UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

T E S I S

Evaluación de los pernos Hydrabolt mediante las pruebas de arranque (Pull test) para medir su capacidad de anclaje, en Volcan Compañía Minera S.A.A. (Volcan) – Unidad Chungar

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Bach. Eros Neil AYALA OBREGON

Bach. Angel Jean Paul CAJALEON SOLIS

Asesor:

Mg. Manuel Mayer CARHUARICRA RIVERA

Cerro de Pasco – Perú - 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

T E S I S

Evaluacion de los pernos Hydrabolt mediante las pruebas de arranque (Pull test) para medir su capacidad de anclaje, en Volcan Compañía Minera S.A.A. (Volcan) – Unidad Chungar

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

_____	_____
Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA	**Mg. Wilfried Bryan PEREZ PARRAGUEZ**
PRESIDENTE	**MIEMBRO**

_____

Mg. David Odon SOSA POMA

MIEMBRO

Firma Digital UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN [TITULAR]
Firmado digitalmente por FERNANDEZ MALLQUI Raul FAU 20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 01.04.2026 19:09:50 -05:00

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

Facultad de Ingeniería de Minas

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 004-2026

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. AYALA OBREGON, Eros Neil,
Bach. CAJALEON SOLIS, Angel Jean Paul

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:
Tesis

Título del trabajo:

"EVALUACION DE LOS PERNOS HYDRABOLT MEDIANTE LAS PRUEBAS DE ARRANQUE (PULL TEST) PARA MEDIR SU CAPACIDAD DE ANCLAJE, EN VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR".

Asesor:
Mg. Manuel Mayer, CARHUARICRA RIVERA

Índice de Similitud: **24 %**

Calificativo:

APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 26 de marzo de 2026.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

“A Dios, por ser mi guía y mi fortaleza en cada paso de mi vida, por iluminar mi camino y darme la sabiduría necesaria para alcanzar mis metas.” “A mis padres, William Cajaleon y Sara Solis, por su amor incondicional, su sacrificio y su apoyo constante. Su ejemplo de perseverancia y dedicación ha sido mi inspiración para seguir adelante” “A mi hermana, Nashly Cajaleon, por estar siempre a mi lado, por su cariño y su comprensión. Su apoyo y aliento han sido fundamentales en mi vida” “A la memoria de mi hermano, Patrick Cajaleon, que desde el cielo me cuida y me inspira a ser mejor cada día. Aunque ya no esté físicamente conmigo, su amor y su recuerdo siempre estarán en mi corazón” “A todos ellos, les dedico este logro, porque sin su amor, apoyo y sacrificio, no habría sido posible”

A mis queridos padres Bernabé Ayala y Maritza Obregon quienes han sido mi inspiración y me apoyaron todo el tiempo. A mis hermanos Helen y Samir por su cariño y apoyo incondicional. Y a todos los profesionales de mi región que se esfuerzan por construir un mundo mejor.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, por protegernos durante todo el camino y darnos fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de nuestras vidas. A nuestras familias por ser nuestro apoyo constante e incondicional durante nuestras vidas y más aún en nuestros duros años de carrera profesional. A nuestro asesor por animarnos y apoyarnos en todo momento A los docentes y compañeros de la especialidad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, quienes con sus valiosos conocimientos nos ayudaron a crecer como profesional. Este trabajo es reflejo del amor, el sacrificio y la fe que nos han acompañado en este recorrido.

RESUMEN

La investigación titulada: “EVALUACION DE LOS PERNOS HYDRABOLT MEDIANTE LAS PRUEBAS DE ARRANQUE (PULL TEST) PARA MEDIR SU CAPACIDAD DE ANCLAJE, EN VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR”. Tiene entre sus objetivos principales Determinar el comportamiento de los pernos Hydrabolt al evaluar mediante las pruebas de arranque (Pull Test) durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR. Como hipótesis principal se plantea: Al evaluar los pernos Hydrabolt mediante las pruebas de arranque (Pull Test) vemos que el comportamiento técnico son los adecuados, durante el sostenimiento en las labores mineras. Metodológicamente, esta investigación se realiza dentro de una marco APLICADO, con un nivel descriptivo, analítico, un diseño no experimental y La muestra está constituida por las siguientes labores crucero CA- 317, Crucero CA 734, crucero CA 662, AC 33,AC 34, AC35. Finalizando la investigación, con las conclusiones siguientes: La investigacion realizada concluye en afirmar que el rendimiento de los pernos es satisfactorio logrando pasar la prueba todos los pernos, observándose que las cargas máximas de resistencia aplicadas a los pernos fluctuaron entre las 10 tn a 14 tn, con la variación del desplazamiento de los pernos entre 15 mm a 28 mm. Los resultados obtenidos nos indican una mayor capacidad de soporte del perno hidrabolt (11.28 tn en promedio) lo que indica que los pernos interactúan contra el macizo rocoso y hacen que las cajas no se deterioren tan rápidamente

Palabras claves: Pernos Hidrabolt, Capacidad de anclaje, Pruebas de arranque, sostenimiento

ABSTRACT

The research project, titled “Evaluation of Hydrabolt Bolts Using Pull Tests to Measure Their Anchoring Capacity at Volcan company Minera S.A.A. (Volcan) – Chungar Unit,” aims to determine the performance of Hydrabolt bolts during ground support in mining operations at Volcan Company Minera S.A.A. (Volcan) – Chungar Unit. The primary hypothesis is that the Hydrabolt bolts exhibit adequate technical performance during ground support in mining operations.

Methodologically, this research is conducted within an applied framework, with a descriptive and analytical level, a non-experimental design, and the sample consists of the following work sites: CA-317, CA-734, CA-662, AC-33, AC-34, and AC-35. The research concludes with the following findings: The research concludes that the performance of the bolts is satisfactory, with all bolts passing the test. The maximum resistance loads applied to the bolts fluctuated between 10 and 14 tons, with the displacement of the bolts varying between 15 mm and 28 mm. The results obtained indicate a greater load-bearing capacity for the hydrobolt (11.28 tons on average), which suggests that the bolts interact with the rock mass and prevent the boxes from deteriorating as quickly.

Keywords: Hydrobolt bolts, Anchoring capacity, Pull-out tests, Support

INTRODUCCION

En la Unidad Minera Chungar, vemos las condiciones actuales del macizo rocoso que se viene presentado en los niveles que se van explotando, se encuentran afectados po muchos factores inestabilizadores, tales como presión litostática, efectos de desequilibrio de fuerzas por efectos de minado, diseño de minado (anchos y alturas) fuera del estándar, sostenimiento inoportuno, instalación y orientación de elementos inadecuados.

Como podemos apreciar estos factores se pueden controlar, con una supervisión constante y un continuo monitoreo. Ante esto y las condiciones que se venían afrontando, se vio la necesidad de evaluar el sistema de sostenimiento mediante las pruebas de rendimiento de los pernos hidrabolt que se vienen aplicando en la empresa.

En lo referente a la estructura de la tesis se organiza en capítulos de la siguiente manera: Capítulo I: Planteamiento del Problema Este capítulo desarrolla la problemática del estudio, abordando el problema general y los problemas específicos, los objetivos generales y específicos, la justificación e importancia de la investigación, la formulación de hipótesis y la descripción de variables. Asimismo, se establece la delimitación geográfica, temporal y conceptual del estudio, junto con las limitaciones identificadas.

Capítulo II: Marco Teórico En este apartado se consolida el sustento teórico de la investigación. Se analizan los antecedentes nacionales e internacionales relacionados con sostenimiento con pernos de las labores subterráneas en las diferentes empresas mineras. Adicionalmente, se revisan y contrastan las bases teóricas y criterios técnicos propuestos por autores especializados en el tema.

Capítulo III: Metodología Este capítulo describe el diseño metodológico empleado en la investigación. Se especifica el método, nivel y tipo de investigación, el diseño de estudio seleccionado, la definición de la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos validadas, y los procedimientos establecidos para el procesamiento y análisis de la información.

Capítulo IV: Análisis de Resultados En este segmento se presenta los resultados y el análisis del rendimiento operativo de los pernos Hidrabolt, basado en los datos recopilados

y procesados. Finalmente, se exponen las conclusiones derivadas del análisis de resultados, así como las recomendaciones. complementandose con la sección de Referencias Bibliográficas.

INDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema 1

1.2. Delimitación de la investigación 2

1.2.1. Delimitación espacial 2

1.2.2. Delimitación temporal 2

1.3. Formación del problema 2

1.3.1. Problema general 2

1.3.2. Problemas específicos 3

1.4. Formulación de objetivos 3

1.4.1. Objetivo general 3

1.4.2. Objetivos específicos 3

1.5. Justificación de la investigación 4

1.6. Limitación de la investigación 4

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio 5

2.1.1. Antecedentes nacionales 5

2.2. Bases teóricas – científicas 8
2.2.1. Sostenimiento en minería subterránea 8
2.2.2. Características del sostenimiento subterráneo 8
2.2.3. Tipos de sostenimiento 9
2.2.4. Sostenimiento mediante pernos de anclaje 9
2.2.5. Tipos de anclaje 10
2.2.6. Pernos Hydrabolt 11
2.2.7. Prueba de Arranque (PULL TEST) 14
2.2.8. Procedimiento de la prueba Pull Test 16
2.2.9. Proceso de una prueba de Arranque (PULL TEST) 17
2.3. Definición de términos conceptuales 20
2.4. Enfoque filosófico - epistémico 22

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación 25
3.2. Nivel de investigación 25
3.3. Características de la investigación 25
3.4. Métodos de investigación 25
3.5. Diseño de investigación 25
3.6. Procedimiento de muestreo 26
3.6.1. Población 26
3.6.2. Muestra 26
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 26
3.7.1. Técnicas 26
3.7.2. Instrumentos 26
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos 26
3.9. Orientación ética 26

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados 27

4.1.1. Aspectos generales de la mina 27

4.1.2. Caracterización Geomecánica de las labores mineras 29

4.1.3. Prueba de Arranque (PULL TEST) 33

4.1.4. Resultados de las pruebas de arranque de los pernos, Primer día 36

4.1.5. Resultados de las pruebas de arranque de los pernos, Segundo día: 41

4.1.6. Resultados de las pruebas de arranque de los pernos, tercer día 44

4.1.7. Resultados de las pruebas de arranque de los pernos, Cuarto día 47

4.1.8. Resultados de las pruebas de arranque de los pernos, Quinto día 51

4.1.9. Resultados de las pruebas de arranque de los pernos, Sexto día 58

4.2. Discusión de resultados

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1. Datos técnicos 14

Tabla 2. Operacionalización de variables e indicadores 24

Tabla 3. Accesibilidad 28

Tabla 4. Distribución de estaciones por vetas y niveles 29

Tabla 5. Calidad de la masa rocosa por vetas 31

Tabla 6. Resumen de la zonificación geomecánica. 32

Tabla 7. Primer día: Prueba 01 36

Tabla 8. Primer día: Prueba 02 37

Tabla 9. Primer día: Prueba 03 38

Tabla 10. Primer día: Prueba 04 39

Tabla 11. Segundo día: Prueba 05 41

Tabla 12. Segundo día: Prueba 06 42

Tabla 13. Segundo día: Prueba 07 43

Tabla 14. Tercer día: Prueba 08 44

Tabla 15. Tercer día: Prueba 09 45

Tabla 16. Tercer día: Prueba 10 46

Tabla 17. Cuarto día: Prueba 11 47

Tabla 18. Cuarto día: Prueba 12 48

Tabla 19. Cuarto día: Prueba 13 49

Tabla 20. Cuarto día: Prueba 14 50

Tabla 21. Quinto día: Prueba 15 51

Tabla 22. Quinto día: Prueba 16 52

Tabla 23. Quinto día: Prueba 17 53

Tabla 24. Quinto día: Prueba 18 54

Tabla 25. Quinto día: Prueba 19 55

Tabla 26. Quinto día: Prueba 20 56

Tabla 27. Sexto día: Prueba 21..... 58

Tabla 28. Sexto día: Prueba 22..... 59

Tabla 29. Sexto día: Prueba 23..... 60

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Elementos de un perno 10

Figura 2. Clasificación de los pernos de anclaje 11

Figura 3. Perno Hydrabolt..... 12

Figura 4. Grafica de un perno Hydrabolt 12

Figura 5. El color del pin codifica la longitud del perno (mts) 13

Figura 6. Accesorios de instalación 13

Figura 7. Prueba de Pull Test en superficie 15

Figura 8. Partes principales del Pull Test 15

Figura 9. Perno para colocación de la argolla de acero. 17

Figura 10. Colocación del cilindro y barra en el perno 18

Figura 11. Embolo del cilindro en su etapa inicial y manómetro en cero. 18

Figura 12. Inicio de la prueba. 19

Figura 13. Perno en su máxima capacidad de deformación axial..... 19

Figura 14. Medición de los resultados. 19

Figura 15. Perno Hydrabolt después de la prueba. 20

Figura 16. Ubicación de la mina 28

Figura 17. Clasificación para la veta Gisela ST-3. 30

Figura 18. Zonificación para la veta Gisela ST-3. 33

Figura 19. Fijación de la argolla de acero 33

Figura 20. Fijación del cilindro y la barra ranurada 34

Figura 21. Cilindro en su etapa inicial y Manómetro en cero 34

Figura 22. Inicio de la prueba 35

Figura 23. Capacidad de deformación axial 35

Figura 24. Toma de medidas 35
Figura 25. Prueba N° 01 37
Figura 26. Prueba N° 02 38
Figura 27. Prueba N° 03 39
Figura 28. Prueba N° 04 40
Figura 29. Rendimiento de los Pernos Hidrabolt, tonelaje Vs elongación, pruebas del 01 al 04 40
Figura 30. Prueba N° 05 41
Figura 31. Prueba N° 06 42
Figura 32. Prueba N° 07 43
Figura 33. Rendimiento de los Pernos Hidrabolt, tonelaje Vs elongación, pruebas del 05 al 07 44
Figura 34. Prueba N° 08 45
Figura 35. Prueba N° 10 46
Figura 36. Rendimiento de los Pernos Hidrabolt, tonelaje Vs elongación, pruebas del 08 al 10 47
Figura 37. Prueba N° 12 48
Figura 38. Prueba N° 13 49
Figura 39. Prueba N° 14 50
Figura 40. Rendimiento de los Pernos Hidrabolt, tonelaje Vs elongación, pruebas del 11 al 14 51
Figura 41. Prueba N° 15 52
Figura 42. Prueba N° 16 53
Figura 43. Prueba N° 17 54
Figura 44. Prueba N° 18 55
Figura 45. Prueba N° 19 56

Figura 46. Prueba N° 20 57
Figura 47. Rendimiento de los Pernos Hidrabolt, tonelaje Vs elongación, pruebas del 15 al 20 57
Figura 48. Prueba N° 21 58
Figura 49. Prueba N° 22 59
Figura 50. Prueba N° 23 60
Figura 51. Rendimiento de los Pernos Hidrabolt, tonelaje Vs elongación, pruebas del 22 al 24 61

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

Uno de los aspectos que conlleva gran preocupación e importancia en el proceso de minado subterráneo es el tema de sostenimiento, si no es bien llevado podría conllevar a la provocación de accidentes, pérdidas de vidas, lo que traerá como consecuencia elevación de costos, baja producción, hasta paralización de las labores.

