



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



**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LOS PERNOS
SPLIT SET Y SU DISTRIBUCION, PARA LA PREVENCIÓN DE
ACCIDENTES POR DESPRENDIMIENTO DE ROCAS, EN LA U.E.A.
HERALDOS NEGROS DE LA COMPAÑÍA MINERA SAN VALENTÍN
S.A. – HUANCVELICA 2019.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JOSE JUNIOR CECENARRO QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2019



DEDICATORIA

A mi padre, quien me empujo a buscar la libertad.

A mi madre, que me enseñó que hacer con ella.

A mi hermano, quien a veces sabe quitármela.

A mi hermana, que me presta su inocencia.

A mi esposa, quien la comparte conmigo.

Y a lucas, al que todo esto le da igual.



AGRADECIMIENTO

A mi Familia, por su apoyo incondicional.

A la UM Heraldos Negros, por acogerme en sus instalaciones.

A la Facultad de Minas de la UNA-PUNO por las enseñanzas en las aulas.



INDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
INDICE GENERAL	
INDICE DE ILUSTRACIONES	
INDICE DE TABLAS	
INDICE DE GRÁFICOS	
INDICE DE PLANOS	
INDICE DE ACRONIMOS	
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2.1. Problema general	17
1.2.2. Problema específico.....	17
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.3.1. Objetivo general	17
1.3.2. Objetivo específico	17
1.4. JUSTIFICACIÓN	17

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.2. MARCO TEÓRICO.....	21
2.2.1. Desprendimiento de rocas.....	21
2.2.2. Origen del desprendimiento de rocas	21
2.2.3. Inspección, detección y control de rocas sueltas	22
2.2.4. Geomecánica	22
2.2.5. Clasificación geomecánica.....	22
2.2.6. Sistema de clasificación R.M.R.	23



2.2.7. Índice de resistencia geológica GSI (Geological strength index)	25
2.2.8. El Índice de resistencia geológica GSI modificado.....	25
2.2.9. Sostenimiento	27
2.2.10. Tipos de sostenimiento	27
2.2.11. Tamaño y geometría de excavaciones	28
2.2.12. Split set.....	28
2.2.13. Split bolt de Aceros Arequipa	28
2.2.14. Principio de funcionamiento	28
2.2.15. Diseño de espaciado de pernos de anclaje instalados.....	29
2.2.16. Pull test.....	30
2.2.17. Funciones del Pull test	30
2.2.18. Estimacion de la capacidad de anclaje del perno	32
2.2.19. Factores influyentes	32
2.2.20. Factor de seguridad.....	33
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	33
2.3.1. Sostenimiento	33
2.3.2. Geomecánica	33
2.3.3. Perno split set	33
2.3.4. Pull test.....	34
2.3.5. Macizo rocoso	34
2.3.6. Capacidad de anclaje de los pernos de roca.....	34
2.3.7. Desprendimientos	34
2.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	35
2.4.1. Hipótesis general	35
2.4.2. Hipótesis específicas.....	35

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.1.1. Método de investigación.....	36
3.1.2. Diseño de investigación.....	36
3.1.3. Procesamiento de datos.....	36
3.1.4. Población y muestra.....	36
3.1.5. Variables	37



3.1.6. Descripción de métodos por objetivos específicos.....38

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA	44
4.1.1. Comportamiento de los parámetros RMR de Bieniawski.....	44
4.1.2. Discusión de resultados de la clasificación Geomecánica.....	55
4.2. DETERMINANDO LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LOS PERNOS	
SPLIT SET	57
4.2.1. Ensayos de arranque (prueba de pull test)	57
4.2.2. Discusión de resultados de la capacidad de soporte de los pernos split set. ..	64
4.3. DETERMINACIÓN DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA PREVENCIÓN DE	
ACCIDENTES	65
4.3.1. Determinación de la distribución	65
4.3.2. Determinación para la prevención de accidentes por desprendimiento de rocas	71
4.3.3. Discusión de resultados de la distribución, para la prevención de accidentes	74
V. CONCLUSIONES	76
VI. RECOMENDACIONES	77
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXOS.....	81

Área: Mecánica de Rocas, Geomecánica y Geotecnia.

Tema: Capacidad de soporte de los pernos split set y su distribución, para prevenir accidentes por desprendimiento de rocas.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 07 de agosto del 2020



INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Cuadro de valoración del macizo rocoso (R.M.R.).....	24
Ilustración 2: Tabla Gsi De Hoek y Brown.....	26
Ilustración 3: Funcionamiento del perno Split Bolt	29
Ilustración 4: Mecanismo de funcionamiento del pull test	31
Ilustración 5: Equipo Pull test utilizado en las pruebas	40
Ilustración 6: Perno split set, preparado para la prueba de pull test	41
Ilustración 7: Pull Test Instalado para realizar la prueba de arranque.....	42



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Interpretación de los valores de RMR	24
Tabla 2: Volumen de roca y diseño de peso de bloques (t).....	29
Tabla 3: Diseño de espaciado de pernos split set (máxima distancia)	30
Tabla 4: Tabla de variables, indicadores y escalas de medición.....	37
Tabla 6: Valoración del RDQ (Rock Quality Designation) en RMR	46
Tabla 7: Valoración del Espaciamiento en RMR.....	47
Tabla 8: Valoración de la Persistencia en RMR	48
Tabla 9: Valoración de la Apertura en RMR.....	49
Tabla 10: Valoración de la Rugosidad en RMR	50
Tabla 11: Valoración del Relleno en RMR	51
Tabla 12: Valoración de la Alteración en RMR	52
Tabla 13: Valoración del Agua Subterránea en RMR.....	53
Tabla 14: Valoración de la Orientación (Reajuste) en RMR.....	54
Tabla 15: Comparación de la clasificación Geomecánica RMR	56
Tabla 16: Comparación del RMR promedio.....	56
Tabla 17: Ensayos de Arranque (Prueba de Pull Test) RP(-) 290	58
Tabla 18: Ensayos de Arranque (Prueba de Pull Test) RP(+) 195	61
Tabla 19: Comparación de la capacidad de Soporte de los pernos split set	64
Tabla 20: Factor de seguridad para diferentes espesores de bloques de roca.....	68
Tabla 21: Accidentes por su tipo 2017.....	71
Tabla 22: Accidentes por su tipo 2018.....	72
Tabla 23: Accidentes por su tipo hasta Julio 2019.....	73



INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Mapa conceptual de los tipos de sostenimiento	27
Gráfico 2: Resist a la Compresión Uniaxial en RMR vs N° de Reporte Geomecanico.	46
Gráfico 3: RQD en RMR vs N° de Reporte Geomecanico	47
Gráfico 4: Espaciamiento en RMR vs N° de Reporte Geomecanico	48
Gráfico 5: Persistencia en RMR vs N° de Reporte Geomecanico	49
Gráfico 6: Apertura en RMR vs N° de Reporte Geomecanico	50
Gráfico 7: Rugosidad en RMR vs N° de Reporte Geomecanico	51
Gráfico 8: Relleno en RMR vs N° de Reporte Geomecánico	52
Gráfico 9: Alteración en RMR vs N° de Reporte Geomacánico	53
Gráfico 10: Agua Subterránea en RMR vs N° de Reporte Geomecánico	54
Gráfico 11: Orientación en RMR vs N° de Reporte Geomecánico	55
Gráfico 12: RMR Promedio de las minas, Ana María y Heraldos Negros.	56
Gráfico 13: Elongación vs Toneladas RP(-) 290	60
Gráfico 14: Pruebas de pull test vs capacidad de soporte de los pernos split set	60
Gráfico 15: Cuadro de Elongación vs Toneladas RP(+) 195	62
Gráfico 16: Pruebas de pull test vs capacidad de soporte de los pernos split set	62
Gráfico 17: Total de accidentes vs Accidentes por desprendimiento de rocas.....	73
Gráfico 18: porcentaje de accidentes por desprendimiento de rocas por año.....	74



INDICE DE PLANOS

Plano 1: Plano de la Rampa (-) 290 Nivel 4980	59
Plano 2: Plano de la Rampa (+) 195 Nivel 4980	63
Plano 3: Plano geomecanico de la rampa (-)290, según la tabla GSI	69
Plano 4: Plano geomecanico de la rampa (+) 195, según la tabla GSI.....	70



INDICE DE ACRONIMOS

RMR	: Rock mass rating
GSI	: Índice de resistencia geológica
Q	: Índice de calidad de roca de Barton
RQD	: Índice de calidad de la roca (Rock Quality Designation)
SPLIT SET	: Perno dividido que ancla completamente la roca
Rp(-)290	: Rampa negativa 290
Rp(+)195	: Rampa positiva 195



RESUMEN

El presente trabajo de investigación, tiene por objetivo “Evaluar la capacidad de soporte de los pernos split set instalados y su distribución para la prevención de accidentes por desprendimiento de rocas en la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A –Huancavelica 2019”. En la metodología de investigación se empleó métodos cuantitativos para la clasificación geomecánica del macizo rocoso donde se encuentra instalado el perno split, en escala de R.M.R, GSI, por qué busca determinar la capacidad de soporte de los pernos split set en toneladas por pie, mediante los ensayos de arranque (prueba de pull test), al cual le corresponde por un pie de longitud del perno split set una tonelada de capacidad de soporte. A partir de ello evaluar la distribución del sostenimiento, la población estuvo conformada por las labores de desarrollo, en la cual se realizaron un total de 13 ensayos de arranque y la muestra se ha considerado las rampas positiva(+)195 y negativa(-)290 y los pernos split set instalados en en el macizo rocoso de dichas labores, todo ello para ver donde los pernos split set, tiene mejor capacidad de soporte y correcta distribución, así poder reducir la causa de los accidentes por desprendimiento de rocas. Los resultados de las 13 pruebas realizadas 6 en la rampa positiva 195 y 7 en la rampa negativa 290 del nivel 4980, demuestran que, cumplen la capacidad de soporte requerida y que la distribución funciona correctamente.

Palabras Clave: split set, pull test, sostenimiento, perno de fricción, desprendimiento de roca.



ABSTRACT

The current research work aims to "Evaluate the support capacity of the installed split set bolts and their distribution for the prevention of accidents due to rock landslide in the U.E.A. Heraldos Negros of Compañía Minera San Valentín S.A –Huancavelica 2019". The research methodology used quantitative methods for the geomechanical classification of the rock massif where the split bolt is installed, in R.M.R scale, GSI, why it seeks to determine the support capacity of split set bolts in tons per foot, by means of the starter tests (pull test), which corresponds by one foot length of the split bolt set a ton of support capacity. From this evaluate the distribution of the support, the population was made up of the development work, in which a total of 13 starter tests were carried out and the sample has been considered the positive ramps(+)195 and negative(-)290 and the split set bolts installed in the rocky massif of such tasks, all to see where the split set bolts split , has better support capacity and correct distribution, so that it can reduce the cause of accidents due to rockslide. The results of the 13 tests performed 6 on positive ramp 195 and 7 on negative ramp 290 of level 4980, show that, they meet the required support capacity and that the distribution is working properly.

Key words: split set, pull test, maintenance, friction bolt, detachment of rock



INTRODUCCIÓN

Según el Ministerio de Energía y Minas del Perú, reporta a la fecha, 15 de julio del 2019, 19 accidentes mortales, de los cuales la mayoría fue por desprendimiento de rocas. A nivel local, en la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A.-Huancavelica, el departamento de seguridad reporta a la fecha 15 de julio del 2019, cero accidentes mortales, 5 accidentes incapacitantes y 10 accidentes leves, la mayoría por desprendimiento de rocas.

El sostenimiento en las labores subterráneas es primordial, para garantizar la integridad física del personal y evitar daños a los equipos, existen una variedad de elementos de sostenimiento de los cuales los más usados son los pernos de fricción split set, de fácil instalación y bajo costo. “El perno Split set, es un estabilizador de rocas, que se usa en el sostenimiento de labores temporales en mina, el diámetro del acero es de 2.4mm de espesor, con una ranura de 15 mm de ancho en toda su longitud” (Aceros Arequipa., 2019)

La capacidad de soporte de los pernos split set, varía según a diversos factores como: la calidad del macizo rocoso, familias de discontinuidades, fallas geológicas, orientación de las fracturas, diámetros de perforación y profundidad de los taladros, que pueden influir o afectar su capacidad, Debido a ello nace la siguiente interrogante de investigación **¿Cuál es la capacidad de soporte de los pernos split set y su distribución, para prevenir accidentes por desprendimiento de rocas en la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A?**

La hipótesis planteada dice que, **evaluando la capacidad de soporte de los pernos split set y su distribución, se logra prevenir los accidentes por desprendimiento de rocas en la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A.**

Considerando las labores de desarrollo en mina, para la evaluación de la capacidad de soporte de los pernos split set, primeramente clasificaremos geomecánicamente el macizo rocoso y realizaremos los ensayos de arranque (prueba de pull test).

En la actualidad los accidentes por desprendimiento de rocas, siguen siendo el principal problema en los trabajos que se realiza en interior mina, para lo cual instituciones y empresas del rubro, reconocen la importancia de conocer el tipo de sostenimiento que se emplea en los trabajos que se realiza en mina, conocer la capacidad de soporte de los



pernos split set instalados en el macizo rocoso, es primordial para prevenir accidentes por desprendimiento de rocas.

