

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Diseño de malla de perforación y voladura para la
optimización de costos en la RP(+) 283-1 de la
Empresa Minera Los Quenuales S. A.
Unidad Yauliyacu**

David Jesús Ladera Verastegui
Mayco Dodaniel Quispe Cabezas

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ÍNDICE

Asesor	ii
Agradecimientos.....	iii
Dedicatoria	iv
Índice.....	v
Índice de figuras	vii
Índice de tablas	viii
Índice de anexos	x
Resumen.....	xii
Abstract	xiii
Introducción.....	xiv
CAPÍTULO I.....	15
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema	15
1.2. Objetivos.....	17
1.3. Justificación y delimitación.....	17
1.4. Hipótesis de la investigación.....	18
1.5. Identificación de variables.....	18
1.6. Operacionalización de variables	19
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes de la investigación	21
2.2. Información general de la empresa minera Los Quenuales S. A. – unidad <i>Yauliyacu</i>	26
2.3. Bases teóricas	37
2.4. Definición de términos	67
CAPÍTULO III.....	70
METODOLOGÍA	70
3.1. Metodología y alcance de la investigación.....	70
3.2. Diseño de la investigación	71
3.3. Población y muestra	71
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	71
CAPÍTULO IV.....	72
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	72

4.1. Diseño de malla de perforación y voladura anterior de la RP(+) 283-1	72
4.2. Resumen del programado vs. ejecutado del último trimestre del 2019 de la RP(+) 283-1	75
4.3. Costo de perforación y voladura en la RP(+) 283-1.....	75
4.4. Información actual para el nuevo diseño de malla de perforación y voladura de la RP(+) 283-1	76
4.5. Cálculo del nuevo diseño de malla de perforación y voladura de la RP(+) 283-1 por el método de Roger Holmbert.....	77
4.6. Diseño de la nueva malla de perforación y voladura de la RP(+)283-1	98
4.7. Resumen del programado vs. ejecutado del primer trimestre del 2019 - 2020 de la RP(+) 283-1	102
4.8. Costo de perforación y voladura en la RP(+) 283-1.....	102
4.9. Tablas comparativas de mejora.....	103
Conclusiones.....	107
Recomendaciones.....	109
Referencias	110
Anexos	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina Yauliyacu.	27
Figura 2: Plano de Estratigrafía de la Mina Yauliyacu.....	31
Figura 3: Ábaco para determinar el tiempo de autosoporte.	33
Figura 4. Estándar de Malla de Perforación en Mina Yauliyacu.....	34
Figura 5. Denominación de los taladros – vista frontal.....	38
Figura 6. Denominación de los taladros – vista de perfil.....	38
Figura 7. Formación de la cavidad de un frente.	39
Figura 8. Ubicación del arranque.	40
Figura 9. Tipos de arranque corte quemado en paralelo.....	41
Figura 10. Arranque tipo corte cilíndrico con 4 diámetros de alivio	42
Figura 11. Las 4 secciones divididas por Roger Holmberg.	43
Figura 12. Las secciones A-E representan los tipos de taladros usados bajo diferentes condiciones de voladura.	44
Figura 13. Arranque de cuatro secciones.....	48
Figura 14. Resultados para diferentes distancias de los taladros cargados a los vacíos.	50
Figura 15. Influencia en la desviación del taladro.....	51
Figura 16. Geometría de los barrenos de arrastre.	56
Figura 17. Carguío de taladros de la corona y arranque.	72
Figura 18: Estándar de Malla de Perforación y Voladura 2018.	73
Figura 19. Resumen del programado vs ejecutado del último trimestre del 2019 de la RP(+) 283-1	75
Figura 20. Gráfica del resumen de costos en función a los metros avanzados con la anterior malla de perforación y voladura de la RP(+) 283-1....	76
Figura 21: Geometría de los barrenos de arrastre.	92
Figura 22. Nuevo estándar de malla de perforación y voladura 2020	99
Figura 23. Secuenciamiento de salida para secciones de 3.5 m x 3.5 m, en roca regular RMR 35 – 50	100
Figura 24. Diseño de carga de los taladros para secciones de 3.5 m x 3.5 m, en roca regular RMR 35 – 50	101
Figura 25. Resumen del programado vs. ejecutado del último trimestre del 2019 de la RP(+) 283-1	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ficha técnica de explosivos Emulex.....	35
Tabla 2. Ficha técnica de explosivos Emulex.....	36
Tabla 3. Ficha técnica de explosivos Examón P	37
Tabla 4. Fórmulas para cálculo de burden y sección	49
Tabla 5. Valores para el contorno y hastiales.....	59
Tabla 6. Valores para el contorno y hastiales.....	62
Tabla 7. Valores para el contorno y hastiales.....	65
Tabla 8. Parámetros para el cálculo de malla de perforación y voladura	72
Tabla 9. Distribución de carguío.....	74
Tabla 10. Rendimiento esperado	74
Tabla 11. Resumen del programado vs. ejecutado del último trimestre del 2019 de la RP(+) 283-1	75
Tabla 12. Resumen del programado vs. ejecutado del último trimestre del 2019 de la RP(+) 283-1	75
Tabla 13. Resumen de costos en función a los metros avanzados con la anterior malla de perforación y voladura de la RP(+) 283-1	76
Tabla 14. Datos para el diseño de malla de perforación	77
Tabla 15. Parámetro a considerar el Nuevo Diseño de Malla de Perforación ..	98
Tabla 16. Consumo de explosivo por frente.....	101
Tabla 17. Resultados esperados.....	101
Tabla 18. Resumen del Programado vs Ejecutado del último trimestre del 2019 de la RP(+) 283-1	102
Tabla 19. Resumen costos en función a los metros avanzados con la nueva malla de perforación y voladura en la RP(+) 2019 de la RP(+) 283-1	103
Tabla 20. Comparación del diseño de malla de perforación y voladura anterior vs. actual	104
Tabla 21. Comparacion del consumo de explosivo por voladura con el diseño de malla de perforación y voladura anterior vs. actual	104
Tabla 22. Comparación de eficiencia real de perforación medido en campo anterior vs. actual.	105
Tabla 23. Comparación de eficiencia real de avance medido en campo anterior vs. actual	105