El sostenimiento como parte del ciclo de Explotación, se hace indispensable en todas sus variantes, se ha definido que en todos los tajos en explotación se refuerce con algún tipo de sostenimiento de acuerdo a las indicaciones del Dpto. de Geomecánica, en tal sentido para el cumplimiento de este planeamiento es muy importante tener los recursos (suministros, equipos y personal calificado) más adecuados y prevenir requerimientos futuros.

Para cada tipo de roca se debe establecer un sostenimiento diferente, el mismo que será evaluado según la cartilla geomecánica, de acuerdo a la sección abierta, tiempo de exposición y nivel de alteración del terreno.

El comportamiento geomecánico de las estructuras mineralizadas de la Mina Animon, están consideradas dentro de la clasificación MF/R (Muy Fracturado Regular), MF/P (Muy Fracturado Pobre) y MF/MP (Muy Fracturado Muy Pobre), con

estructuras especialmente disturbadas. Con bloques angulosos, formados por cuatro o más sistemas de discontinuidades y un RQD entre 35 a 50 y para aberturas hasta de 4.5 m; los mismos que están comprendidos para llevar acabo un sostenimiento tipo “A”, “B”, “C”, “D1” o “E”.

Referente a las operaciones de la mina Chungar vemos que las condiciones actuales del macizo rocoso que se viene presentado en los niveles que se van explotando, se encuentran afectados por muchos factores inestabilizadores, tales como presión litostática, efectos de desequilibrio de fuerzas por efectos de minado, diseño de minado (anchos y alturas) fuera del estándar, sostenimiento inoportuno, instalación y orientación de elementos inadecuados.

Como podemos apreciar estos factores se pueden controlar, con una supervisión constante y un continuo monitoreo. Ante esto y las condiciones que se venían afrontando, se vio la necesidad de evaluar el sistema de sostenimiento mediante las pruebas de rendimiento de los pernos hidrabolt y Split set que se vienen aplicando en la empresa.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La investigacion se llevará a cabo EN VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR. Ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, departamento de Pasco.

1.2.2. Delimitación temporal

Se tiene previsto un tiempo de 6 meses de julio a diciembre del 2025.

1.3. Formación del problema

1.3.1. Problema general

¿Al evaluar los pernos Hydrabolt mediante las pruebas de arranque (Pull Test) cuál fue el comportamiento durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR?

1.3.2. Problemas específicos

Problema específico a

¿Al evaluar los pernos Hydrabolt mediante las pruebas de arranque (Pull Test) cuáles fueron las capacidades de anclaje de dichos pernos durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR?

Problema específico b

¿Al evaluar los pernos Hydrabolt mediante las pruebas de arranque (Pull Test) que problemas se presentaron en su instalación y durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el comportamiento de los pernos Hydrabolt al evaluar mediante las pruebas de arranque (Pull Test) durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR.

1.4.2. Objetivos específicos

Objetivo específico a

Determinar las capacidades de anclaje de los pernos Hydrabolt al evaluar mediante las pruebas de arranque (Pull Test) durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR.

Objetivo específico b

Determinar los problemas que presentan en su instalación y durante el sostenimiento de los pernos hydrabot al usar como sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR.

1.5. Justificación de la investigación

Planteamos las siguientes justificaciones.

Justificación Teórica

Al realizar la investigacion podremos obtener nuevas informaciones, nuevos conocimientos sobre sostenimiento con pernos Hidrabolt, pruebas de arranque en minería subterránea que puedan aplicarse en otras investigaciones.

Justificación Practica

Podremos determinar los rendimientos de los pernos Hidrabolt instalados en las labores mineras, asegurando la seguridad de los trabajadores y evitando posibles impactos de roca y accidentes que se pueden producir por la inestabilidad del macizo rocoso.

Justificación Económica

Al realizar las labores de minado y no realizar un sostenimiento oportuno, adecuado se puede producir desprendimiento de rocas por falta de sostenimiento lo cual traerá consigo retraso de las labores de minado, ocurrencia de accidentes lo cual contribuirá a un aumento de los costos de explotación perjudicando económicamente a la empresa; nuestra investigacion evitará que esto ocurra.

1.6. Limitación de la investigación

En cuanto a ciertas limitaciones diremos que no avizoramos limitaciones o contratiempos durante la ejecución del trabajo.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes nacionales

Primer antecedente:

En la tesis de (ARCA, LUME, 2012) titulado "ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE LOS PERNOS HYDRABOLT PARA ESTANDARIZACIÓN GEOMECÁNICA EN LA CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS CON EQUIPO ALIMAK STH - SE EN CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.· 2012" tiene como objetivo: la estandarización geomecánica del macizo rocoso al construir la chimenea mediante el análisis de esfuerzos de los pernos Hidrabolt.

Como conclusión se tuvo:

Las mediciones del esfuerzo tectónico in-situ en la mina dio como resultado un esfuerzo máximo representativo de 49 MPa

Para una correcta instalación de los pernos Hidrabolt la presión del aire debe ser mínimo 80 PSI, la presión del agua de 25 MPa/250-300Bar, el factor de seguridad del macizo rocoso es de 1.5.

El estudio geomecánico se llegó a determinar el número de pernos Hydrabolt a usar para estabilizar la abertura de la chimenea.

En cuanto a costos se ve que el perno Hydrabolt tiene un costo de 14.8 $/m2 mientras que los pernos Helicoidales con resina son de 50.67 $/m2

Segundo antecedente

En la tesis de (BLANCO, 2018) tiene como objetivo analizar técnico de los pernos Hydrabolt mediante la caracterización geomecánica del macizo rocoso.

Como conclusión se llegó:

La explotación de la mina Casapalca se realiza a través de 18 niveles, del nivel 435 al nivel 18, contando con 4 zonas; aplicando el metodo de explotación por sub level stoping.

De acuerdo a la tabla geomecánica determinada, el RMR está en 68 y 59, con tipo de roca II Y III; el índice Q es de 35.48, el índice GSI; esto nos indica que el sostenimiento debe ser con pernos de anclaje tanto en el techo como en las paredes.

Los pernos que presentan un anclaje uniforme son los pernos Split Set, Hydrabolt, Swellex, mientras que los pernos Helicoidales son irregulares. Los pernos Hydrabolt son de mayor capacidad y el de menor capacidad son los pernos Split Set.

En cuanto a costo por metro cuadrado de sostenimiento el más barato es el perno Hydrabolt 10.95 $/m2 y el más caro es el perno Helicoidal 50.67 $/m2.

Los pernos Hydrabolt de 5 pies muestran una capacidad de carga de 11.2 tn y los pernos Hydrabolt de 7 pies su capacidad es de 10.8 tn

El tiempo de instalación de los pernos Hydrabolt es corto de 1 a 2 minutos, así como su costa bajo.

Tercer antecedente

En la tesis de (MONTERO , 2022) cuyo título es SOSTENIMIENTO CON SPLIT SET PARA MEJORAR COSTOS EN UNIDAD DE PRODUCCIÓN LA ESTRELLA DE COMPAÑÍA MINERA CARAVELI S.A.C. – LA LIBERTAD. Tiene como objetivo: ver como mejora los costos al realizar el sostenimiento con pernos Split set.

Como conclusiones se tuvo:

Se concluye que el tipo de sostenimiento está en función de la calidad de la roca.

El costo que representa el sostenimiento con madera es de 24.85 $/m2 y el costo de sostenimiento con pernos Split set es de 11.10 $/m2 notándose la gran diferencia de los costos de ambos sostenimientos.

Hay una gran diferencia en el tiempo de instalación de los pernos Split set y los cuadros de madera, siendo el de instalación en menor tiempo los pernos Split set de 17 pernos/hora.

Cuarto antecedente

La tesis de (PANTIGOZO, 2013) tuvo como título COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO ENTRE SWELLEX E HYDRABOLT EN EL SOSTENIMIENTO EN MINAS SUBTERRÁNEAS PARA ELECCIÓN ÓPTIMA, su objetivo fue:

Realizar una comparación entre los pernos Hydrabolt y Swellex para optar por uno de ellos para el sostenimiento de las labores mineras.

Como conclusión se tuvo:

No existe una relación lineal entre la capacidad de anclaje y la longitud del perno.

Los dos tipos de pernos muestran anclajes más uniformes, también hay una relación lineal con la carga aplicada en los dos tipos de pernos, siendo el perno hydrabolt el de menor elongación.

El de mayor rendimiento de anclaje son los pernos Hydrabolt debido a la presión que ejerce el agua contra las paredes del taladro.

Los dos tipos de pernos ejercen inmediatamente su trabajo de sostenimiento una vez instalados.

Los costos que representan la instalación de los pernos es bastante diferenciado, el de más bajo costo es el perno Hydrabolt de 10.95 $/m2 y el de mayor costo es el perno Helicoidal de 50.67 $/m2

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Sostenimiento en minería subterránea

El sostenimiento es el conjunto de procedimientos y materiales empleados para asegurar que las excavaciones subterráneas mantengan su estabilidad y capacidad portante, es decir, que no colapsen. El objetivo principal es movilizar la resistencia natural del macizo rocoso para que la excavación pueda mantenerse abierta y segura para las labores mineras.

2.2.2. Características del sostenimiento subterráneo

- **Seguridad:**

  Es el objetivo primordial, garantizando la protección de la vida y la integridad del personal, así como la de la maquinaria y el equipo.

- **Estabilidad del macizo rocoso:**

  Se busca controlar el comportamiento del terreno, movilizando sus propias fuerzas para evitar desplazamientos o caídas de rocas.

- **Adaptabilidad a las condiciones del terreno:**

  El diseño y tipo de sostenimiento dependen de factores geológicos como el tipo de roca, su resistencia, presencia de fallas, y los esfuerzos existentes en el macizo rocoso.

- **Optimización de la producción:**

  Aunque el sostenimiento es fundamental para la seguridad, se debe equilibrar con la necesidad de mantener un ritmo de producción eficiente, buscando la manera más rápida y segura de ejecutar las labores mineras.

- **Combinación de técnicas:**

  Los sistemas de sostenimiento suelen combinar el refuerzo (elementos que se anclan a la roca, como bulones o cables) y el soporte (elementos externos que responden a deformaciones, como la malla de acero, hormigón proyectado o cerchas).

2.2.3. Tipos de sostenimiento

Los métodos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Refuerzo (activo):**

  Se instala en taladros y ejerce esfuerzos predeterminados sobre la roca para activarla y hacer que se autosostenga, como bulones o anclajes.

- **Soporte (pasivo):**

  Se aplica externamente a la excavación y asimila los esfuerzos y deformaciones que genera el macizo rocoso. Ejemplos son el hormigón proyectado (shotcrete), cerchas metálicas o cuadros de madera.

Factores que influyen en el diseño del sostenimiento

- Las condiciones del macizo rocoso (tipo de roca, fracturación, fallas).
- La geometría de la excavación (tamaño y forma del túnel o galería).
- Los esfuerzos tectónicos y la presión que se ejerce sobre la roca.
- El daño causado por las voladuras.
- Las condiciones ambientales (humedad, corrosión de los materiales).

2.2.4. Sostenimiento mediante pernos de anclaje

Concepto

un anclaje es un conjunto de elementos destinados a fijar una cuña de roca firmemente al terreno circundante estable, en una excavación subterránea.

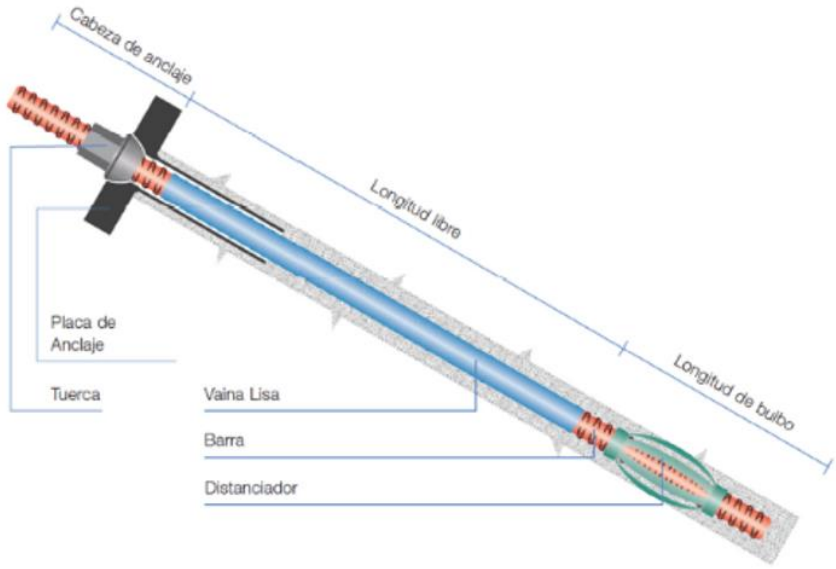
Elementos del perno

Esta compuesto por los siguientes elementos

- (1) un elemento metálico
- (2) material de relleno o aglutinante, usualmente lechada o resina,
- (3) tubos o mangueras
- (4) cabezal del anclaje,
- (5) platinas metálicas, tuercas y arandelas;
- (6) cuñas expansivas, propias de anclajes expansivos.