Debido a que la actividad de sostenimiento con los pernos de fricción split set se realiza a diario en las labores de mineras, que aparentemente no presentan ninguna deficiencia, es necesario realizar los ensayos de arranque (prueba de pull test), para conocer es necesario tener en cuenta el tamaño y geometría de las labores mineras, con respecto a las discontinuidades y esfuerzos de roca que tienen gran influencia en la estabilidad, conocer las dimensiones de los bloques de roca y cuñas para determinar la distribución de los pernos de fricción split set y cuán importante es determinar la capacidad de soporte para tener las labores mineras más seguras.

El trabajo de investigación se divide en cuatro capítulos, en el capítulo I, se considera el planteamiento del problemas, el objetivo general, los objetivos específicos, y se justifica la realización de la investigación, en el capítulo II, se desarrolla el marco teórico, analizando las bases teóricas y definiciones conceptuales que serán la base para realizar el trabajo de investigación, en el capítulo III, se describe el proceso de la metodología de la investigación y las variables y en el capítulo IV, se plantea la exposición y análisis de los resultados de la Evaluación de la capacidad de soporte de los pernos split set y su distribución, para la prevención de accidentes por desprendimiento de rocas en la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A. – Huancavelica 2019.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En la actualidad a nivel nacional, según estadísticas de accidentes del Ministerio de Energía y Minas del Perú, reporta a la fecha, 15 de julio de 2019, 19 accidentes mortales de los cuales la mayoría fue por desprendimiento de rocas.

En la compañía minera San Valentín S.A. en la Unidad Minera Heraldos Negros, ubicado en el distrito de San José de Acobambilla, Provincia y Departamento de Huancavelica, desde enero a setiembre de 2019, según estadísticas del departamento de seguridad, reportan, 0 accidentes mortales, 5 accidentes incapacitantes y 10 accidentes leves, la mayoría por desprendimiento de rocas, lo cual nos lleva a revisar el tipo de macizo rocoso y tipo de sostenimiento que se emplea en las labores mineras.

En la actualidad nos encontramos en una minería donde prima la seguridad y se busca realizar trabajos garantizando el bienestar del trabajador. Una de las operaciones unitarias mineras que busca brindar la integridad del trabajador es la de sostenimiento y actualmente de acuerdo al DS-024-2016-EM, y su modificatoria DS-023-2017-EM, establece que “metro avanzado, metro sostenido”.

Existen gran variedad de elementos de sostenimiento. La compañía minera San Valentín S.A. en su unidad minera Heraldos Negros, emplea para el sostenimiento principalmente los pernos de fricción split set, en las labores de desarrollo, tales como, ventanas, cruceros, by pass, rampas. El problema que se tiene con respecto a los pernos split set, es que se aplica indistintamente en todas las labores temporales sin un diseño adecuado.

La capacidad de soporte de los pernos split set, teóricamente establece que, por cada pie de longitud, debería corresponderle 1 ton de capacidad de soporte, de acuerdo a ello se realizan ensayos de arranque(prueba de pull test), y se obtendrán resultados que no corresponden a los valores indicados por el fabricante.

Con esta investigación se busca establecer los valores de la capacidad de soporte del perno split set y su distribución, para prevenir accidentes por desprendimiento de rocas en la Unidad Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A.



1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la capacidad de soporte de los pernos split set y su distribución, para prevenir accidentes por desprendimiento de rocas en la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A -Huancavelica?

1.2.2 Problema específico

- a) ¿Cuál es la calidad del macizo rocoso, mediante la clasificación geomecánica donde se encuentra instalado el perno split set?
- b) ¿Cuál es la capacidad de soporte de los pernos split set instalados en el macizo rocoso, mediante la prueba de pull test?
- c) ¿Cuál es la distribución de los pernos split set, en el sostenimiento de las labores de desarrollo, para prevenir accidentes por desprendimiento de rocas?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la capacidad de soporte de los pernos split set y su distribución, para la prevención de accidentes por desprendimiento de rocas en la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A –Huancavelica 2019.

1.3.2 Objetivo específico

- a) Determinar la calidad del macizo rocoso, mediante la clasificación geomecánica donde se encuentra instalado el perno split set.
- b) Determinar la capacidad de soporte de los pernos split set instalados en el macizo rocoso mediante la prueba de pull test.
- c) Determinar la distribución de los pernos split set, en el sostenimiento de las labores de desarrollo, para la prevención de accidentes por desprendimiento de rocas.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A. ante los episodios de accidentes por desprendimiento de rocas, muestra su preocupación sobre lo que ocurre



durante el trabajo que se realiza dentro de las labores mineras, resulta de especial interés evaluar la capacidad de soporte de los pernos split set instalados, y a partir de ahí, poder adoptar medidas que permitan prevenir los accidentes por desprendimiento de rocas y con ello garantizar la seguridad. Según estadísticas del Ministerio de Energía y Minas, que reporta a la fecha, 15 de julio de 2019, 19 accidentes mortales de los cuales la mayoría fue por desprendimiento de rocas. Según el Departamento de Seguridad de la U.E.A. Heraldos Negros, reporta a la fecha de 15 de julio de 2019, de 15 accidentes, 5 son por desprendimiento de rocas, la presente investigación, surge de la necesidad de estudiar la capacidad de soporte de los pernos split set y su distribución, con el propósito de prevenir accidentes ocurridos por desprendimiento de rocas, así como lo informa el Ministerio de Energía y Minas del Perú a nivel nacional y el Departamento de Seguridad de la U.E.A. Heraldos Negros a nivel local, aplicando las estrategias en el proceso de instalación y distribución de los pernos split set, para tener un control adecuado y estabilidad en el sostenimiento de las labores. Lo cual nos formula el siguiente problema, **¿Cuál es la capacidad de soporte de los pernos split set y su distribución, para prevenir accidentes por desprendimiento de rocas en la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A?** Debido a que no se cuenta con suficientes estudios a nivel nacional, acerca de la evaluación de la capacidad de soporte de los pernos split set y su distribución, mediante los ensayos de arranque (prueba de pull test), en labores de desarrollo, el presente trabajo sirve para contrastarlos con otros estudios similares, y analizar las posibles variantes, ya que podrían realizarse futuras investigaciones, que utilizan metodologías compatibles, de manera que se posibilitan análisis conjuntos, comparaciones y evaluaciones que se estuvieran llevando a cabo acerca de la evaluación de la capacidad de soporte de los pernos split set y su distribución.



CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Según, **Giraldo** (2018), menciona que, en una primera etapa se hizo un reconocimiento del terreno y la zona, equipo y personal disponibles, y la existencia de todos los servicios requeridos para realizar las pruebas de arranque, en la unidad minera reliquias de la Cia Castrovirreyna. Los pernos split set se solicitó a la empresa Prodac que los cortaran y acondicionaran para longitudes efectivas de anclaje de 1, 2, 3 y 4 pies. de acuerdo al propio proveedor, estos pernos trabajan en forma óptima con taladros de 38 mm de diámetro, la instalación de los Split Sets se lleva a cabo por percusión, con la misma perforadora Jackleg, utilizando para ello un adaptador de instalación, asimismo, en dicha ocasión se perforaron todos los taladros en el hastial izquierdo y derecho del crucero 752 a una altura de 0,9 a 1,6 m del piso, bajo un estricto control de los diámetros, profundidades y alineación. En la segunda etapa, se llevó consigo toda la logística para la instalación y las pruebas de arranque de los distintos tipos de pernos, Los datos recopilados durante la perforación de taladros, pruebas de arranque (pull test) y la información económica, se procesaron en formatos diseñado para este fin, obteniéndose, los resultados de los análisis para cada longitud efectiva ensayada demuestran su influencia sobre la capacidad de anclaje de los Split Sets. Asimismo, la relación entre ambos no es lineal, como estilan considerar los fabricantes y proveedores de estos pernos. Tal es así que, su comportamiento es ascendente hasta 4 pies, con tendencia a tornarse asintótica para longitudes superiores.

Según **Hurtado** (2018), menciona que, la metodología es cuantitativa, porque busca determinar el nivel de calidad y grado de soporte de los pernos split set, siguiendo el siguiente diseño utilizado en la investigación es por objetivos conforme al esquema siguiente, objetivo general, hipótesis general y conclusión general, donde la población está constituida por todas las labores donde se aplican pernos Split set, El procedimiento de ensayo es el siguiente: realizar la perforación de manera completamente recta, limpiar la zona de polvo, medir la perforación tanto su diámetro como profundidad, instalar y lechar los pernos de anclaje. En su defecto, si se usa resina, esta debe usarse de acuerdo a las recomendaciones del proveedor. Finalmente se aplica la carga (prueba de Pull test) hasta la falla del perno, registrando tanto



la carga como el desplazamiento En la recopilación de datos se utilizaron los medios técnicos adecuados que permitieron captar la real dimensión de la problemática planteada; razón por la cual de entre las técnicas de recopilación de datos tenemos, entrevistas y encuestas, análisis documental, observación, utilizando los siguientes instrumentos, observación, encuestas, bibliografía. En resultados se realizó un programa de monitoreo que consiste en efectuar pruebas de arranque o también llamadas ensayos "pull test". Las pruebas se realizan con la finalidad de verificar la calidad del producto y llevar un control de acero de los Split set, para garantizar las labores seguras y evitar accidentes por caída de rocas. Se realizaron 37 Pruebas de Arranque de Pernos Split Set de 5ft, en 8 sesiones de trabajo; de los cuales 33 pasaron la prueba de arranque y 4 pruebas no pasaron.

Según **Castro y Perez** (2013), dicen que, Las correlaciones fueron realizados a partir de los levantamientos geotécnicos efectuados durante la excavación del túnel en extensión de 8.554m durante los años 2010 y 2011. Se identificaron distintas unidades litológicas dentro de un ambiente complejo y con límites de tipo estructural. El estudio geológico realizado para la licitación de la construcción del Túnel Piloto permite diferenciar las zonas homogéneas. Los levantamientos geotécnicos en construcción se realizaron en los días subsiguientes a los avances con explosivos o mecánicos, determinando sectores visualmente homogéneos y con apoyo de herramientas manuales como los martillos geológicos y Schmidt, usados para reconocer la dureza superficial, las litologías y el factor de reducción de fuerza del método Q. Los terrenos homogéneos por tanto fueron determinados acorde con el avance de la excavación y después de análisis de los sectores atravesados se puede observar la variación de los valores de RMR y Q encontrada en este trabajo a lo largo del TPL. En los resultados, tanto la clasificación Q como la RMR son ampliamente utilizadas en tunelería, por lo cual la obtención de correlaciones entre los dos métodos son especialmente útiles en el caso de túneles con objetivo exploratorios para obras subterráneas de mayor sección y complejidad, como el Túnel Segundo Centenario. El uso de los dos métodos debe considerar que sus parámetros son diferentes, y por tanto rigurosamente no comprables, sin embargo, según Barton (2006), es posible utilizar las correlaciones para determinar los tiempos de autosoporte y el módulo de deformación del macizo rocoso, entre otros parámetros de interés.



Según **Gaspar y Illanes** (2015), el estudio es un tipo de investigación aplicada que se utiliza conocimientos en la práctica, para aplicarlos en la mina, con un nivel de investigación, correlacional – descriptivo, y una metodología experimental, se toma como población, la Sociedad Minera Corona S.A y la muestra por la Galería 1805 SW del nivel 720, donde se tomaran la muestra con el martillo geológico y según los golpes se clasifica en la tabla geomecánica, se mapea identificando los sistemas de fracturas, y luego se llevara al laboratorio de petrología para analizar el estudio de la roca. Utilizando programas de software de geomecánica y reportes de los supervisores, utilizando las técnicas estadísticas y probabilísticas para la prueba de la hipótesis. La cual concluye de acuerdo a la prueba de coeficiente de Pearson nos determinara que la relación es 0.62 esto significa que hay una relación mediante una correlación de por lo tanto se rechaza la hipótesis, con el estudio comparativo de Índice de Resistencia Geológica (GSI) y rango de Macizo Rocosos RMR, los trabajos de sostenimiento se aplican de acuerdo a la evolución si es de tipo activos reforzados.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Desprendimiento de rocas

Para que se produzca el colapso a caída de rocas de un bloque de roca en cualquier sector de la excavación subterránea. La roca ha tenido que pasar, por diversos procesos, continuos de fracturamiento, desarrollados en periodos de tiempo sucesivos desde breves segundos a días, meses y años, eventos que muchas veces pasan desapercibidos por nosotros. Al producirse el desprendimiento de rocas nos auto cuestionamos varias interrogantes como ¿Cuándo y porque se produjo la caída de rocas? ¿Por qué no pudimos detectar a tiempo?, ¿Por qué no se desato la roca suelta?¿cómo, es que no pudimos detectar su caída?, ¿no ha estado correctamente sostenida el área de trabajo?, ¿Por qué fue y es inestable ese lugar?, en fin, podemos seguir efectuando preguntas adicionales, pero el evento ya ha ocurrido,, ya existe el daño, solamente lo que podemos hacer de allí en adelante, es investigar las causas y preguntarnos: ¿Dónde hemos fallado?¿ que pudimos haber hecho?, y sobre todo, para concluir que las causas y condiciones del evento no vuelvan a ocurrir.(Berrocal, 2015).