Tabla 24. Comparación de factor de carga real medido en campo anterior vs. actual.....	105
Tabla 25. Comparación de costos de perforación y voladura en función al diseño de malla de perforación y voladura anterior vs. actual	106
Tabla 26. Comparación con respecto al tiempo de limpieza, número de viajes y m ³ a mover en una hora	106
Tabla 27. Costo de limpieza por m ³ con equipo scoop de 4.2 yd	106

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Costo anterior por avance lineal.....	113
Anexo 2. Costo nuevo por avance lineal.	114
Anexo 3. Tabla GSI de la unidad Yauliyacu.	115
Anexo 4. Malla de perforación y voladura de la RP(+) 283-1 anterior en campo	116
Anexo 5. Plano Geomecánico de la RP (+) 283-1.....	117
Anexo 6. Programa de avance del mes de julio 2019	118
Anexo 7. Reporte de avance del mes de julio 2019	119
Anexo 8. Reporte de avance del mes de julio 2019	119
Anexo 9. Reporte de avance del mes de julio 2019	119
Anexo 10. Reporte de avance del mes de julio 2019	119
Anexo 11. Reporte de avance del mes de julio 2019	119
Anexo 12. Gráfica de reportes de lo ejecutado con respecto al mes de julio 2019	120
Anexo 13. Programa de avance del mes de agosto 2019.....	121
Anexo 14. Reporte de avance del mes de agosto 2019.....	122
Anexo 15. Reporte de avance del mes de agosto 2019.....	122
Anexo 16. Reporte de avance del mes de agosto 2019.....	122
Anexo 17. Reporte de avance del mes de agosto 2019.....	122
Anexo 18. Reporte de avance del mes de agosto 2019.....	122
Anexo 19. Gráfica de reportes de lo ejecutado con respecto al mes de agosto 2019	123
Anexo 20. Programa de avance del mes de diciembre 2019	124
Anexo 21. Reporte de avance del mes de diciembre 2019	125
Anexo 22. Reporte de avance del mes de diciembre 2019	125
Anexo 23. Reporte de avance del mes de diciembre 2019	125
Anexo 24. Reporte de avance del mes de diciembre 2019	125
Anexo 25. Reporte de avance del mes de diciembre 2019	125
Anexo 26. Gráfica de reportes de lo ejecutado con respecto al mes de diciembre 2019.....	126
Anexo 27. Programa de avance del mes de enero 2020	127
Anexo 28. Reporte de avance del mes de enero 2020	128