- (7) los fijadores o centradores, recubrimientos lisos o vaina lisa, y elementos de traslapo

Figura 1. *Elementos de un perno*



2.2.5. Tipos de anclaje

En general los sistemas de anclajes se dividen en dos grupos: activos y pasivos

- **El anclaje activo**

  Es un elemento pre-tensionado poco tiempo después de su instalación a un porcentaje entre el 50% y 90% de la carga de trabajo considerada en el diseño, permitiendo que el anclaje aporte gran resistencia rápidamente

- **El anclaje pasivo**

  No se tensiona luego de su instalación, permitiendo movimientos en el material circundante inestable hasta lograr el tensionamiento previsto durante el diseño.

- **Anclaje mixto**

  anclaje mixto debido a que son pre-tensionados a un bajo porcentaje, permitiendo deformaciones hasta lograr el tensionamiento de diseño

Según el tiempo de vida útil de los anclajes

Suelen diferenciarse entre temporales, semi-permanentes y permanentes;

Los anclajes temporales

Tendrían una vida útil menor a 6 meses, donde no es requerido el monitoreo debido a que se asume que no ha iniciado un serio proceso corrosivo

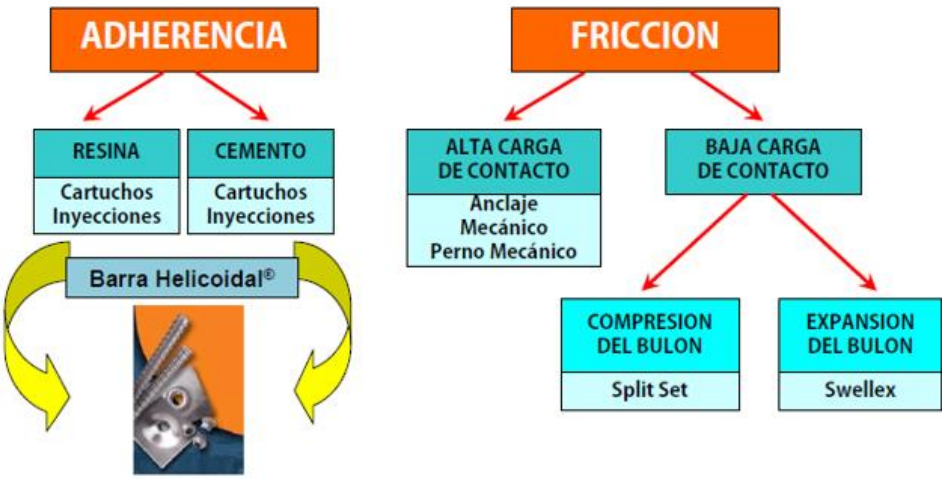
Los anclajes semi-permanentes,

Tendrían vida útil entre 6 y 18 meses, requiriendo de monitoreo;

Los anclajes permanentes

Con tiempos mayores a 18 meses requieren de protección ante la corrosión y de monitoreo

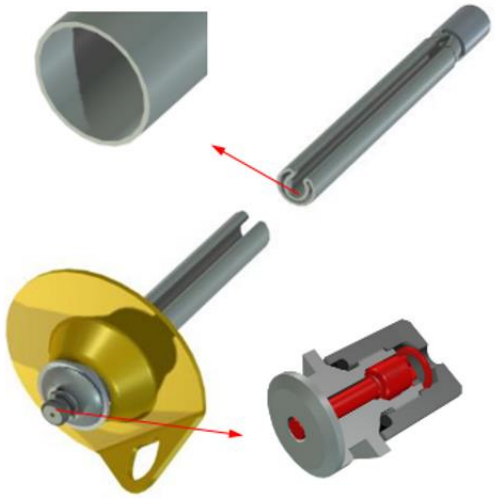
Figura 2. *Clasificación de los pernos de anclaje*



2.2.6. Pernos Hydrabolt

El perno Hydrabolt es un perno de fricción al que se le inyecta agua a altas presiones de 25 a 30 Mpa (presión correcta de inflado), se expande y debido a su válvula de no retorno el agua se mantiene en el interior y ejerce presión constante en todo momento, en forma radial y a lo largo de la longitud del taladro.

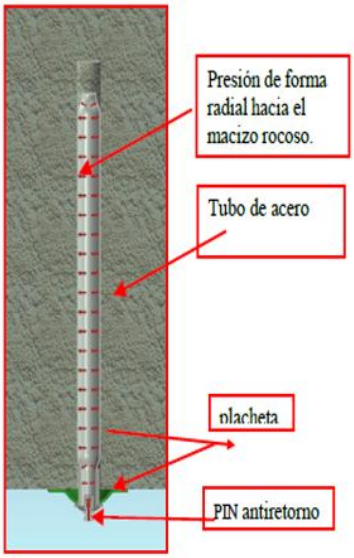
Figura 3. *Perno Hydrabolt*



El HYDRABOLT, es un perno de fricción activo y de inmediata instalación al que se le inyecta agua a altas presiones de 25 a 30 Mpa (Presión correcta de inflado).

Se expande de 29mm a 41mm y debido a su válvula de no retorno, el agua que se mantiene en el interior ejerce presión constante en todo momento, en forma radial a lo largo de la longitud del taladro

Figura 4. *Grafica de un perno Hydrabolt*



Identificación de los pernos

El indicador de carga proporciona un método visual de verificación de la instalación correcta del perno de anclaje.

Cuando aparece el indicador de carga al ras de la válvula confirma que el perno de anclaje ha sido instalado correctamente y sus diferentes colores identifica la longitud del perno de anclaje instalado.

Figura 5. *El color del pin codifica la longitud del perno (mts)*



Accesorios de instalación

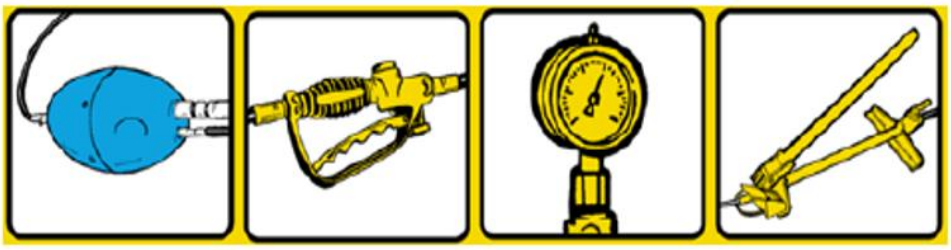
Bomba de alta presión que es capaz de proporcionar agua 30MPa de presión

Pistola de seguridad de alta presión

Manómetro de presión Jackpot

Bomba manual Jackpot

Figura 6. *Accesorios de instalación*



Ventajas:

a. Instalación fácil y rápida.

b. No es afectado por las vibraciones de la voladura.

c. Válvula de no retorno patentada la cual limita la pérdida de carga e incrementa la resistencia al arranque.

d. La Carga es distribuida homogéneamente a lo largo de todo el taladro.

e. No necesita resina o cemento.

f. No es susceptible a la resistencia de la roca.

g. Sostenimiento inmediato.

h. El indicador de carga muestra cuando ya esta Presurizado

i. El color del indicador de carga identifica la longitud del perno de anclaje

j. Amplio rango de expansión

k. La carga es distribuida uniformemente sobre toda la longitud del taladro.

Datos técnicos del perno Hydrabolt

Tabla 1. *Datos técnicos*

Tipo	Acero	kp/mm2	SAE 1008
Diámetro	Plegado	Mm	29
Dimensión Original	Diámetro y grosor	Mm	41*2
Diámetro recomendado	De taladro	Mm	36 -38
Diámetro óptimo	De taladro	Mm	34 – 38
Dimensiones del cas Quilllete	De cabeza(cintura/cuello)	Mm	32.5 - 42.5
Diámetro de casquillete	Superior	Mm	32.5
Presión	De inflado	Bar	250 – 280
Rendimiento	Acero (carga)	Tons	10
Longitud > y <	Orificio placa frontal	Mm	34 * 42
Carga mínima	De rotura	Tm	10
Máxima carga	Acero	Tons	16
Máxima deformación	Axial (elongación)	%	21
Peso perno	sin plato y tuerca	Kg./m	2
Longitudes	Estándares	M	0.9-3.15 cada 0.3
Longitudes	Disponibles	M	0.9-3.15
Aplicación			Toda dureza, uso temporal

2.2.7. Prueba de Arranque (PULL TEST)

La maquina de arranque de pernos permite determinar la capacidad de carga o de anclaje de los pernos de roca en un determinado macizo rocosomediante el ensayo “Pull Test” esta capacidad de anclaje esta determinado por cuatro aspectos importantes: longitud de perno, diámetro de taladro, tiempo de instalación, y calidad del macizo rocoso, además permite controlar el comportamiento del perno durante y después de la inastalacion.

Los equipos pull test están diseñados para varios tipos de ensayoen pernos Swellex, Spit set, Pernos Helicoidales, pernos cementados, pernos Hydrabolt, etc.

Disponibles en capacidades de 10Tn, 20Tn, 30Tn, 40Tn, 50Tn.Tanto en minería como en obras civiles.

Figura 7. *Prueba de Pull Test en superficie*



Partes de un equipo Pull Test

En la siguiente figura podemos ver los elementos que posee un equipo Pull Test.

Figura 8. *Partes principales del Pull Test*



A. Castillo del Equipo.
B. Cilindro Hidráulico.
C. Cadena de Seguridad.
D. Manguera de alta presión.
E. Manómetro Indicador de Presión.
F. Bomba hidráulica.
G. Perilla de seguridad de presión.
H. Tuerca de seguridad tipo Mariposa
I. Kit de extracción:
1. Hydrabolt.
2. Perno helicoidal de 22 mm.
3. Split Set 40 mm.

Ilustración 2: Se Muestran Las Partes Principales Del Equipo.

Pruebas de arranque (pull test)

Las pruebas de arranque (pull test) en minería son ensayos de tracción que se realizan a pernos de anclaje (como pernos de fricción o de anclaje cementado) para verificar su capacidad de carga y asegurar la estabilidad del macizo rocoso. Se aplica una fuerza controlada y se mide la tensión para determinar si el perno está

firmemente anclado. Estas pruebas son cruciales para la seguridad de las operaciones mineras, ya que ayudan a controlar el comportamiento de los pernos en tiempo real y a validar que la fortificación es adecuada.

2.2.8. Procedimiento de la prueba Pull Test

- **Se utiliza un equipo hidráulico:**

  Se emplea una máquina con un cilindro hidráulico que aplica una fuerza de tensión controlada al perno de anclaje.

- **Se asegura el equipo:**

  Se coloca una estructura o plataforma metálica que dirige la fuerza directamente al perno, evitando que se aplique a la placa de anclaje.

- **Se aplica la carga:**

  Se acciona la manivela del gato hidráulico, aplicando una carga que aumenta gradualmente hasta un punto predeterminado o hasta que se produce el desprendimiento.

- **Se mide el desplazamiento:**

  Se registra la deformación o el desplazamiento del perno a medida que se aplica la carga, utilizando un dispositivo de medición.

- **Se analiza el resultado:**

  Se compara el valor de la fuerza máxima registrada con la capacidad de diseño o las especificaciones de la norma para validar el anclaje.

Importancia

- **Seguridad:**

  Permiten verificar que los pernos están anclados de forma segura y que la roca se mantiene estable, lo que es fundamental para prevenir derrumbes.

- **Control de calidad:**

  Aseguran que el perno o sistema de anclaje instalado cumple con las especificaciones requeridas para la mina.

- **Validación:**

  Permiten validar que los datos de los ensayos de investigación son adecuados para las condiciones reales del macizo rocoso.

- **Determinación de capacidad de carga:**

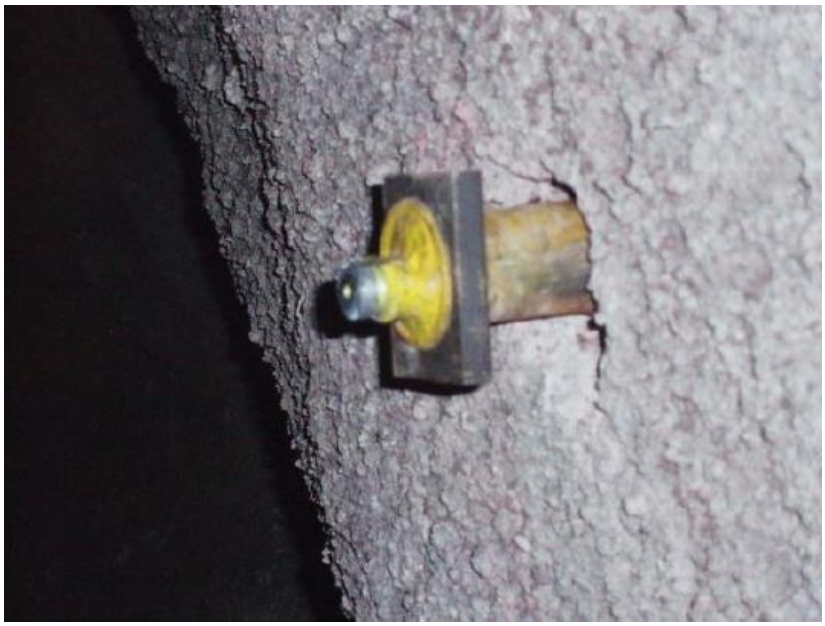
  Ayudan a determinar la capacidad de carga de anclaje del perno, considerando factores como su tipo, longitud, diámetro del taladro y la calidad del macizo rocoso.

2.2.9. Proceso de una prueba de Arranque (PULL TEST)

Los pasos a seguir al realizar una prueba de arranque es la siguiente:

Se coloca una argolla de acero, que tiene en su parte media un orificio del diámetro del perno > a 29mm, lo que simulara la placa metálica del perno Hydrabolt, esto antes de inflar el mismo.

Figura 9. *Perno para colocación de la argolla de acero.*



Luego de inflar el perno Hydrabolt, se coloca el cilindro y la barra ranurada que se enroscara y se tratara coincidir con la válvula del Hydrabolt, para mejores resultados.

Figura 10. *Colocación del cilindro y barra en el perno*



Se observa que el embolo del cilindro de la gata, se encuentra en su etapa inicial y las medidas del manómetro se encuentran en cero (toneladas).