2.2.2. Origen del desprendimiento de rocas

Un punto dentro del macizo rocoso, soporta elevadas tensiones en todas las direcciones, pero se mantiene estable debido al equilibrio de estas fuerzas sin embargo estas



condiciones cambian al excavar un volumen de la masa rocosa, creando un espacio libre, y esta al ser, sometida a una redistribución de tensiones, no logran asimilar, este nuevo campo de tensiones, convergiendo hacia el espacio vacío provocando grietas, en todo el contorno, (techo y paredes) de la excavación, generando rocas sueltas o zonas débiles que posteriormente caerán. (Berrocal, 2015)

2.2.3. Inspección, detección y control de rocas sueltas

Desde el punto de vista de la seguridad, la inspección es un proceso de observación metódica, para medir el estado actual del lugar de trabajo, principalmente para analizar, los riesgos de desviaciones del lugar, donde potencialmente pueden producir incidentes, afectando las operaciones, cada inspección debe ser lo más simple y concisa posible pero al mismo tiempo, con la calidad suficiente para confirmar, si una labor es segura o no, la fase inspectiva debe ser efectuada lo más temprana posible, esta metodología contribuirá en mejorar el sistema preventivo, reduciendo los costos operativos, elevando los estándares de seguridad, con ventajas competitivas. Las inspecciones de las excavaciones subterráneas, para detectar IN SITU, las posibles rocas sueltas, se enfoca en la observación oportuna, basada en los fundamentos de estabilidad, por condición de roca y por influencia de las tensiones del macizo rocoso, y para llevar a cabo esta tarea, es fundamental, que la supervisión debe estar lo suficientemente preparados para prevenir, o controlar los desprendimientos de roca, mediante procesos de inspección, que a continuación se presentan. (Berrocal, 2015).

2.2.4. Geomecánica

Es la disciplina que estudia las características mecánicas de los materiales geológicos (suelo, roca) que conforman las rocas de formación. Esta disciplina está basada en los conceptos y teorías de mecánica de rocas y mecánica de suelos, que relacionan el comportamiento de la formación bajo los cambios de esfuerzos (Minería, 2019)

2.2.5. Clasificación geomecánica

Las clasificaciones geomecánicas tienen por objeto caracterizar un determinado macizo rocoso en función de una serie de parámetros a los que se les asigna un cierto valor. Por medio de la clasificación se llega a calcular un índice característico de la roca, que permite describir numéricamente la calidad de la misma. Es una herramienta muy útil en el diseño y construcción de obras subterráneas, pero debe ser usada con cuidado para su



correcta aplicación, pues exige conocimientos y experiencia por parte de quien lo utiliza. Las clasificaciones pueden ser usadas en la etapa de proyecto y también durante la obra. En la etapa del proyecto, permiten estimar el sostenimiento necesario en base a las propuestas del autor de cada sistema de clasificación, mientras que, durante la obra, permiten evaluar la calidad el terreno que se va atravesando conforme avanza la excavación del túnel y aplicar el sostenimiento correcto en cada caso. La necesidad de construir túneles y labores subterráneas llevo a los ingenieros a buscar una forma práctica de evaluar la calidad de la roca a intervenir desde el punto de vista ingenieril. De diferentes criterios todos ellos provenientes de expertos de indiscutible trayectoria, dieron como resultante una serie de métodos de evaluación y valoración como son, Clasificación Bieniawski(RMR), entre otros (Osinermin, 2017)

2.2.6. Sistema de clasificación R.M.R.

El sistema Rock Mass Rating, RMR, fue propuesto inicialmente por Z. T. Bieniawski el año 1973 y revisado posteriormente, la versión que actualmente viene siendo empleada en la UEA Heraldos Negros es la del año 1989. El sistema de clasificación RMR evalúa la competencia del macizo rocoso basándose en 6 parámetros.

- Resistencia de la roca intacta (RCU).
- Rock Quality Designation (RQD).
- Espaciado entre las juntas (Js).
- Estado o condición de las juntas (Jc).
- Condición de agua subterránea (Jw).
- Corrección por orientación de discontinuidades.

Cada uno de los 6 parámetros presenta 5 valores, los primeros cinco parámetros son positivos, el último parámetro es menor o igual a cero. El valor del RMR es obtenido de la suma de cada una de los valores obtenidos en cada parámetro, la puntuación obtenida oscila entre 0 y 100, siendo el valor creciente conforme se incrementa la calidad del macizo rocoso analizado. (Bieniawski, 1989)

Tabla 1: Interpretación de los valores de RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR(1989)
I	Muy buena	81 - 100
II	Buena	61 - 80
III	Regular	41 - 60
IV	Mala	21 - 40
V	Muy mala	≤20

Fuente: (Bieniaswki, 1989)

Ilustración 1: Cuadro de valoración del macizo rocoso (R.M.R.)

A. PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN Y SUS VALORACIONES								
Parámetro		Rango de valores						
1	Resistencia del material de la roca intacta	Índice de resistencia bajo carga puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para este rango es preferible un ensayo de compresión simple	
		Resistencia a la compresión simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa
	Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD Calidad del testigo de perforación	90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Puntuación	20	17	13	8	3		
3	Espaciado entre discontinuidades	>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Puntuación	20	15	10	8	5		
4	Condiciones de las discontinuidades (Ver E)	Superficies muy rugosas	Superficies ligeramente rugosas	Superficies ligeramente rugosas	Superficies pulidas o ligeramente rugosas	Relleno de falla suave > 5mm de espesor o separación > 5mm		
		Discontinuas No hay separación Paredes intactas	Separación <1mm Paredes ligeramente meteorizadas	Separación <1mm Paredes altamente meteorizadas	Separación <1mm Paredes altamente meteorizadas	espesor o separación 1-5mm Continuas	Continuas	
Puntuación		30	25	20	10	0		
5	Agua subterránea	Afluencia por 10 m de longitud del túnel (l/m)	Ninguna	<10	10-25	25-125	>125	
		(Presión de agua en las juntas) / (σ principal mayor)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5	
	Condiciones generales	Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteando	Fluyendo		
	Puntuación		15	10	7	4	0	
B. AJUSTE DE LA PUNTAJACIÓN PARA LA ORIENTACIÓN DE DISCONTINUIDADES (Ver F)								
Orientaciones de rumbo y buzamiento		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable		
Puntuaciones	Túneles y minas	0	-2	-5	-10	-12		
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25		
	Taludes	0	-5	-25	-50	-		
C. CLASES DE MACIZOS ROCOSOS DETERMINADOS A PARTIR DE LA PUNTAJACIÓN TOTAL								
Valoración	100←81	80←61	60←41	40←21	<21			
Categoría	I	II	III	IV	V			
Descripción	Roca muy buena	Roca buena	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala			

Fuente: (Osinergmin, 2017)



