2,25	0,13	22,46	0,28
2,26 - 2,28	12	2,27	0,15	27,23	0,34
2,28 - 2,30	4	2,29	0,05	9,17	0,11
2,30 - 2,33	10	2,31	0,13	23,14	0,29
2,33 - 2,35	15	2,34	0,19	35,04	0,44
2,35 - 2,37	4	2,36	0,05	9,44	0,12
Total	80				2,27

Fuente: Elaboración propia

Longitud efectiva de perforación: $\sum (xi*hi) = 2,27$ m

Eficiencia de perforación (Ef) $Ef = 95\%$

CUARTA PRUEBA

Tabla 82. Datos técnicos en la perforación del Tj 591 – E, con mini Jumbo Muki en realce.

FECHA	: 20/11/16	EQUIPO	: MINI JUMBO MUKI
LABOR	: Tj 591- E	OPERADOR	: DAVID ZUVIZARRETA
NIVEL	: 4430	AYUDANTE	: EVARISTO CUCHULA
GUARDIA	: A	JEFE DE GDIA	: ING. JOSÉ L. VILLEGAS .A.
TURNO	: DÍA	ASIST. DE MINA	: ROLANDO CHUYMA RIVEROS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83. Tiempos antes y después de la perforación del Tj 591- E.

Observaciones	Tiempo (min)
Charla de seguridad	0:46:32



Desplazamiento al lugar de reparto	0:09:23
Reparto de Guardia	0:29:12
Caminata a la labor	0:15:21
Inspección del frente	0:11:15
Llenado de herramientas gestión	0:16:57
Evaluación de la maquina	0:08:11
Engrasado de la pluma	0:13:29
Conexión de cable y agua	0:31:14
Desatado	0:18:43
Desconexión de agua y cable	0:11:28
Limpieza de equipo	0:14:12
Caminata hasta el paradero	0:17:16
Viaje de salida de las labores	0:11:07
Total	4:14:20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84. *Tiempos muertos durante la perforación del Tj 591 - E.*

Observación	Tiempo (min)
Barreno trancado	0:26:02
Cambio de broca	0:03:14
Verificación de aceite	0:02:20
Supervisión de seguridad	0:03:12
Llenado de aceite	0:07:30
Atollamientos	1:37:10
Supervisión del mecánica	0:02:10
Total	2:21:38

Fuente: Elaboración propia

Tabla 85. *Tiempo total de perforación del Tj 591 – E, con Mini Jumbo Muki.*

Observación	Tiempo (min)
Posicionamiento	1:00:52
Perforación efectiva	1:01:41
Recuperación de barra	0:04:29
Desplazamiento	0:27:17
Total	2:34:19

Fuente: Elaboración propia.

En el ala este del tajo 591 E, solo se disparó 49 m, el presente estudio de tiempos de perforación toma como muestra a 85 taladros del total de una población total de 203 que se perforaron para realizar la voladura.



Los 85 taladros que a continuación se muestran en la tabla, se perforaron el día 5 de diciembre en la guardia noche, el presente estudio se apoya en la estadística para ajustar los datos y tener resultados más objetivos, ya que no se cuenta con medición total de taladros (274 taladros).

Tabla 86. Control de tiempos durante la perforación del Tj 591 – E en realce, con Mini Jumbo Muki.