Figura 11. *Embolo del cilindro en su etapa inicial y manómetro en cero.*



Entonces empezaremos con las pruebas, por lo que personal debidamente calificado y con conocimientos se hace cargo. Se hace un trabajo de palanca, esto hará que la gata bombee la hidrolina del interior del equipo, produciendo un incremento en la presión de arranque. El manómetro arroja medidas, las cuales según nuestra conveniencia deberemos anotarlas.

Figura 12. *Inicio de la prueba.*



En su máxima capacidad de deformación axial, veremos que se producirá, en este caso el “fallo del collarin del perno” (rotura), pero no se observa el arranque del Hydrabolt.

Figura 13. *Perno en su máxima capacidad de deformación axial.*



Anotamos las medidas y se explica los resultados obtenidos.

Figura 14. *Medición de los resultados.*



Y al final tenemos una prueba satisfactoria, que complace los objetivos de rendimiento de la empresa adquiriente.

Figura 15. *Perno Hydrabolt después de la prueba.*



2.3. Definición de términos conceptuales

Carga

Fuerza axial sobre el perno de anclaje

Capacidad máxima

Carga máxima sostenida por el sistema de anclaje

Capacidad de trabajo

Carga sobre el sistema de anclaje donde comienza a aumentar el desplazamiento de manera significativa

Desplazamiento

Movimiento de la cabeza del perno de anclaje

Fractura

Incapacidad del sistema de anclaje o de la roca para sostener la carga aumentada sin que aumente rápidamente la deformación, en algunos casos la carga máxima no puede mantenerse.

Geomecánica.

“La geomecánica es el estudio del comportamiento mecánico de los materiales geológicos. Los aspectos de ingeniería de estos estudios, o geomecánica

aplicada, describen la respuesta del entorno geológico a las acciones de la minería." (Daemen, 2003).

Hydrabolt.

Es un perno de fricción, de inmediata instalación, al que se le inyecta agua a altas presiones (250-300 Bares). Se expande de los 29mm (Φ inicial), hasta los 42mm y debido a su válvula de no retorno, el agua que se mantiene en el interior ejerce presión constante en todo momento, en forma radial a lo largo de la longitud del taladro

Macizo rocoso.

Es el medio in-situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales

Pruebas de arranque (pull test)

En minería son ensayos de tracción que se realizan a pernos de anclaje (como pernos de fricción o de anclaje cementado) para verificar su capacidad de carga y asegurar la estabilidad del macizo rocoso. Se aplica una fuerza controlada y se mide la tensión para determinar si el perno está firmemente anclado

Pernos.

Equipo de sostenimiento aplicado a los macizos rocosos, para estabilizar una excavación subterránea.

Presión

Fuerza por unidad de área

Pull Test

Probador hidráulico que consiste en un cilindro hidráulico, un manómetro para 10, 20 o 30 toneladas y una bomba hidráulica a mano para probar los elementos para el sostenimiento de terrenos. Verificar que el manómetro sea el adecuado para el cilindro utilizado.

Sostenimiento.

En toda explotación minera, el sostenimiento de las labores es un trabajo adicional de alto costo que reduce la velocidad de avance y/o producción pero que a la vez es un proceso esencial para proteger de accidentes a personal y al equipo.

2.4. Enfoque filosófico – epistémico

En este apartado se consolida el sustento teórico de la investigación. Adicionalmente, se revisan y contrastan las bases teóricas y criterios técnicos propuestos por autores especializados en el tema.

Hipótesis general

Al evaluar los pernos Hydrabolt mediante las pruebas de arranque (Pull Test) vemos que el comportamiento técnico son los adecuados, durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR.

Hipótesis especificas

Hipótesis especifica a

Al evaluar los pernos Hydrabolt mediante las pruebas de arranque (Pull Test) podremos determinar las capacidades de anclaje de dichos pernos durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR

Hipótesis especifica b

Al evaluar los pernos Hydrabolt mediante las pruebas de arranque (Pull Test) podremos determinar los problemas que se presentaron en su instalación y durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR

Identificación de variables

Variables para la hipótesis general

Variable independiente

Pruebas de arranque pernos hydrabolt

Variable dependiente

Comportamiento técnico adecuado

Variables para la hipótesis especificas

Variables para la hipótesis específica a

Variable independiente

Pruebas de arranque pernos hydrabolt

Variable dependiente

Capacidad de anclaje

Variables para la hipótesis especifica b

Variable independiente

Pruebas de arranque pernos hydrabolt

Variable dependiente

Problemas en los pernos hydrabolt

Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 2. *Operacionalización de variables e indicadores*

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES E INDICADORES				
VARIABLE	**DEFINICION CONCEPTUAL**	**DEFINICION OPERACIONAL**	**DIMENCION**	**INDICADORES**
Identificación de variables **Variables para la hipótesis general** **Variable independiente** **Pruebas de arranque pernos hydrabolt** **Variable dependiente** **Comportamiento técnico adecuado** ***Variables para la hipótesis especificas*** **Variables para la hipótesis especifica a** **Variable independiente** **Pruebas de arranque pernos hydrabolt** **Variable dependiente** **Capacidad de anclaje** **Variables para la hipótesis especifica b** **Variable independiente** **Pruebas de arranque pernos hydrabolt** **Variable dependiente** **Problemas en los pernos hydrabolt**	**Las pruebas de arranque (pull test)** en minería son ensayos de tracción que se realizan a pernos de anclaje (como pernos de fricción o de anclaje cementado) para verificar su capacidad de carga y asegurar la estabilidad del macizo rocoso. Se aplica una fuerza controlada y se mide la tensión para determinar si el perno está firmemente anclado	la investigacion se realizará sobre el comportamiento de los pernos Hydrabolt al evaluar mediante las pruebas de arranque (Pull Test) durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR.	-Comportamiento de los pernos hydrabol - capacidades de anclaje de los pernos Hydrabolt - problemas que presentan en su instalación y durante el sostenimiento de los pernos hydrabot	-N° de pruebas -Longitud de perno -Capacidad de soporte -Desplazamiento

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

La investigación será de tipo APLICADA (BAENA , 2017).

3.2. Nivel de investigación

En cuanto al nivel, será de un nivel descriptivo, explicativo (HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, 2014)

3.3. Características de la investigación

La característica empleada en la investigación, se especifica en el método, nivel y tipo de investigación, el diseño de estudio seleccionado, la definición de la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos validadas, y los procedimientos establecidos para el procesamiento y análisis de la información.

3.4. Métodos de investigación

El metodo de investigacion será el metodo científico, apoyados en los métodos específicos analítico-deductivo; Test (BERNAL, 2010) .

3.5. Diseño de investigación

Aplicaremos el diseño no experimental porque no haremos ninguna variación de las variables de la investigacion solo observaremos y recogeremos datos de las pruebas con el Pull Test. (SANCHEZ, REYES, MEJIA, 2018)

3.6. Procedimiento de muestreo

3.6.1. Población

La población está constituida por todas las labores donde se realizan sostenimiento con pernos Hydrabolt en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR

3.6.2. Muestra

La muestra está constituida por las labores TJ 500, TJ 400, TJ 300, SN 200, ACCESO 5

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnicas

- Observación directa
- Análisis de documentos

3.7.2. Instrumentos

Tenemos:

- Guía de observación
- Ficha de registro
- Documentos escritos

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para poder obtener los resultados y conclusiones ordenaremos los datos de campo en base a los instrumentos Excel, Word.

3.9. Orientación ética

Durante el desarrollo de la investigacion tendremos presente la parte de la Ética que todo profesional debe mantener considerando la veracidad, honestidad, confidencialidad y respeto a las instituciones y personas.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Aspectos generales de la mina

Ubicación de la mina

La mina Animón se ubica en el distrito de Huayllay, provincia y departamento de Pasco. Se emplaza en el flanco oriental de la cordillera occidental, en las coordenadas UTM.: 8´780,728 N y 344,654 E a una altura promedio de 4,600 m s. n. m.

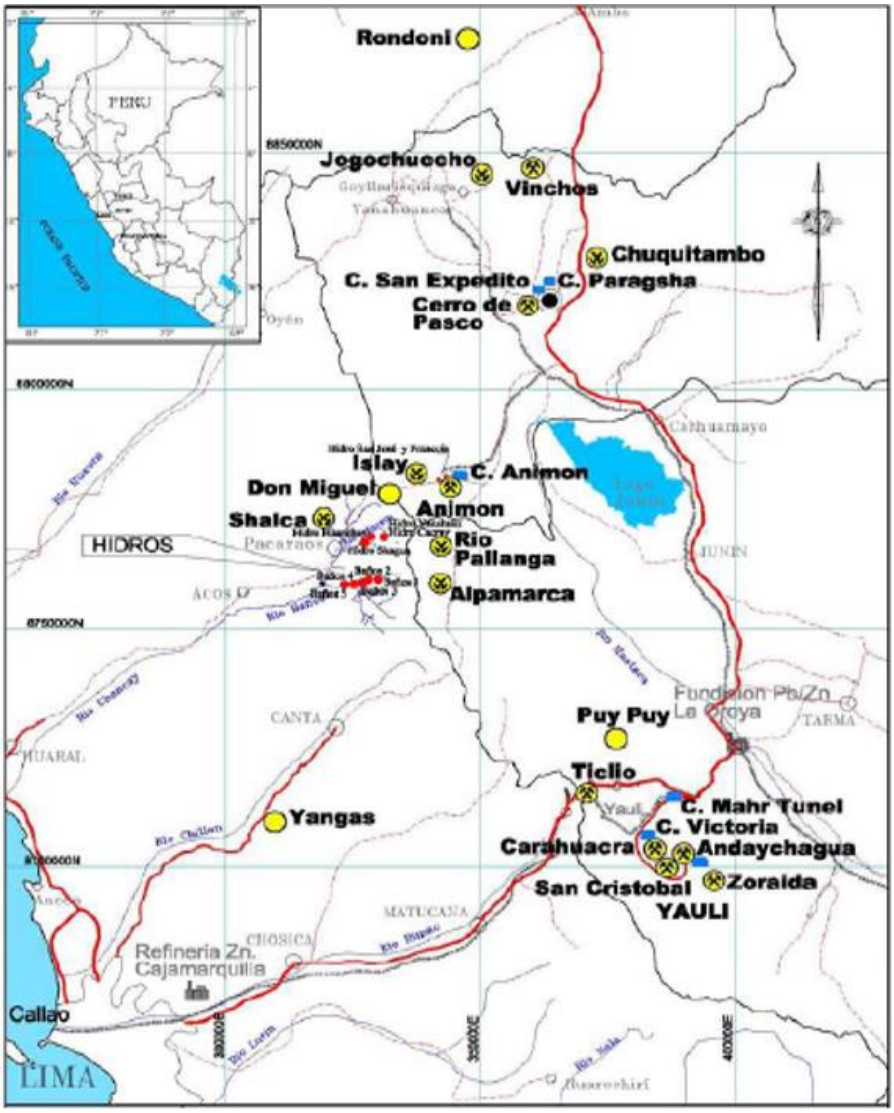
Accesibilidad

La mina es accesible por las siguientes rutas

***Tabla 3**. Accesibilidad*

RUTA	DISTANCIA	VÍA
Lima – Oroya - Villa Pasco - Huayllay – mina Animón	328 kilómetros	Asfaltada (principal)
Lima – Canta – mina Animón	219 kilómetros	Afirmada (alterna)
Lima – Huaral – mina Animón	225 kilómetros	Asfaltado (alterna)

Figura 16. *Ubicación de la mina*



4.1.2. Caracterización Geomecánica de las labores mineras

Registro de datos

La recolección de la base de datos geomecánica para la presente evaluación proviene de 3 fuentes: del mapeo geomecánico realizado en la masa rocosa expuesta de las excavaciones subterráneas, del logueo geotécnico realizado en testigos rocosos de sondajes diamantinos y de la información de interés desarrollada por el personal de mina Animon.

El mapeo geomecánico del compuesto rocoso se llevó a cabo utilizando el "método directo por celdas de detalle". Mediante esta técnica se ejecutaron mediciones sistemáticas en un total de 63 puntos de toma de datos distribuidas en los distintos estratos de la mina.

Tabla 4. *Distribución de estaciones por vetas y niveles*

Nivele vs Vetas	Nivel 3975	Nivel 4000	Nivel 4050	Nivel 4075	Nivel 4100	Nivel 4125	Nivel 4150	Nivel 4150	Nivel 4175	Nivel 4200	Nivel 4225	**Total - Veta**
Principal			1							1		**2**
Karina I											6	**6**
Ramal Piso 03 Principal		7										**7**
Andalucía 120	2			3	3		3		3	2		**16**
Andalucía 120 Techo									3			**3**
Carmen			4	5								**9**
Gisela					6	6	1	1	2			**16**
Split María Rosa						4						**4**
Total - Nivel	**2**	**7**	**5**	**8**	**9**	**10**	**4**	**1**	**8**	**3**	**6**	**63**

El logueo geotécnico se realizó en 30 sondajes o perforaciones diamantinos distribuidos entre las 8 vetas en estudio. Haciendo un total de 5,883 m logueados.

Los criterios de observación y toma de datos fueron: tipo de roca, tipo de sistema de discontinuidad, espaciado, orientación, espesor del relleno, persistencia, rugosidad, apertura tipo de relleno, intemperización y presencia de agua. Así

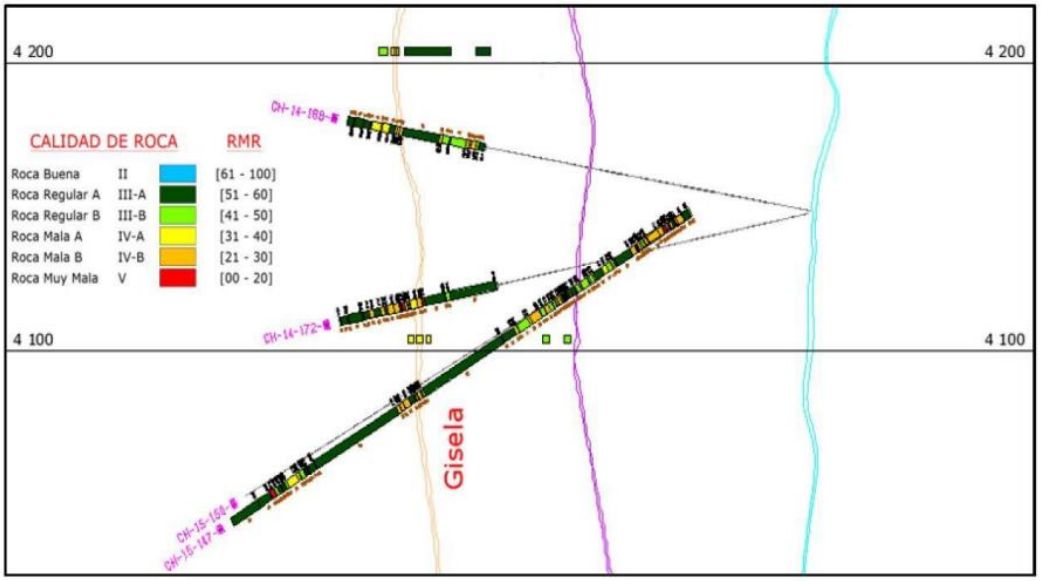
también se anotaron datos de resistencia y del grado de fracturamiento de la roca para definir el RQD.