2.2.7. Índice de resistencia geológica GSI (Geological strength index)

El índice de resistencia geológica (GSI) es un índice de caracterización de macizos rocosos que evalúa al macizo rocoso en función a dos criterios: estructura geológica y condición de la superficie de las juntas. Tiene gran aceptación en el Perú por su facilidad de uso entre el personal de operaciones. (Hoek, & Brown, 1980)

2.2.8. El Índice de resistencia geológica GSI modificado.

El índice GSI fue modificado por C. Vallejo (2002) con el objetivo de utilizar las tablas originales de manera práctica y sencilla de clasificar cualitativamente al macizo rocoso y recomendar el sostenimiento requerido. Cabe señalar que el índice GSI fue originalmente desarrollado con la finalidad de obtener parámetros para el criterio de falla de Hoek & Brown, por lo que Vallejo recurre a las equivalencias del GSI con RMR para recomendar y dimensionar el sostenimiento. Las tablas resultan ser muy prácticas para ser empleadas solo para los colaboradores o trabajadores, sin embargo, corresponderá al personal especializado del área de geomecánica de cada empresa, la adecuación específica, así como la evaluación y/o revisión de su aplicación. En el Anexo A se encuentran las tablas modificadas de GSI, dicha tabla comprende de dos condiciones, estructural y superficial. (Hoek & Brown, 1980)

La condición estructural de la masa rocosa considera el grado de fracturamiento o la cantidad de fracturas (discontinuidades) por metro lineal, según esto, las cinco categorías consideradas se definen así:

Masiva o Levemente Fracturada (LF), Moderadamente Fracturada (F), Muy Fracturada (MF), Intensamente Fracturada (IF), Triturada o brechada (T).

La condición superficial de la masa rocosa involucra a la resistencia de la roca intacta y a las propiedades de las discontinuidades: resistencia, apertura, rugosidad, relleno y la meteorización o alteración. Según esto, las cinco categorías consideradas se definen así:

Masa rocosa Muy Buena (MB), Masa rocosa Buena (B), Masa rocosa Regular (R), Masa rocosa Mala (M), Masa rocosa Muy Mala (MM) (Hoek & Brown, 1980)

Ilustración 2: Tabla Gsi De Hoek y Brown

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICO GSI (Hoek & Marinos, 2000). A partir de la litología, estructura y la condición de superficie de las discontinuidades, se estima el valor promedio de GSI. No intente ser muy preciso. Escoger un rango de 33 a 37 es mas realista que fijar GSI=35. Tambien notar que esta tabla no se aplica a mecanismos de falla controlado por estructuras. Donde se presenten planos estructuralmente debiles en una orientacion desfavorable con respecto a la cara de la excavacion, estos dominaran el comportamiento del macizo rocoso. La resistencia al corte de las superficies en rocas que son propensas a deteriorarse como resultado de cambios en la humedad, se reducira cuando exista presencia de agua. Cuando se trabaje con rocas de categoria regular a muy mala, puede moverse hacia la derecha para condiciones humedas. La presion de poros se maneja con un analisis de esfuerzos efectivos.		CONDICIONES SUPERFICIALES				
		MUY BUENA Muy rugoso, Superficies frescas sin meteorización	BUENO Rugoso, ligeramente meteorizada, superficies con oxido.	REGULAR Lizas, moderadamente meteorizadas y superficies alteradas.	MALA Espejo de falla, altamente meteorizadas con recubrimiento compacto o rellenos o fragmentos	MUY MALA Espejo de falla, superficies altamente meteorizadas con recubrimiento de arcilla suave o rellenos
ESTRUCTURA		DISMINUYE CALIDAD DE SUPERFICIE →				
DISMINUYE EL ENTRELAZADO DE PEDAZOS DE ROCA ↓	Intacta o Masivo: Especimenes de roca intacta o masivo in roca in situ con pocas discontinuidades ampliamente espaciadas.	90			N/A	N/A
	Levemente fracturado: Macizo rocoso no disturbado, muy bien entrelazado, constituido por bloques cubicos formados por tres familias de discontinuidades	80	70			
	Moderadamente Fracturado: Entrelazado, macizo rocoso parcialmente disturbado con bloques angulosos de varias caras formado por 4 o mas familias de discontinuidades		60	50		
	Muy Fracturado/Disturbado/Agrietada: Foleada con bloques angulosos formados por la interseccion de muchas familias de discontinuidades. Persistencia de planos de estratificacion o esquistocidad			40	30	
	Desintegrado: Pobremente entrelazado, macizo altamente fracturado compuesto de una mezcla de pedazos de rocas angulosas y redondeadas				20	
	Foliado/Laminado/Cizallado: Falta de formacion de bloques debido al pequeño espaciamento o esquistocidad débil o planos de corte	N/A	N/A			10

Fuente: (Osinergmin, 2017)