Nº de taladros	Tiempo de posic. (min)	Tiempo de perforación efectiva (min)	Tiempo de recuperación de barra (min)	Tiempo de desplaz. (min)	Tiempo del ciclo (min)	Tiempo muerto (min)	Motivo
1	0:00:25	0:01:04	0:00:03		0:01:32		
2	0:00:16	0:00:48	0:00:03		0:01:07		
3	0:01:18	0:00:57	0:00:02		0:02:17		
4	0:00:28	0:00:47	0:00:03		0:01:18		
5	0:00:24	0:01:00	0:00:02	0:02:35	0:04:01		
6	0:02:22	0:00:42	0:00:03		0:03:07		
7	0:01:07	0:01:47	0:00:02		0:02:56		
8	0:00:34	0:01:59	0:00:03		0:02:36	0:26:02	barreno trancado
9	0:00:28	0:00:47	0:00:03		0:01:18		
10	0:01:14	0:00:48	0:00:02		0:02:04		
11	0:00:12	0:00:36	0:00:02		0:00:50		
12	0:00:21	0:00:45	0:00:02		0:01:08	0:00:46	cambio de broca
13	0:00:12	0:00:41	0:00:03		0:00:56		
14	0:00:34	0:00:29	0:00:02	0:02:23	0:03:28		
15	0:01:03	0:00:46	0:00:03		0:01:52		
16	0:00:12	0:00:41	0:00:02		0:00:55		
17	0:00:23	0:00:39	0:00:03		0:01:05		
18	0:01:02	0:00:46	0:00:02		0:01:50		
19	0:00:32	0:00:44	0:00:02		0:01:18		
20	0:00:32	0:01:04	0:00:02		0:01:38		
21	0:00:27	0:00:39	0:00:03		0:01:09		
22	0:00:23	0:00:38	0:00:02		0:01:03		
23	0:00:17	0:00:37	0:00:02	0:01:28	0:02:24		
24	0:00:48	0:00:46	0:00:08		0:01:42		
25	0:00:23	0:00:39	0:00:02	0:02:17	0:03:21	0:02:20	verificación de aceite
26	0:00:11	0:00:53	0:00:03		0:01:07		
27	0:00:29	0:00:36	0:00:02		0:01:07		
28	0:00:32	0:00:56	0:00:03		0:01:31		
29	0:00:14	0:00:34	0:00:03		0:00:51		
30	0:01:11	0:00:42	0:00:02		0:01:55	0:03:12	supervisión de seguridad
31	0:00:31	0:00:36	0:00:03		0:01:10		
32	0:00:20	0:00:38	0:00:03		0:01:01		
33	0:00:30	0:00:46	0:00:03	0:02:30	0:03:49	0:07:30	llenado de aceite al jumbo
34	0:00:40	0:00:41	0:00:02		0:01:23		
35	0:00:30	0:00:46	0:00:03		0:01:19	0:00:32	cambio de broca
36	0:00:22	0:00:41	0:00:02		0:01:05		

37	0:00:30	0:00:46	0:00:02		0:01:18		
38	0:00:21	0:00:28	0:00:02		0:00:51		
39	0:00:16	0:00:37	0:00:03		0:00:56		
40	0:00:13	0:00:40	0:00:02		0:00:55	0:05:24	Jumbo atollado
41	0:00:48	0:00:37	0:00:02	0:01:40	0:03:07		
42	0:00:21	0:00:35	0:00:02		0:00:58		
43	0:00:38	0:00:36	0:00:02		0:01:16		
44	0:00:23	0:00:38	0:00:02		0:01:03		
45	0:00:49	0:00:35	0:00:02		0:01:26		
46	0:00:29	0:00:43	0:00:02	0:03:41	0:04:55		
47	0:00:12	0:00:40	0:00:03		0:00:55		
48	0:00:18	0:00:32	0:00:03		0:00:53		
49	0:01:20	0:00:29	0:00:03		0:01:52	0:06:38	Jumbo atollado
50	0:00:35	0:00:44	0:00:02	0:01:39	0:03:00		
51	0:00:33	0:00:25	0:00:03		0:01:01		
52	0:00:21	0:00:34	0:00:02		0:00:57		
53	0:00:51	0:00:39	0:00:03		0:01:33		
54	0:00:27	0:00:34	0:00:02		0:01:03		
55	0:00:22	0:00:43	0:00:02		0:01:07	0:45:12	Jumbo atollado
56	0:00:26	0:00:47	0:00:12	0:01:28	0:02:53		
57	0:01:35	0:00:43	0:00:08		0:02:26		
58	0:00:24	0:00:27	0:00:02		0:00:53		
59	0:00:42	0:00:39	0:00:02		0:01:23		
60	0:00:43	0:00:42	0:00:02		0:01:27	0:00:02	Supervisión de mantenimiento
61	0:00:59	0:00:33	0:00:06	0:02:16	0:03:54		
62	0:00:18	0:00:58	0:00:03		0:01:19	0:01:21	cambio de broca
63	0:00:56	0:00:36	0:00:03		0:01:35		
64	0:00:24	0:00:42	0:00:03		0:01:09	0:39:56	Jumbo atollado
65	0:01:20	0:00:54	0:00:02	0:01:21	0:03:37		
66	0:00:21	0:00:52	0:00:02		0:01:15		
67	0:00:49	0:00:25	0:00:02		0:01:16		
68	0:00:43	0:00:50	0:00:05		0:01:38		
69	0:00:19	0:00:52	0:00:02	0:01:51	0:03:04		
70	0:00:20	0:00:41	0:00:02		0:01:03		
71	0:02:01	0:01:10	0:00:02		0:03:13		
72	0:00:33	0:00:42	0:00:02		0:01:17		
73	0:00:20	0:00:39	0:00:02	0:00:56	0:01:57		
74	0:00:42	0:00:43	0:00:02		0:01:27		
75	0:01:32	0:00:55	0:00:04		0:02:31		
76	0:00:30	0:00:41	0:00:03		0:01:14		
77	0:01:21	0:01:01	0:00:02		0:02:24		
78	0:01:19	0:00:39	0:00:02		0:02:00		
79	0:00:19	0:00:42	0:00:08	0:01:12	0:02:21		
80	0:00:24	0:00:45	0:00:12		0:01:21		