Clasificación geomecánica de la masa rocosa

La disposición geomecánica del compuesto rocoso se ejecutó utilizando el criterio de Bieniawski de 1989 (RMR – Rock Mass Rating o Valoración de la Masa Rocosa). Estos datos o valores de resistencia compresiva de la roca en su estado natural fueron procedentes de laboratorios.

Un ejemplo de clasificación geomecánica para la vetaPrincipal se presenta en la Figura 7

Figura 17. *Clasificación para la veta Gisela ST-3.*



En la Tabla 3, se tiene un extracto de la clasificación del compuesto rocoso para cada una de las vetas en estudio.

se puede observar lo siguiente: 1. Principalmente la calidad de roca corresponde a Mala B(IVB) y Mala A (IVA) en menor presencia Regular (IIIB) y Regular A (IIIA). 2. Existen partes de índole Muy Mala (V) referentes a estados específicas (zonas de falla o presencia abundante de agua) de alcance local.

Tabla 5. *Calidad de la masa rocosa por vetas.*

Veta	Rango/Calidad	Caja piso alejada	Caja piso inmediata	Mineral	Caja techo inmediata	Caja techo alejada
Principal	Rango RMR	20-56	19-41	19-48	24-52	28-55
	Calidad RMR	V-IIIA	V-IIIB	V-IIIB	IVB-IIIA	IVB-IIIA
Karina I	Rango RMR	20-52	24-54	29-49	26-48	28-56
	Calidad RMR	V-IIIA	IVB-IIIA	IVB-IIIB	IVB-IIIB	IVB-IIIA
Ramal Piso 03 Principal	Rango RMR	26-56	20-54	26-34	20-54	28-56
	Calidad RMR	IVB-IIIA	V-IIIA	IVB- IVA	V-IIIA	IVB-IIIA
Andalucía 120	Rango RMR	28-58	26-54	20-52	29-56	29-58
	Calidad RMR	IVB-IIIA	IVB-IIIA	V-IIIA	IVB-IIIA	IVB-IIIA
Andalucía 120 Techo	Rango RMR	28-56	22-51	20-45	24-53	22-54
	Calidad RMR	IVB-IIIA	IVB-IIIA	V-IIIB	IVB-IIIA	IVB-IIIA
Carmen	Rango RMR	23-42	23-42	25-36	28-41	28-48
	Calidad RMR	IVB-IIIB	IVB-IIIB	IVB- IVA	IVB-IIIB	IVB-IIIB
Gisela	Rango RMR	22-52	21-52	20-38	24-56	24-56
	Calidad RMR	IVB-IIIA	IVB-IIIA	V- IVA	IVB-IIIA	IVB-IIIA
Split María Rosa	Rango RMR	26-43	22-44	24-37	26-43	29-47
	Calidad RMR	IVB-IIIB	IVB-IIIB	IVB- IVA	IVB-IIIB	IVB-IIIB

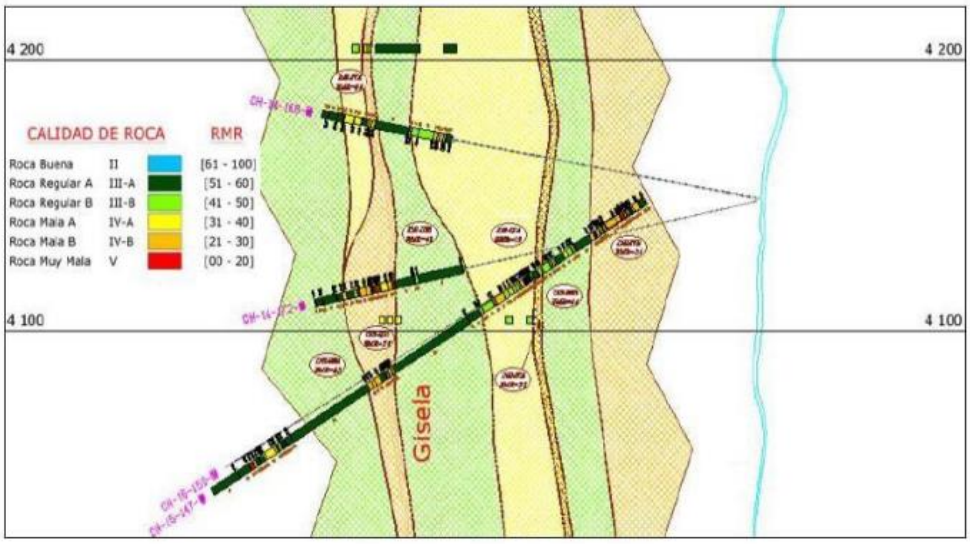
Zonificación geomecánica de la masa rocosa Para poder ejecutar las diferentes maneras de cálculo de la mecánica de rocas, es imprescindible que el compuesto rocoso bajo estudio o análisis se encuentre fraccionada en áreas de características estructurales y mecánicas parecidas, puesto que los parámetros de diseño y la evaluación de lo obtenido serán permitidos solo dentro de compuesto rocoso que muestren propiedades físicas y mecánicas similares

Tabla 6. *Resumen de la zonificación geomecánica.*

Veta	Promedio / Domino estructural	Caja techo alejada	Caja techo inmediata	Mineral	Caja piso inmediata	Caja piso alejada
Principal	Promedio RMR	48	24 y 35	28 y 36	24 y 35	27 y 54
	DE RMR	DE-IIIB	DE-IVB y DE-IVA	DE-IVB y DE-IVA	DE-IVB y DE-IVA	DE-IVB y DE-IIIA
Karina I	Promedio RMR	33	28	27	28	38
	DE RMR	DE-IVA	DE-IVB	DE-IVB	DE-IVB	DE-IVA
Ramal Piso 03 Principal	Promedio RMR	34 y 45	27 y 34	26	27 y 34	42 y 50
	DE RMR	DE-IVA y DE-IIIB	DE-IVB y DE-IVA	DE-IVB	DE-IVB y DE-IVA	DE-IIIB
Andalucía 120	Promedio RMR	24 y 32	22 y 35	26-35	22 y 35	34 y 41
	DE RMR	DE-IVB y DE-IVA	DE-IVB y DE-IVA	DE-IVB y DE-IVA	DE-IVB y DE-IVA	DE-IVA y DE-IIIB
Andalucía Techo 120	Promedio RMR	36 y 43	22 y 34	26-34	22 y 34	23 y 32
	DE RMR	DE-IVA y DE-IIIB	DE-IVB y DE-IVA	DE-IVB y DE-IVA	DE-IVB y DE-IVA	DE-IVB y DE-IVA
Carmen	Promedio RMR	28-36	22-34	24-36	34	36 y 48
	DE RMR	DE-IVB y DE-IVA	DE-IVB y DE-IVA	DE-IVB y DE-IVA	DE-IVA	DE-IVA y DE-IIIB
Gisela	Promedio RMR	45-51	34 y 44	24-36	34 y 44	36 y 48
	DE RMR	DE-IIIB y IIIA	DE-IVA y DE-IIIB	DE-IVB y DE-IVA	DE-IVA y DE-IIIB	DE-IVA y DE-IIIB
Split María Rosa	Promedio RMR	34	28	26	28	41
	DE RMR	DE-IVA	DE-IVB	DE-IVB	DE-IVB	DE-IIIB

Además, la Figura 8, muestra un ejemplo de zonificación geomecánica para la veta Gisela.

Figura 18. *Zonificación para la veta Gisela ST-3.*



4.1.3. Prueba de Arranque (PULL TEST)

Proceso de una prueba de Arranque (PULL TEST)

1. Se coloca una argolla de acero, que tiene en su parte media un orificio del diámetro del perno > a 29mm, lo que simulara la placa metálica del perno Hydrabolt, esto antes de inflar el mismo.

Figura 19. *Fijación de la argolla de acero*



2. Luego de inflar el perno Hydrabolt, se coloca el cilindro y la barra ranurada que se enroscara y se tratara coincidir con la válvula del Hydrabolt, para mejores resultados.

Figura 20. *Fijación del cilindro y la barra ranurada*



3. Se observa que el embolo del cilindro de la gata, se encuentra en su etapa inicial y las medidas del manómetro se encuentran en cero (toneladas).

Figura 21. *Cilindro en su etapa inicial y Manómetro en cero*



4. Entonces empezaremos con las pruebas, por lo que personal debidamente calificado y con conocimientos se hace cargo. Se hace un trabajo de palanca, esto hará que la gata bombee la hidrolina del interior del equipo, produciendo un incremento en la presión de arranque. El manómetro arroja medidas, las cuales según nuestra conveniencia deberemos anotarlas

Figura 22. *Inicio de la prueba*



5. En su máxima capacidad de deformación axial, veremos que se producirá, en este caso el “fallo del collarín del perno” (rotura), pero no se observa el arranque del Hydrabolt.

Figura 23. *Capacidad de deformación axial*



6. Anotamos las medidas y se explica los resultados obtenidos

Figura 24. *Toma de medidas*



7. Y al final tenemos una prueba satisfactoria, que complace los objetivos de rendimiento de la empresa adquiriente.

Resultados de las pruebas de arranque de los pernos

Durante la investigacion se realizaron 31 pruebas de rendimiento de los pernos HIDRABOLT durante 5 días, cuyos resultados fueron los siguientes.

Equipos necesarios para las pruebas de arranque

Tenemos lo siguiente:

- Bomba Hidráulica, marca Power Team.
- Manómetro Enerpac, de 16 ton.
- Cilindro con pistón de 2.5” de carrera, a poyada en una superficie de acero en forma de cono.
- Argollas de acero que se colocan en los pernos, para proceder a jalar.
- Adaptador para las argollas de acero, perno enrroscable para adaptador y dispositivo de sujeción (mariposa).

4.1.4. Resultados de las pruebas de arranque de los pernos, Primer día

Tabla 7. *Primer día: Prueba 01*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	**ÁREA DE GEOMECANICA**		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 850	**Cuerpo/Veta**	ANDALUCIA
LABOR	AC 33	**P. Referencia**	PTO. AC8
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°1			
HASTIAL		IZQUIERDO	
COORDENADAS (X)		8702296.127	
COORDENADAS (Y)		390174.6478	
ALTITUD (Z)		4176.724	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	6
3		4	9
4		6	12
5		8	15
6		10	18

Figura 25. *Prueba N° 01*



Tabla 8. *Primer día: Prueba 02*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	**ÁREA DE GEOMECANICA**		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 850	**Cuerpo/Veta**	ANDALUCIA
LABOR	AC 33	**P. Referencia**	PTO. AC8
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°2			
HASTIAL		IZQUIERDO	
COORDENADAS (X)		8702297.824	
COORDENADAS (Y)		390174.4034	
ALTITUD (Z)		4176.89	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	7
3		4	12
4		6	16
5		8	21
6		10	25
7		12	28

Figura 26. *Prueba N° 02*



Tabla 9. *Primer día: Prueba 03*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	ÁREA DE GEOMECANICA		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 850	**Cuerpo/Veta**	ANDALUCIA
LABOR	AC 33	**P. Referencia**	PTO. AC8
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°3			
HASTIAL		DERECHO	
COORDENADAS (X)		87022302.285	
COORDENADAS (Y)		3901172.6774	
ALTITUD (Z)		4166.845	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	9
3		4	12
4		6	17
5		8	21
6		10	24
7		13	28

Figura 27. *Prueba N° 03*



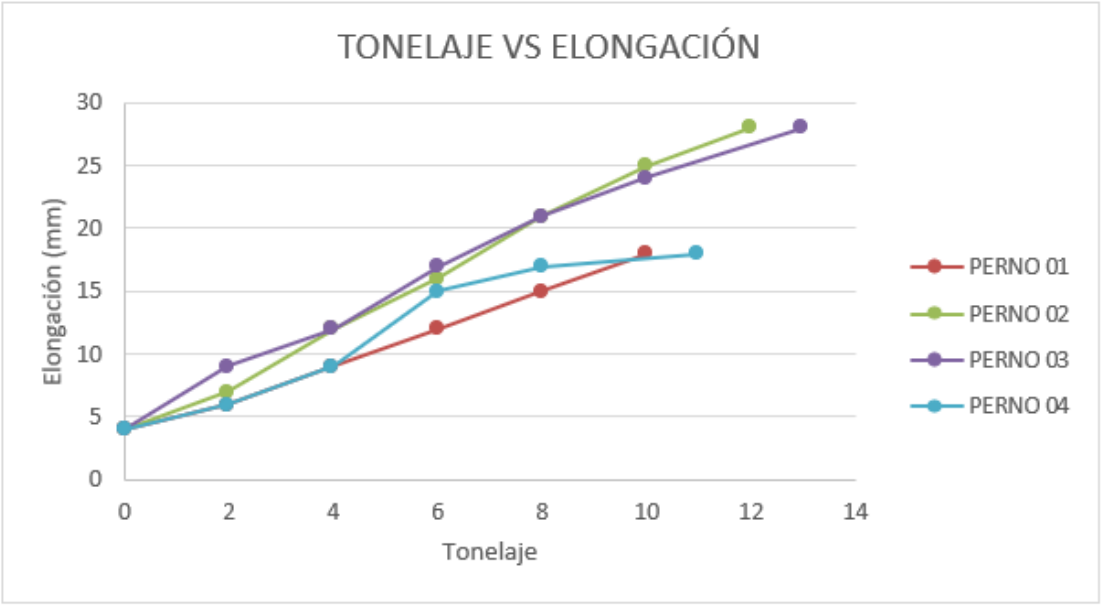
Tabla 10. *Primer día: Prueba 04*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
	ÁREA DE GEOMECANICA		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 850	**Cuerpo/Veta**	ANDALUCIA
LABOR	AC 33	**P. Referencia**	PTO. AC8
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°4			
HASTIAL		IZQUIERDO	
COORDENADAS (X)		8702301.025	
COORDENADAS (Y)		390176.1196	
ALTITUD (Z)		4165.742	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	6
3		4	9
4		6	12
5		8	15
6		11	18