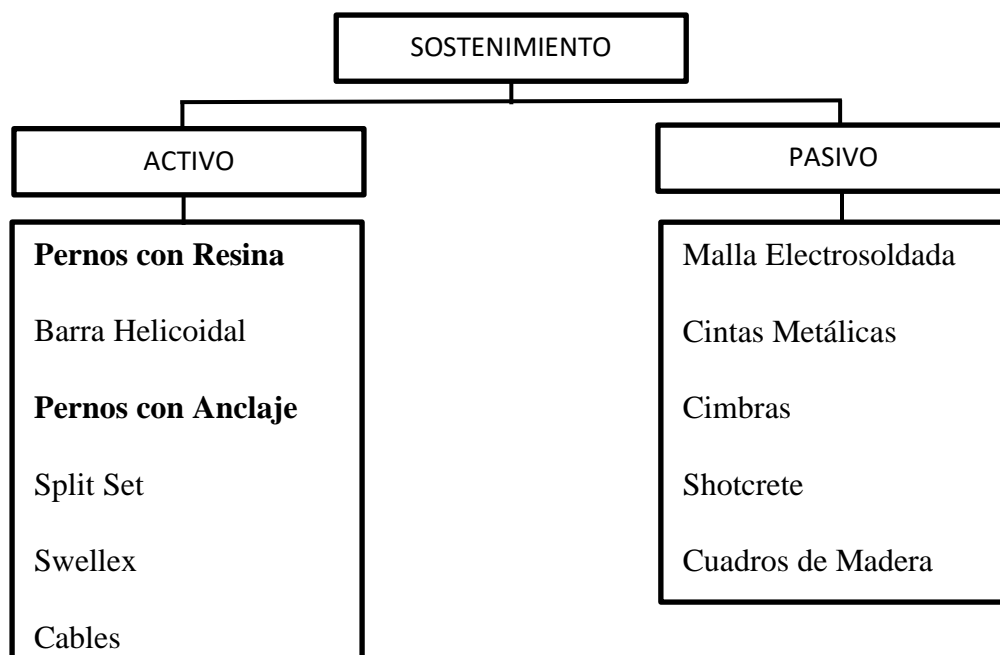
2.2.9. Sostenimiento

La excavación subterránea en el macizo rocoso, ocasiona en el tiempo, una nueva redistribución de tensiones IN SITU, ejerciendo una influencia considerable, ya sea auto soportándolo o deformándolo, donde las deformaciones, el ensanchamiento de grietas preexistentes, fracturas y otras debilidades, son causadas por las continuas presiones o tensiones que se van incrementando paulatinamente, produciendo desprendimientos menores, hasta roturas mayores y violentas de roca, estos movimientos que en la práctica, son síntomas de debilidad, nos conducen a concluir que el sostenimiento de la abertura realizada, se debe realizar en el breve plazo. El sostenimiento tiene como objetivo, mantener la estabilidad de la excavación, en un tiempo indeterminado, donde los elementos para el sostenimiento, son los materiales unitarios considerados como estructura y al conjunto de esto materiales los denominamos, sistema de soporte ademado o fortificación. Con el paso del tiempo y la investigación en este campo, se irán perfeccionando y desarrollando diferentes elementos, bajo el sistema de que sus propiedades se incrementen, en cuanto a su resistencia. Fáciles de instalar, de bajo costo, y sobre todo de buena calidad. (Berrocal, 2015)

2.2.10. Tipos de sostenimiento

Se clasifica en dos tipos, el sostenimiento activo y pasivo.

Gráfico 1: Mapa conceptual de los tipos de sostenimiento



Elaboración propia

2.2.11. Tamaño y geometría de excavaciones

La forma del perímetro de la excavación, la orientación con respecto a las discontinuidades y esfuerzos tiene gran influencia en la estabilidad de las excavaciones subterráneas. Las dimensiones deben ser compatibles con las condiciones geoestructurales del macizo rocoso. Teniendo en cuenta estos conceptos se logrará la estabilidad controlada por estructuras. (Osinergmin, 2017)

2.2.12. Split set

Es un estabilizador de roca por fricción para fortificación de techos y paredes. Al ser introducido el perno a presión dentro de un taladro de menor diámetro, se genera una presión radial a lo largo de toda su longitud contra las paredes del taladro, cerrando parcialmente la ranura durante este proceso. La fricción en el contacto con la superficie del taladro y la superficie externa del tubo ranurado constituye el anclaje, el cual se opondrá al movimiento o separación de la roca circundante al perno, logrando así indirectamente una tensión de carga. (Fabricaciones, 2019)

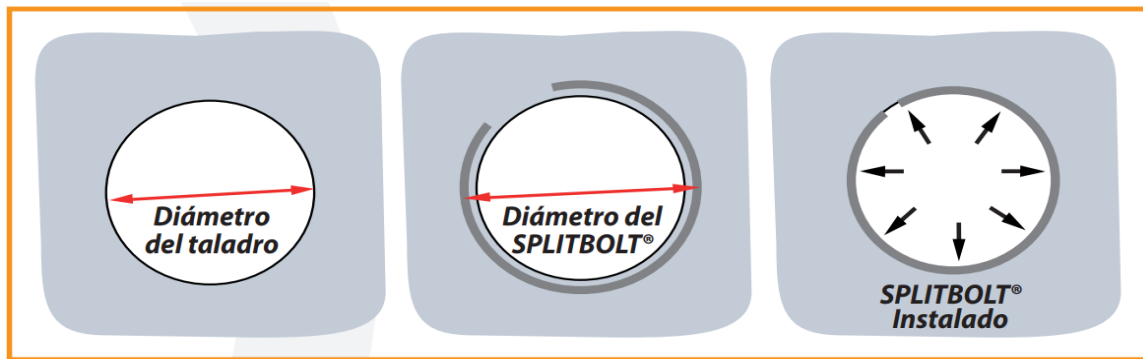
2.2.13. Split bolt de Aceros Arequipa

El Perno de Anclaje SPLITBOLT es un estabilizador de rocas, que se usa para el sostenimiento de labores temporales en mina. Pertenece a la categoría de pernos por fricción, por lo que su aplicabilidad no contempla la dotación de elementos para fijar el anclaje en la roca. Es decir, se fija dentro de la roca por efecto de deformación mecánica. Su principal aplicación en mina corresponde al sostenimiento de labores de producción: tajeos, en los cuales el sostenimiento tiene que ser instalado en forma rápida y que sea capaz de soportar carga una vez instalado. (AcerosArequipa, 2019)

2.2.14. Principio de funcionamiento

Como se muestra en la Ilustración 3, La mecánica de funcionamiento del Perno de Anclaje SPLITBOLT®, resulta del diseño y de las propiedades estructurales del acero del que está fabricado. Para la instalación del SPLITBOLT® se deberá efectuar una perforación en la roca con un diámetro menor que el tubo estabilizador, introduciendo el SPLITBOLT® por percusión con las máquinas perforadoras; su abertura expuesta se va cerrando progresivamente al ingreso en la roca, produciendo fuerzas radiales a lo largo del tubo. Esta generación de fuerzas radiales hace que se ancle a la roca. El SPLITBOLT® está fabricado con un acero estructural especial, que es capaz de soportar esfuerzos de tensión y de corte, aumentando la resistencia de la roca. (AcerosArequipa, 2019)

Ilustración 3 Funcionamiento del perno Split Bolt



Fuente: (AcerosArequipa, 2019)

Parámetros:

Diámetro : 39.5 milímetros.

Longitud : 5 pies (1,50 metros).

Resistencia: De 1 a 1,5 toneladas métricas/ pie de longitud, dependiendo principalmente del diámetro del taladro y del tipo de la roca.

Tipo de roca: Regular, en roca intensamente fracturada y débil no es recomendable su uso. Instalación:

Requiere una máquina jack-leg o un jumbo, una presión de aire de 60 a 80 psi. (AcerosArequipa, 2019)

2.2.15. Diseño de espaciado de pernos de anclaje instalados

El espaciamiento de los pernos de anclaje se ha diseñado en función de la resistencia de los pernos anclaje considerando un máximo espaciado de los pernos (1.5m x 1.5m).