Anexo 29. Reporte de avance del mes de enero 2020	128
Anexo 30. Reporte de avance del mes de enero 2020	128
Anexo 31. Reporte de avance del mes de enero 2020	128
Anexo 32. Reporte de avance del mes de enero 2020	128
Anexo 33. Gráfica de reportes de lo ejecutado con respecto al mes de enero 2020	129
Anexo 34. Perforación de la nueva malla de perforación de la RP(+) 283-1 en campo.....	130
Anexo 35. Resultados de voladura de la RP(+) 283-1	130
Anexo 36. Resultados de la voladura de la RP(+) 283-1.....	131
Anexo 37. Resultados de la voladura de la RP(+)283-1.....	131

RESUMEN

En la actualidad, el diseñar una malla de perforación y voladura se ha convertido en vital importancia para continuar un ciclo de minado y fundamental para toda empresa minera; la empresa minera Los Quenuales S. A. - unidad *Yauliyacu* no es ajena a esto, por lo que se implementaron estándares establecidos en lo que respecta al área de perforación y voladura, pese a ello, se tienen problemas latentes en los avances y costo por perforación y voladura.

El presente trabajo de investigación consiste en diseñar una nueva malla de perforación y voladura para la RP(+) 283-1 de sección 3.50 m X 3.50 m.

Una vez diseñada la nueva malla de perforación y voladura, se pone a prueba en la RP(+) 283-1, obteniendo los resultados esperados, seguidamente, se procede a calcular el costo de perforación y costo por voladura.

Por último, se procede a realizar las comparaciones en costos, donde arroja como resultado, que los costos anteriores de perforación era \$ 379.04 y el costo de voladura es \$ 144.72; con el nuevo diseño de malla de perforación y voladura, el costo de perforación será \$ 356.09 y el costo de voladura será \$ 112.15, teniendo un ahorro por perforación de \$ 22.95 por frente perforado y un ahorro por voladura de \$ 32.57, el ahorro total es de \$ 55.53 por metro lineal. El ahorro que se obtendrá en la ejecución del proyecto de la RP(+)283-1 es de \$ 19 840.87 en los 357.30 m faltantes.

Por último, se procede a implementar la nueva malla de perforación y voladura para dicha labor.

Palabras clave: diseño de malla, método Rogger Holbert, optimización de costos

ABSTRACT

At present, designing a drill and blast mesh has become vitally important to continue a mining cycle and fundamental for any mining company; The mining company Los Quenuales SA - Yauliyacu unit is no stranger to this, so established standards were implemented with regard to the drilling and blasting area, despite this, there are latent problems in progress and cost per drilling and blasting .

The present research work consists of designing a new drill and blast mesh for RP (+) 283-1 of section 3.50 m X 3.50 m.

Once the new drill and blast mesh is designed, it is tested in RP (+) 283-1, obtaining the expected results, then the drilling cost and cost per blast are calculated.

Finally, the cost comparisons are made, where the result is that the previous drilling costs was \$ 379.04 and the blasting cost is \$ 144.72; With the new drill and blast mesh design, the drilling cost will be \$ 356.09 and the blasting cost will be \$ 112.15, resulting in a \$ 22.95 per drill savings per drilled face and a \$ 32.57 per blast savings, the total savings it is \$ 55.53 per linear meter. The savings that will be obtained in the execution of the RP (+) 283-1 project is \$ 19,840.87 in the remaining 357.30 m.

Finally, we proceed to implement the new drill and blast mesh for this work.

Keywords: cost optimization, mesh design, Rogger Holbert method