Figura 28. *Prueba N° 04*



Figura 29. *Rendimiento de los Pernos Hidrabolt, tonelaje Vs elongación, pruebas del 01 al 04*



4.1.5. Resultados de las pruebas de arranque de los pernos, Segundo día:

Tabla 11. *Segundo día: Prueba 05*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
	ÁREA DE GEOMECANICA		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 850	**Cuerpo/Veta**	ANDALUCIA
LABOR	AC 34	**P. Referencia**	PTO. A5 – A6
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°5			
HASTIAL		IZQUIERDO	
COORDENADAS (X)		8702597.885	
COORDENADAS (Y)		389539.2511	
ALTITUD (Z)		4181.935	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	6
3		4	9
4		6	11
5		8	14
6		11	16

Figura 30. *Prueba N° 05*



Tabla 12. *Segundo día: Prueba 06*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
	ÁREA DE GEOMECANICA		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 850	**Cuerpo/Veta**	ANDALUCIA
LABOR	AC 34	**P. Referencia**	PTO. A5-A6
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°6			
HASTIAL		IZQUIERDO	
COORDENADAS (X)		8702594.522	
COORDENADAS (Y)		389534.3469	
ALTITUD (Z)		4181.643	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	6
3		4	9
4		6	14
5		8	17
6		10	20
7		12	21

Figura 31. *Prueba N° 06*



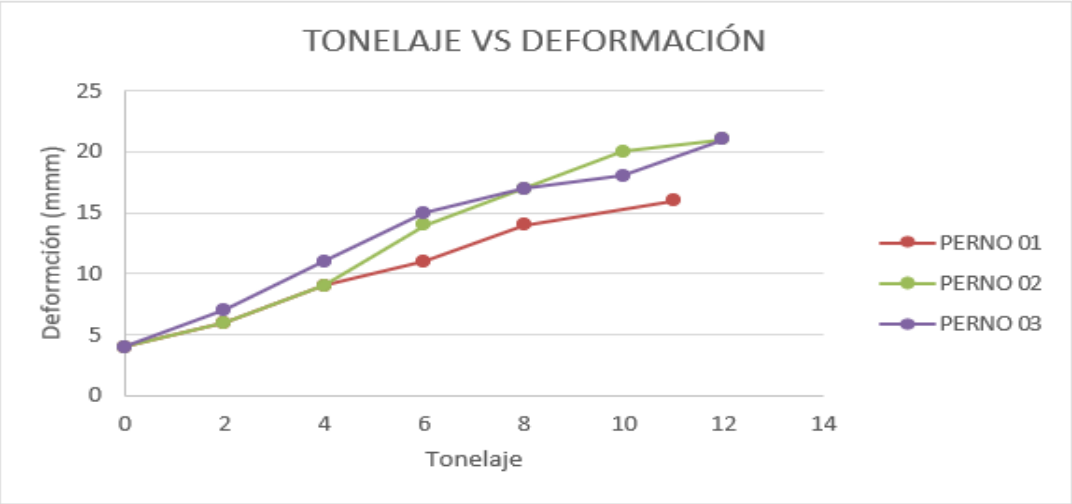
Tabla 13. *Segundo día: Prueba 07*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
	ÁREA DE GEOMECANICA		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 850	**Cuerpo/Veta**	ANDALUCIA
LABOR	AC 34	**P. Referencia**	PTO. A5-A6
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°7			
HASTIAL		IZQUIERDO	
COORDENADAS (X)		8702597.885	
COORDENADAS (Y)		398537.5635	
ALTITUD (Z)		4182.325	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	7
3		4	11
4		6	15
5		8	17
6		10	18
7		12	21

Figura 32. *Prueba N° 07*



Figura 33. *Rendimiento de los Pernos Hidrabolt, tonelaje Vs elongación, pruebas del 05 al 07*



4.1.6. Resultados de las pruebas de arranque de los pernos, tercer día

Tabla 14. *Tercer día: Prueba 08*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	ÁREA DE GEOMECANICA		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 850	**Cuerpo/Veta**	ANDALUCIA
LABOR	AC 35	**P. Referencia**	PTO. A3-A4
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°8			
HASTIAL		DERECHO	
COORDENADAS (X)		87023212.23	
COORDENADAS (Y)		388284.197	
ALTITUD (Z)		4196.53	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	4
3		4	5
4		6	8
5		8	11
6		10	14
7		12	17
8		14	18

Figura 34. *Prueba N° 08*



Tabla 15. *Tercer día: Prueba 09*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
	ÁREA DE GEOMECANICA		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 850	**Cuerpo/Veta**	ANDALUCIA
LABOR	AC 35	**P. Referencia**	PTO. A3-A4
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°9			
HASTIAL		IZQUIERDO	
COORDENADAS (X)		8703212.661	
COORDENADAS (Y)		388283.2913	
ALTITUD (Z)		4196.535	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	7
3		4	9
4		6	12
5		8	15
6		11	18
7			

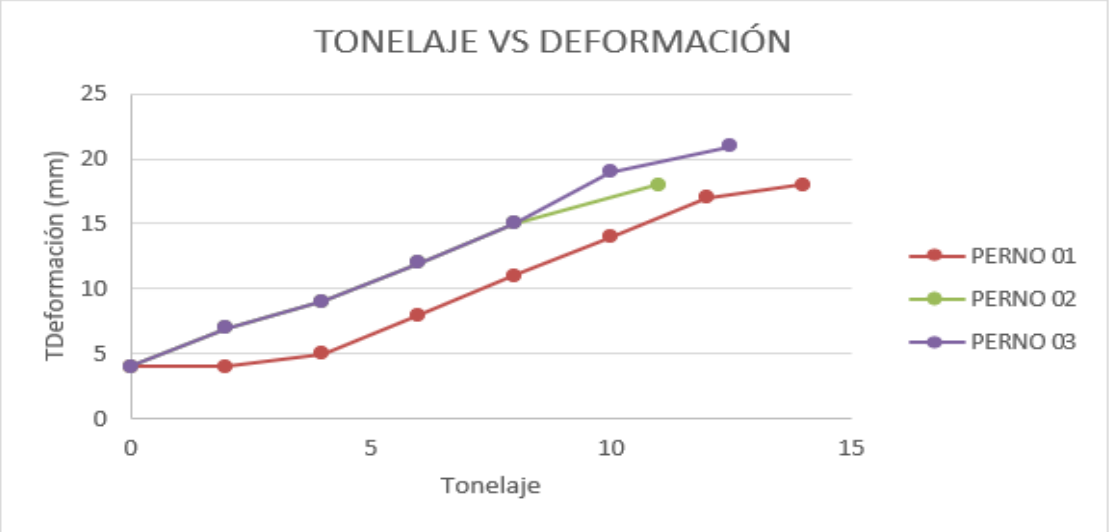
Tabla 16. *Tercer día: Prueba 10*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
	ÁREA DE GEOMECANICA		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 850	**Cuerpo/Veta**	ANDALUCIA
LABOR	AC 35	**P. Referencia**	PTO. A3-A4
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°10			
HASTIAL		IZQUIERDO	
COORDENADAS (X)		8703208.21	
COORDENADAS (Y)		388281.7512	
ALTITUD (Z)		4196.689	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	7
3		4	9
4		6	12
5		8	15
6		10	19
7		12.5	21

Figura 35. *Prueba N° 10*



Figura 36. *Rendimiento de los Pernos Hidrabolt, tonelaje Vs elongación, pruebas del 08 al 10*



4.1.7. Resultados de las pruebas de arranque de los pernos, Cuarto día

Tabla 17. *Cuarto día: Prueba 11*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	ÁREA DE GEOMECANICA		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 1350	**Cuerpo/Veta**	CARMEN
LABOR	CA - 317	**P. Referencia**	PTO. AC4
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°11			
HASTIAL		DERECHO	
COORDENADAS (X)		8702121.24	
COORDENADAS (Y)		389531.7515	
ALTITUD (Z)		3645.9083	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	6
3		4	9
4		6	10
5		8	14
6		10	15
7		12	19

Tabla 18. *Cuarto día: Prueba 12*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	**ÁREA DE GEOMECANICA**		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 1350	**Cuerpo/Veta**	CARMEN
LABOR	CA - 317	**P. Referencia**	PTO. AC4
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°12			
HASTIAL		DERECHO	
COORDENADAS (X)		8702119.748	
COORDENADAS (Y)		389535.6029	
ALTITUD (Z)		3645.9083	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	9
3		4	11
4		6	11
5		8	13
6		10	15
7			

Figura 37. *Prueba N° 12*



Tabla 19. *Cuarto día: Prueba 13*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	ÁREA DE GEOMECANICA		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 1350	**Cuerpo/Veta**	CARMEN
LABOR	CA - 317	**P. Referencia**	PTO. AC4
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°13			
HASTIAL		IZQUIERDO	
COORDENADAS (X)		8702124.087	
COORDENADAS (Y)		389538.5483	
ALTITUD (Z)		3645.9083	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	6
3		4	10
4		6	11
5		8	15
6		11	18
7			

Figura 38. *Prueba N° 13*



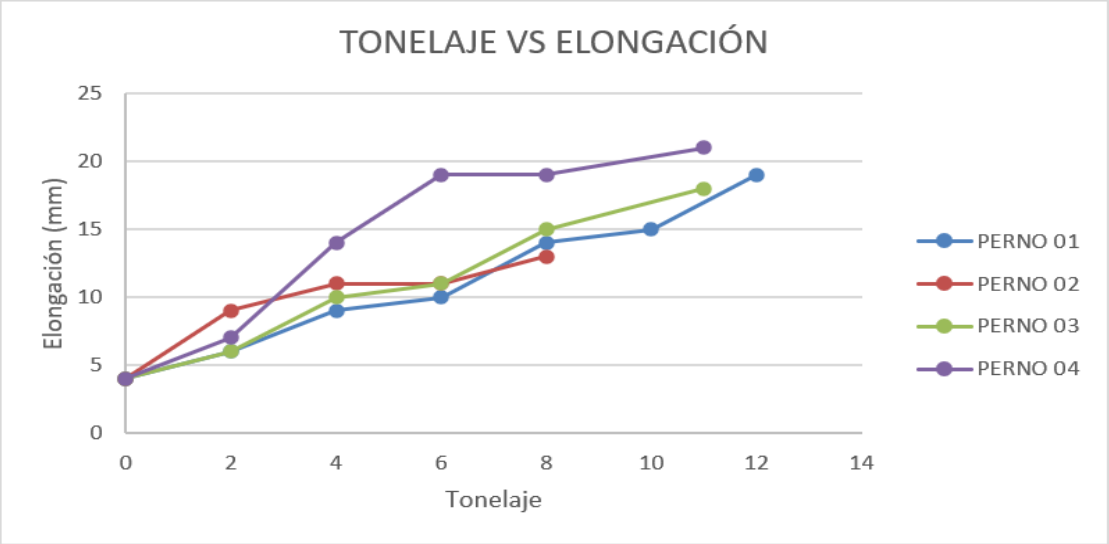
Tabla 20. *Cuarto día: Prueba 14*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A.	**ÁREA DE GEOMECANICA**		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 1350	**Cuerpo/Veta**	CARMEN
LABOR	CA - 317	**P. Referencia**	PTO. AC4
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°14			
HASTIAL		IZQUIERDO	
COORDENADAS (X)		8702124.411	
COORDENADAS (Y)			
ALTITUD (Z)			
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	7
3		4	14
4		6	19
5		8	19
6		11	21
7			

Figura 39. *Prueba N° 14*



Figura 40. *Rendimiento de los Pernos Hidrabolt, tonelaje Vs elongación, pruebas del 11 al 14*



4.1.8. Resultados de las pruebas de arranque de los pernos, Quinto día

Tabla 21. *Quinto día: Prueba 15*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
VOLCAN	ÁREA DE GEOMECANICA		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 1350	**Cuerpo/Veta**	SPLIT MARIA ROSA
LABOR	CA - 734	**P. Referencia**	PTO. 3A-4A
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°15			
HASTIAL		DERECHO	
COORDENADAS (X)		8702794.642	
COORDENADAS (Y)		389229.898	
ALTITUD (Z)		3761.859	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	7
3		4	9
4		6	11
5		8	14
6		11	18
7			

Figura 41. *Prueba N° 15*



Tabla 22. *Quinto día: Prueba 16*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
	ÁREA DE GEOMECANICA		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 1350	**Cuerpo/Veta**	SPLIT MARIA ROSA
LABOR	CA - 734	**P. Referencia**	PTO. 3A-4A
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°16			
HASTIAL		IZQUIERDO	
COORDENADAS (X)		8702795.65	
COORDENADAS (Y)		389227.2911	
ALTITUD (Z)		3757.0611	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	6
3		4	8
4		6	14
5		8	17
6		10	19
7		12	21

Figura 42. *Prueba N° 16*



Tabla 23. *Quinto día: Prueba 17*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
	ÁREA DE GEOMECANICA		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 1350	**Cuerpo/Veta**	SPLIT MARIA ROSA
LABOR	CA - 734	**P. Referencia**	PTO. 3A-4A
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°17			
HASTIAL		IZQUIERDO	
COORDENADAS (X)		8702795	
COORDENADAS (Y)		389227.3815	
ALTITUD (Z)		3758.107	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	5
3		4	8
4		6	14
5		8	17
6		11	18

Figura 43. *Prueba N° 17*



Tabla 24. *Quinto día: Prueba 18*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A.	ÁREA DE GEOMECANICA		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 1350	**Cuerpo/Veta**	SPLIT MARIA ROSA
LABOR	CA - 734	**P. Referencia**	PTO. 3A-4A
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°18			
HASTIAL		IZQUIERDO	
COORDENADAS (X)		8702791.786	
COORDENADAS (Y)		389226.1667	
ALTITUD (Z)		3756.9928	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	5
3		4	8
4		6	11
5		8	15
6		10	18