81	0:00:18	0:00:50	0:00:03		0:01:11		
82	0:00:12	0:00:38	0:00:14		0:01:04	0:00:35	cambio de broca
83	0:00:31	0:00:54	0:00:05		0:01:30		
84	0:01:16	0:00:34	0:00:02		0:01:52		
85	0:00:20	0:00:43	0:00:02		0:01:05		
Total	0:53:11	1:02:50	0:04:20	0:27:17	2:27:38	2:19:30	
Promedio	0:00:38	0:00:44	0:00:03		0:01:44		

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la perforación:

Tiempo promedio que toma en perforar un taladro de 8 pies: 00:01:44 (min)

Total, horas perforadas: 02:27:38 (h)

Velocidad de perforación:

$$V_p = \frac{1328 * 0.3048 * 1h}{04:39:04 * 60}$$

$$V_p = 1,45 \text{ m/min} \equiv 4,47 \text{ pies/min}$$

Rendimiento horario (R):

$$R = \frac{60 \text{ min}}{00:01:41 * 1h}$$

$$R = 35,71 \equiv 36 \text{ Tal/h.}$$

Cálculo longitud efectiva de perforación: Para los cálculos de longitud se tomaron como muestra la medición de 100 taladros del total de taladros perforados, para así de esa manera mediante procedimientos estadísticos determinar la longitud efectiva de perforación.

Longitud de perforación del Tj 591 – E, con Mini Jumbo Muki

Nº de taladros	Longitud (m)
1	2,21
2	2,25
3	2,35
4	2,30
5	2,35
6	2,30
7	2,29
8	2,35
9	2,29
10	2,34

11	2,30
12	2,25
13	2,30
14	2,26
15	2,20
16	2,20
17	2,22
18	2,20
19	2,27
20	2,35
21	2,35
22	2,29

23	2,23
24	2,36
25	2,28
26	2,20
27	2,21
28	2,30
29	2,21
30	2,27
31	2,32
32	2,27
33	2,26
34	2,20

35	2,23
36	2,20
37	2,20
38	2,26
39	2,28
40	2,35
41	2,21
42	2,27
43	2,26
44	2,22
45	2,29
46	2,26
47	2,25
48	2,35
49	2,25
50	2,27
51	2,30
52	2,25
53	2,28
54	2,30
55	2,25
56	2,21
57	2,26
58	2,26

59	2,25
60	2,23
61	2,24
62	2,21
63	2,35
64	2,22
65	2,27
66	2,27
67	2,30
68	2,29
69	2,30
70	2,28
71	2,25
72	2,21
73	2,20
74	2,20
75	2,26
76	2,25
77	2,31
78	2,24
79	2,30
80	2,32
81	2,29
82	2,30

83	2,28
84	2,22
85	2,30
86	2,29
87	2,26
88	2,24
89	2,31
90	2,21
91	2,31
92	2,36
93	2,30
94	2,25
95	2,26
96	2,22
97	2,20
98	2,30
99	2,27
100	2,23
Promedio	2,27

Fuente: Elaboración propia

Rango (R)

$$R = Ls - Li$$

$$R = 2,36 - 2,2$$

$$R = 0,16$$

Marca de clase (K)

$$K = 1 + 3,33\text{Log}(n)$$

Dónde:

n = Número de taladros

$$n = 100$$

$$K = 1 + 3,33\text{Log}(100)$$

$$K = 8$$

Amplitud (A)

$$A = R/K$$

$$A = 0,16/8$$

$$A = 0,02$$



Tabla 87. Cuadro estadístico, para hallar la longitud efectiva de perforación del Tj 591 – E con mini Jumbo Muki.

Longitud (m)			N° Taladros (fi)	Xi (Ls - Li)/ 2	hi (fi/n)	xi*fi	xi*hi
2,2	-	2,22	17	2,21	0,17	37,57	0,38
2,22	-	2,24	9	2,23	0,09	20,07	0,20
2,24	-	2,26	13	2,25	0,13	29,25	0,29
2,26	-	2,28	18	2,27	0,18	40,86	0,41
2,28	-	2,30	12	2,29	0,12	27,48	0,27
2,30	-	2,32	17	2,31	0,17	39,27	0,39
2,32	-	2,34	3	2,33	0,03	6,99	0,07
2,34	-	2,36	11	2,35	0,11	25,85	0,26
Total			100				2,27

Fuente: Elaboración propia

Longitud efectiva de perforación: $\sum (xi*hi) = 2,27$ m

Eficiencia de perforación (Ef): 94,73 % \cong 95 %