Figura 44. *Prueba N° 18*



Tabla 25. *Quinto día: Prueba 19*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
	ÁREA DE GEOMECANICA		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 1350	**Cuerpo/Veta**	SPLIT MARIA ROSA
LABOR	CA - 734	**P. Referencia**	PTO. 3A-4A
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°18			
HASTIAL		IZQUIERDO	
COORDENADAS (X)		87027912.066	
COORDENADAS (Y)		389226.5386	
ALTITUD (Z)		3753.887	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	6
3		4	10
4		6	14
5		8	18
6		11	21

Figura 45. *Prueba N° 19*



Tabla 26. *Quinto día: Prueba 20*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
VOLCAN	**ÁREA DE GEOMECANICA**		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 1350	**Cuerpo/Veta**	SPLIT MARIA ROSA
LABOR	CA - 734	**P. Referencia**	PTO. 3A-4A
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°18			
HASTIAL		IZQUIERDO	
COORDENADAS (X)		8702791.991	
COORDENADAS (Y)		389227.2841	
ALTITUD (Z)		3753.887	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	8
3		4	11
4		6	16
5		8	19
6		10	22
7		12	24

Figura 46. *Prueba N° 20*

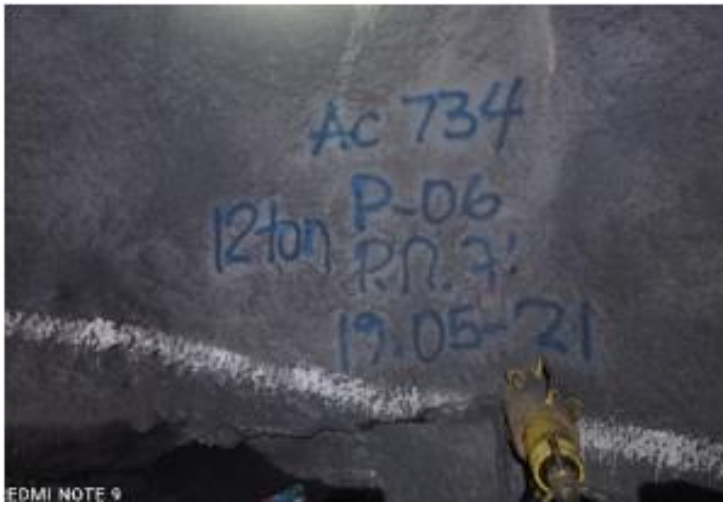
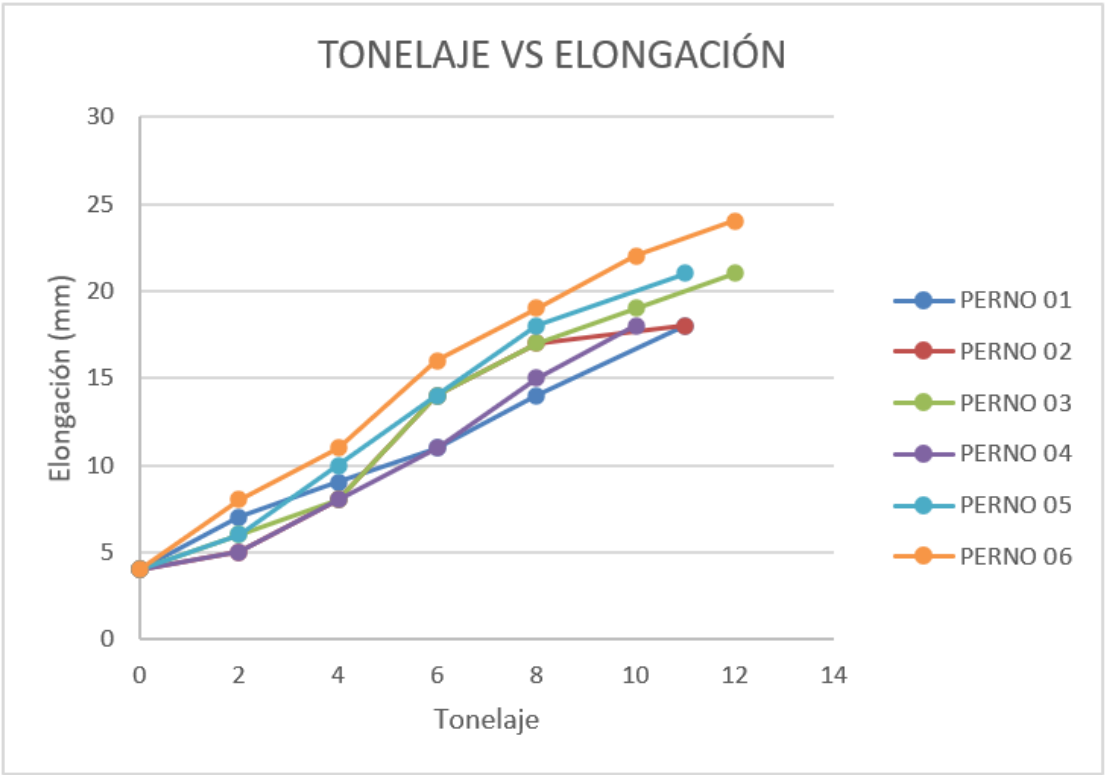


Figura 47. *Rendimiento de los Pernos Hidrabolt, tonelaje Vs elongación, pruebas del 15 al 20*



4.1.9. Resultados de las pruebas de arranque de los pernos, Sexto día

Tabla 27. *Sexto día: Prueba 21*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	**ÁREA DE GEOMECANICA**		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 1200	**Cuerpo/Veta**	SPLIT MARIA ROSA
LABOR	CA - 662	**P. Referencia**	C4 – C1
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°21			
HASTIAL		DERECHO	
COORDENADAS (X)		8702605.012	
COORDENADAS (Y)		389334.4032	
ALTITUD (Z)		3831.4752	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	8
3		4	13
4		6	17
5		8	19
6		10	22

Figura 48. *Prueba N° 21*



Tabla 28. *Sexto día: Prueba 22*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	**ÁREA DE GEOMECANICA**		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 1200	**Cuerpo/Veta**	SPLIT MARIA ROSA
LABOR	CA - 662	**P. Referencia**	C4 – C1
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°22			
HASTIAL		DERECHO	
COORDENADAS (X)		8702604.91	
COORDENADAS (Y)		389335.0058	
ALTITUD (Z)		3832.45	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	6
3		4	9
4		6	12
5		8	16
6		10	19

Figura 49. *Prueba N° 22*



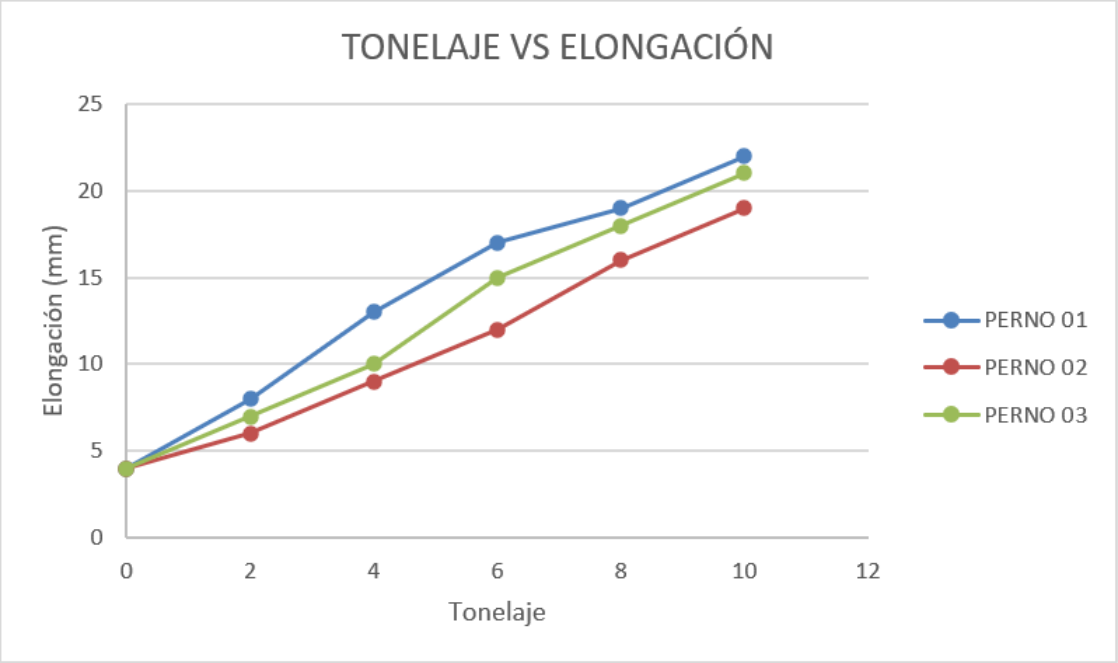
Tabla 29. *Sexto día: Prueba 23*

FORMATO DE PRUEBA DE PULL TEST (PERNOS HIDRABOLT)			
VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A.	**ÁREA DE GEOMECANICA**		
	RESPONSABLE GEOMECÁNICA:		
NIVEL	NV. 1200	**Cuerpo/Veta**	SPLIT MARIA ROSA
LABOR	CA - 662	**P. Referencia**	C4 – C1
FECHA		**Litología**	METAVOLCANICO
PRUEBA N°21			
HASTIAL		DERECHO	
COORDENADAS (X)		8702616.391	
COORDENADAS (Y)		389329.9812	
ALTITUD (Z)		3832.317	
RMR		40-45	
Tipo de perno		HIDROBOLT 2.10mt	
MORTERO		perno expansivo	
DIAMETRO BROCA (mm)		36	
Lectura	**Carga (PSI)**	**Carga (Ton.)**	**Elongación (mm)**
1		0	4
2		2	7
3		4	10
4		6	15
5		8	18
6		10	21

Figura 50. *Prueba N° 23*



Figura 51. *Rendimiento de los Pernos Hidrabolt, tonelaje Vs elongación, pruebas del 22 al 24*



4.2. Discusión de resultados

Análisis de resultados

Durante la investigación se evaluaron 23 pernos durante 6 días, en las siguientes labores: labor AC 33 – Nivel 850 se evaluaron 4 pernos, labor AC 34 – Nivel 850 se evaluaron 3 pernos, labor AC 35 – Nivel 850 se evaluaron 3 pernos, labor CA 317 – Nivel 1350 se evaluaron 4 pernos, labor CA 734 – Nivel 1350 se evaluaron 6 pernos, labor CA 662 – Nivel 1200 se evaluaron 3 pernos, el tipo de perno fue Hidrabolt DE 2.10 m, y la calidad de roca fue de un RMR 40 – 45.

Los resultados fueron:

Primer día

Se realizaron 4 pruebas en el nivel NV. 850 , labor AC 33, veta Andalucía, con un RMR de 40 – 45, diámetro de broca 36 mm. Con pernos Hidrabolt, Donde se obtuvo los siguientes resultados.

Prueba 01

Carga máxima aplicada 10 ton,

Elongación obtenida 18 mm

Prueba 02

Carga máxima aplicada 12 ton,

Elongación obtenida 28 mm

Prueba 03

Carga máxima aplicada 13 ton,

Elongación obtenida 28 mm

Prueba 04

Carga máxima aplicada 11 ton,

Elongación obtenida 18 mm

Segundo día

Se realizaron 3 pruebas en el nivel NV. 850 , labor AC 34, veta Andalucía, con un RMR de 40 – 45, diámetro de broca 36 mm. Con pernos Hidrabolt, Donde se obtuvo los siguientes resultados.

Prueba 05

Carga máxima aplicada 11 ton,

Elongación obtenida 16 mm

Prueba 06

Carga máxima aplicada 12 ton,

Elongación obtenida 21 mm

Prueba 07

Carga máxima aplicada 12 ton,

Elongación obtenida 21 mm

Tercer día

Se realizaron 3 pruebas en el nivel NV. 850 , labor AC 35, veta Andalucía, con un RMR de 40 – 45, diámetro de broca 36 mm. Con pernos Hidrabolt, Donde se obtuvo los siguientes resultados.

Prueba 08

Carga máxima aplicada 14 ton,

Elongación obtenida 18 mm

Prueba 09

Carga máxima aplicada 11 ton,

Elongación obtenida 18 mm

Prueba 10

Carga máxima aplicada 12.5 ton,

Elongación obtenida 21 mm.

Cuarto día

Se realizaron 4 pruebas en el nivel NV.1350 , labor AC 317, veta Carmen, con un RMR de 40 – 45, diámetro de broca 36 mm. Con pernos Hidrabolt, Donde se obtuvo los siguientes resultados.

Prueba 11

Carga máxima aplicada 12 ton,

Elongación obtenida 19 mm

Prueba 12

Carga máxima aplicada 10 ton,

Elongación obtenida 15 mm

Prueba 13

Carga máxima aplicada 11 ton,

Elongación obtenida 18 mm

Prueba 14

Carga máxima aplicada 11 ton,

Elongación obtenida 21 mm

Quinto día

Se realizaron 6 pruebas en el nivel NV.1350 , labor AC 734, veta Split María Rosa, con un RMR de 40 – 45, diámetro de broca 36 mm. Con pernos Hidrabolt, Donde se obtuvo los siguientes resultados.

Prueba 15

Carga máxima aplicada 11 ton,

Elongación obtenida 18 mm

Prueba 16

Carga máxima aplicada 12 ton,

Elongación obtenida 21 mm

Prueba 17

Carga máxima aplicada 11 ton,

Elongación obtenida 18 mm

Prueba 18

Carga máxima aplicada 10 ton,

Elongación obtenida 18 mm

Prueba 19

Carga máxima aplicada 11 ton,

Elongación obtenida 21 mm

Prueba 20

Carga máxima aplicada 12 ton,

Elongación obtenida 24 mm.

sexto día

Se realizaron 3 pruebas en el nivel NV.1200, labor AC 662, veta Split María Rosa, con un RMR de 40 – 45, diámetro de broca 36 mm. Con pernos Hidrabolt, Donde se obtuvo los siguientes resultados.

Prueba 21

Carga máxima aplicada 12 ton,

Elongación obtenida 24 mm

Prueba 22

Carga máxima aplicada 10 ton,

Elongación obtenida 19 mm

Prueba 23

Carga máxima aplicada 10 ton,

Elongación obtenida 21 mm

Como conclusión final podemos afirmar que todos los pernos pasaron la prueba con resultados satisfactorios observándose que las cargas máximas de resistencia aplicadas a los pernos fluctuaron entre las 10 tn a 14 tn aplicadas con la variación del desplazamiento de los pernos entre 15 mm a 28 mm.

CONCLUSIONES

1. La investigación realizada concluye en afirmar que el rendimiento de los pernos es satisfactorio logrando pasar la prueba todos los pernos, observándose que las cargas máximas de resistencia aplicadas a los pernos fluctuaron entre las 10 tn a 14 tn, con la variación del desplazamiento de los pernos entre 15 mm a 28 mm.
2. La evaluación realizada durante los 6 dias de los pernos Hidrabolt mediante las pruebas de arranque dieron como resultado:

   Primer dia se llevaron a cabo 4 pruebas, carga máxima aplicada 13 ton. Carga mínima 10 ton. Con desplazamientos entre 18 mm a 28 mm.

   Segundo dia se llevaron a cabo 3 pruebas, carga máxima aplicada 12 ton. Carga mínima 11 ton. Con desplazamientos entre 16 mm a 21 mm.

   Tercer dia: se llevaron a cabo 3 pruebas, carga máxima aplicada 14 ton. Carga mínima 11 ton. Con desplazamientos entre 18 mm a 21 mm.

   Cuarto dia: se llevaron a cabo 4 pruebas, carga máxima aplicada 12 ton. Carga mínima 10 ton. Con desplazamientos entre 15 mm a 21 mm.

   Quinto dia: se llevaron a cabo 6 pruebas carga máxima aplicada 12 ton. Carga mínima 10 ton. Con desplazamientos entre 18 mm a 24 mm.

   Sexto dia: se llevaron a cabo 3 pruebas carga máxima aplicada 12 ton. Carga mínima 10 ton. Con desplazamientos entre 19 mm a 24 mm.
3. Los resultados obtenidos nos indican una mayor capacidad de soporte del perno hidrabolt (11.28 tn en promedio) lo que indica que los pernos interactúan contra el macizo rocoso y hacen que las cajas no se deterioren tan rápidamente

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda manejar un stock de repuestos (sellos de boquilla, empaquetaduras, sellos, o rings) a fin de realizar mantenimiento preventivo inmediato a la Bomba.
2. Se recomienda seguir las instrucciones de instalación descritas en las capacitaciones (teoría y práctica) a fin de tener un correcto inflado del perno y buen uso de su capacidad de sostenimiento.
3. Disponer de las instalaciones adecuadas, tanto de agua (presión mínima de 2 bares) y aire (presión mínima de 3.5bares) para la Bomba para no tener ninguna fuga y por ende disminución de presión.
4. Se recomienda respetar los parámetros operativos en la instalación de los pernos Hidrabolt, recomendando realizar la perforacion del taladro en el rango de 36 a 38 mm.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arca, Lume, P. (2012). "Análisis De Esfuerzos De Los Pernos Hydrabolt Para Estandarización Geomecánica En La Construcción De Chimeneas Con Equipo Alimak Sth - Se En Consorcio Minero Horizonte S.A.· 2012". [Tesis De Licenciamiento Universidad Nacional De Huancavelica] Repositorio Institucional Universidad Nacional De Huancavelica, Huancavelica - Peru.

Baena , G. (2017). Metodologia De La Investigacion. En G. E. Patria (Ed.).

Bernal, C. (2010). Metodologia De La Investigacion (Tercera Edicion Ed.). (P. Educacion, Ed.)

Blanco, J. (2018). Caracterizacion Geomecanica Para El Analisis De Pernos Hydrabolt En El Sostenimiento De Labores Subterrás Compañia Minera Casapalca. [Tesis De Licenciamiento Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion] Repositorio Institucional Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, Cerro De Pasco- Peru.

Carbajal, F. (2019). Optimización De Costos De Sostenimiento Con Pernos Helicoidales En Túnel De Desvío Del Río De La Presa Angostura Del Proyecto Majes-Siguas Ii Etap. [Tesis De Licenciamiento Universidad Nacional Del Altiplano] Repositorio Institucional Universidad Nacional Del Altiplano, Puno - Peru.

Cerron , J. (2020). Propuesta De Elección De Tipo De Sostenimiento Por Utilizarse En La Unidad De Producción Yauricocha, Lima-2020. [Tesis De Bachiller Universidad Continental] Repositorio Institucional Universodad Continental.

Colegio De Ingenieros Del Peru . (2006). Geomecanica Aplicada Al Minado Subterraneo. Lima .

Dcr Ingenieros S.R. Ltda. (2017). “Evaluación Geomecánica Del Minado Subterráneo De Marcapunta Norte Y Sur”.

Enaex. (S.F.). Manual De Tronadura Enaex S.A. Enaex, Gerencia Tecnica.

Estrella, K. (2015). “Sostenimiento De Labores Con Cimbras Metálicas En El Diseño Del Sublevel Caving”. [Tesis De Licenciamiento Universidad Nacional Del Centro Del Peru] Repositorio Institucional Universidad Nacional Del Centro Del Peru.

Hernandez, Fernandes, Baptista, R. (2014). Metodologia De La Investigacion (Sexta Edicion Ed.). (M. E. S.A., Ed.)

Instituto Geologico Y Menero De España . (1990). Mecanica De Rocas Aplicada A La Mineria Metalica Subterranea.

Lazaro, J. (2018). Geomecanica Aplicada Al Diseño Del Sostenimiento Para Mejorar La Estabilidad De Las Labores Mineras En La Mina Caridad De La Compañia Minera Lincuna S.A. – 2017. [Tesis De Licenciamiento Universidad Nacional Santiago Antunez De Mayolo] Repositorio Institucional Universidad Nacional Santiago Antunez De Mayolo.

Ministerio De Energia Y Minas (Mem). (2017). Reglamento De Seguridad Y Salud Ocupacional En Mineria , D.S. N° 024-2016-Em, Modificado Por D.S. N° 023-2017-Em.

Ministerio De Energia Y Minas (Minem) . (2016). Decreto Supremo N° 024-2016. Lima.

Montero , J. (2022). Sostenimiento Con Split Set Para Mejorar Costos En Unidad De Producción La Estrella De Compañía Minera Caraveli S.A.C. – La Libertad. [Tesis De Licenciamiento Universidad Nacional Del Centro Del Peru] Repositorio Institucinal Universidad Nacional Del Centro Del Peru, Huancayo - Peru.

New Concept Mining. (2015). Pernos Hidrabolt. Recuperado El 2022, De Https://Newconceptmining.Com/Hydrabolt_Spa.Html.

Osinergmin. (2024). Accidentes Portales, Mediana Mineria Y Gran Mineria - 2024. Boletín Estadístico De La Gerencia De Supervisión Minera.

Pantigozo, J. (2013). Comparación De Rendimiento Entre Swellex E Hydrabolt En El Sostenimiento En Minas Subterráneas Para Elección Óptima. [Tesis De Licenciamiento Universidad Nacional De San Agustin De Arequipa] Repositorio Institucional Universidad Nacional De San Agustin De Arequipa, Arequipa - Peru.

Salazar, E. (2020). Evaluación Geomecánica Para Determinar El Tipo De Sostenimiento En Tajeos De Explotación Por El Método De Corte Y Relleno Ascendente Unidad

Minera Yauricocha - Sociedad Minera Corona S. A. [Tesis De Licenciamiento Universidad Continental] Repositorio Institucional Univerdidad Continental.

Sanchez, E. (2020). Sostenimiento Subterraneo En Mineria. Apuntes De Clases De Sostenimiento.

Sanchez, Reyes, H. (2006). Metodología Y Diseños En La Investigación Científica. (E. V. Universitaria, Ed.) Lima.

Sanchez, Reyes, Mejia, H. (2018). Manual De Terminos De Investigacion Cientifica, Tecnologica Y Humanistica. Lima.

Sociedad Nacional De Mineria Petroleo Y Energia. (2004). Manual De Geomecanica Aplicada A La Prevencion De Accidentes Por Caida De Rocas.

Vega , R. (2022). “Determinacion Del Tipo De Sostenimiento Mediante Las Clasificaciones Geomecanicas Gsi, Rmr Y Q De Barton En Las Labores De La Unidad Minera San Antonio – Compañía Minera Chaspaya S.A.C. 2021”. [Tesis De Licenciamiento De La Universidad Nacional De Moquegua] Repositorio Institucional Universidad Nacional De Moquegua.

ANEXOS

Instrumentos de Recolección de Datos

Distribución de estaciones por vetas y niveles

Nivele vs Vetas	Nivel 3975	Nivel 4000	Nivel 4050	Nivel 4075	Nivel 4100	Nivel 4125	Nivel 4150	Nivel 4150	Nivel 4175	Nivel 4200	Nivel 4225	**Total - Veta**
Principal			1							1		**2**
Karina I											6	**6**
Ramal Piso 03 Principal		7										**7**
Andalucía 120	2			3	3		3		3	2		**16**
Andalucía 120 Techo									3			**3**
Carmen			4	5								**9**
Gisela					6	6	1	1	2			**16**
Split María Rosa						4						**4**
Total - Nivel	**2**	**7**	**5**	**8**	**9**	**10**	**4**	**1**	**8**	**3**	**6**	**63**

Calidad de la masa rocosa por vetas.

Veta	Rango/Calidad	Caja piso alejada	Caja piso inmediata	Mineral	Caja techo inmediata	Caja techo alejada
Principal	Rango RMR	20-56	19-41	19-48	24-52	28-55
	Calidad RMR	V-IIIA	V-IIIB	V-IIIB	IVB-IIIA	IVB-IIIA
Karina I	Rango RMR	20-52	24-54	29-49	26-48	28-56
	Calidad RMR	V-IIIA	IVB-IIIA	IVB-IIIB	IVB-IIIB	IVB-IIIA
Ramal Piso 03 Principal	Rango RMR	26-56	20-54	26-34	20-54	28-56
	Calidad RMR	IVB-IIIA	V-IIIA	IVB- IVA	V-IIIA	IVB-IIIA
Andalucía 120	Rango RMR	28-58	26-54	20-52	29-56	29-58
	Calidad RMR	IVB-IIIA	IVB-IIIA	V-IIIA	IVB-IIIA	IVB-IIIA
Andalucía 120 Techo	Rango RMR	28-56	22-51	20-45	24-53	22-54
	Calidad RMR	IVB-IIIA	IVB-IIIA	V-IIIB	IVB-IIIA	IVB-IIIA
Carmen	Rango RMR	23-42	23-42	25-36	28-41	28-48
	Calidad RMR	IVB-IIIB	IVB-IIIB	IVB- IVA	IVB-IIIB	IVB-IIIB
Gisela	Rango RMR	22-52	21-52	20-38	24-56	24-56
	Calidad RMR	IVB-IIIA	IVB-IIIA	V- IVA	IVB-IIIA	IVB-IIIA
Split María Rosa	Rango RMR	26-43	22-44	24-37	26-43	29-47
	Calidad RMR	IVB-IIIB	IVB-IIIB	IVB- IVA	IVB-IIIB	IVB-IIIB

.

Matriz de consistencia

Título "EVALUACION DE LOS PERNOS HYDRABOLT MEDIANTE LAS PRUEBAS DE ARRANQUE (PULL TEST) PARA MEDIR SU CAPACIDAD DE ANCLAJE, EN VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR".				
PROBLEMA	**OBJETIVO**	**HIPOTESIS**	**VARIABLES**	**METODOLOGIA**
Problema general *¿Al evaluar los pernos Hydrabolt mediante las pruebas de arranque (Pull Test) cuál fue el comportamiento durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR?* ***Problemas específicos*** ***Problema específico a*** *¿Al evaluar los pernos Hydrabolt mediante las pruebas de arranque (Pull Test) cuáles fueron las capacidades de anclaje de dichos pernos durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR?* ***Problema específico b*** *¿Al evaluar los pernos Hydrabolt mediante las pruebas de arranque (Pull Test) que problemas se presentaron en su instalación y durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR?*	***Objetivo general*** *Determinar el comportamiento de los pernos Hydrabolt al evaluar mediante las pruebas de arranque (Pull Test) durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR.* ***Objetivos específicos*** ***Objetivo específico a*** *Determinar las capacidades de anclaje de los pernos Hydrabolt al evaluar mediante las pruebas de arranque (Pull Test) durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR.* ***Objetivo específico b.*** *Determinar los problemas que presentan en su instalación y durante el sostenimiento de los pernos hydrabot al usar como sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR.*	***Hipótesis General*** *Al evaluar los pernos Hydrabolt mediante las pruebas de arranque (Pull Test) vemos que el comportamiento técnico son los adecuados, durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR* ***Hipótesis especificas*** ***Hipótesis especifica a*** *Al evaluar los pernos Hydrabolt mediante las pruebas de arranque (Pull Test) podremos determinar las capacidades de anclaje de dichos pernos durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR* ***Hipótesis especifica b*** *Al evaluar los pernos Hydrabolt mediante las pruebas de arranque (Pull Test) podremos determinar los problemas que se presentaron en su instalación y durante el sostenimiento en las labores mineras en VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. (VOLCAN) – UNIDAD CHUNGAR*	***Identificación de variables*** ***Variables para la hipótesis general*** ***Variable independiente*** *Pruebas de arranque pernos hydrabolt* ***Variable dependiente*** *Comportamiento técnico adecuado* ***Variables para la hipótesis especificas*** ***Variables para la hipótesis especifica a*** ***Variable independiente*** *Pruebas de arranque pernos hydrabolt* ***Variable dependiente*** *Capacidad de anclaje* ***Variables para la hipótesis especifica b*** ***Variable independiente*** *Pruebas de arranque pernos hydrabolt* ***Variable dependiente*** *Problemas en los pernos hydrabolt*	-**Tipo de I**. aplicativo. -**Nivel de I.** Descriptivo, explicativo **Diseño de I.** no experimental **muestra** La muestra está constituida por las labores TJ 500, TJ 400, TJ 300, SN 200, ACCESO 5