Tabla 2: Volumen de roca y diseño de peso de bloques (t)

Ítem	Zona de plasticidad (m)	Espaciado de		Volumen de bloque (m ³)	Densidad (t/m ³)	Peso del bloque (t)
		Ancho	Largo			
01	0.1	1.50	1.50	0.23	2.60	0.59
02	0.15			0.34		0.88
03	0.2			0.45		1.17
04	0.25			0.56		1.46
05	0.3			0.68		1.76
06	0.35			0.79		2.05
07	0.4			0.90		2.34
08	0.45			1.01		2.63
09	0.5			1.13		2.93

Fuente: (Compañía Minera San Valentín S.A, 2019)

La resistencia media de los pernos de anclaje tipo split set posee una resistencia media de 0.92 t/pie, resultados de pruebas de arranque realizadas en la unidad minera en el último trimestre

Tabla 3: Diseño de espaciado de pernos split set (máxima distancia)

Ítem	Zona de plasticidad (m)	Peso del bloque (t)	Longitud efectiva de anclaje (m)	Resistencia media (t/pie)	FS
01	0.1	0.59	1.40	0.94	7.38
02	0.15	0.88	1.35		4.74
03	0.2	1.17	1.30		3.43
04	0.25	1.46	1.25		2.64
05	0.3	1.76	1.20		2.11
06	0.35	2.05	1.15		1.73
07	0.4	2.34	1.10		1.45
08	0.45	2.63	1.05		1.23
09	0.5	2.93	1.00		1.05

Fuente: (Compañía Minera San Valentín S.A, 2019)

En el caso de sostenimiento con malla electrosoldada el espaciado entre filas es de 0.9m y el espaciado entre pernos de la misma fila es de 1.2m. (Compañía Minera San Valentín S.A, 2019)

2.2.16. Pull test

La máquina de arranque de pernos permite determinar la capacidad de carga o de anclaje de los pernos de roca (anclaje puntual o repartido) en un determinado macizo rocoso, mediante el ensayo del "Pull Test", esta capacidad de anclaje de un perno de roca (Rock Bolt), está determinado por 4 aspectos importantes: Longitud del perno, diámetro del taladro, tiempo de instalación y calidad del macizo rocoso, además permite controlar el comportamiento del perno de roca durante y después de su instalación. Los equipos de Pull test son diseñados para variados tipos de ensayo en pernos Swellex, Split Set, Perno Helicoidal, Pernos cementados, etc. Aplicado en minería y obras civiles. (Castem, 2019).

2.2.17. Funciones del Pull test

La prueba con este equipo de tracción de cables conocido como PULL TEST, es muy necesario e importante en la minería; porque esta va vinculada totalmente a la seguridad en las actividades mineras. Observando que se emplean cuerpos sólidos metálicos (pernos de anclaje de split set) en el sostenimiento. Esto solo ocurre en la gran minería puesto que en ellas cuentan con los recursos y el conocimiento debido sobre el manejo de tecnologías

de tensión o tracción a las que se encuentran expuesta los pernos de anclaje de split set en el sostenimiento (teniendo que existen muchos tipos de pernos). También se ha visto el uso del equipo de tracción de cables en obras civiles, por el tipo de construcciones empleadas en la actualidad, ya más ligadas a la resistencia y sometiendo los cuerpos a tensiones altas. (Castem, 2019)

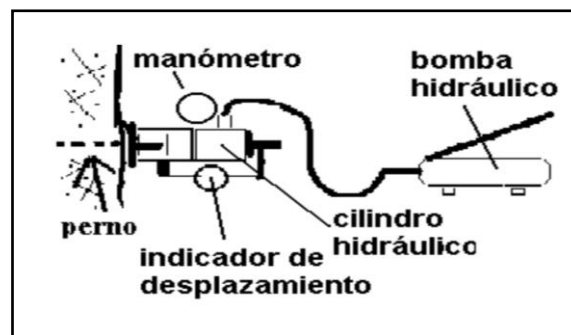
➤ Instrucciones

Estas instrucciones se utilizarán para las pruebas conocidas como test de arranque esto se da en los pernos anclaje de Split set. En las diversas faenas mineras. Los mismos aun teniendo las siguientes características particulares. Instalación, tensado, monitoreo y pruebas de Pull Test en terreno (obra, actividad minera).

Según Castem (2019). Se requiere de las siguientes herramientas de apoyo:

- * Gato Hidráulico de 86 Toneladas debidamente Certificado, junto con los siguientes accesorios
- * Bomba Hidráulica
- * Visualizador Digital de Cota
- * Manómetro Digital
- * Silla de Tensado
- * Griper de Tensado
- * Clavadora de Cuñas
- * Elementos de Monitoreo y Seguimiento

Ilustración 4: Mecanismo de funcionamiento del pull test



Fuente: (castem, 2019)



➤ **Equipo Manual Hidráulico de Tracción.**

Equipo puede ser activado por una bomba hidráulica manual portátil, es adecuado para las faenas mineras cuando se requiera realizar test de arranque (pull test), a pernos de anclaje de Split set y barra Saferock. Todos los equipos tensores son suministrados con cilindro de 20 ton o 30 ton y accesorios de acoplamiento rápido. (Fazzio, 2019)

2.2.18. Estimacion de la capacidad de anclaje del perno

Según (Espinoza, 2011). Estima la capacidad de anclaje del perno, de la siguiente manera.

$$W=f . s . c . h . p$$

Donde:

W : Peso del bloque de roca reforzado por un perno de anclaje (TM).

f : Factor de seguridad ($1,5 < f < 3$)

s : Espacio entre pernos de anclaje perpendicular al eje de la excavación.

c : Espacio entre pernos de anclaje paralelo al eje de la excavación,

h : Espesor de las capas inestables de la roca,

p : Densidad de la roca.

2.2.19. Factores influyentes

Según el Manual de Geomecánica aplicada a la prevención de caída de rocas en minería subterránea, publicada por la Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía, son múltiples los factores que influyen en la estabilidad del macizo rocoso. En el siguiente extracto veremos algunos de ellos que contribuirán a una excavación minera segura. Los factores que influyen en las condiciones de estabilidad de la masa rocosa de las excavaciones subterráneas, que son de particular interés en términos de la operación minera día a día, son: la litología, intemperización y alteración, la estructura de la masa rocosa, los esfuerzos, el agua subterránea, la forma, el tamaño y orientación de las excavaciones, el esquema y secuencia de avance del minado, la voladura, el tiempo de exposición abierta de la excavación y los estándares de sostenimiento. (Energía, 2004)

2.2.20. Factor de seguridad

Según **Calderón (2018)**. El enfoque clásico utilizado en el diseño de estructuras de ingeniería es considerar la relación entre la capacidad C (resistencia o fuerza de resistencia) del elemento y la demanda D (esfuerzo o fuerza perturbadora). El factor de seguridad de la estructura se define como:

$$F = \frac{C}{D}$$

El valor del factor de seguridad, que se considera aceptable para un diseño, generalmente se establece a partir de la experiencia previa de diseños exitosos. Un factor de seguridad de 1.3 generalmente se consideraría adecuado para una apertura temporal de la mina, mientras que un valor de 1.5 a 2.0 puede ser requerido para una excavación permanente como una estación de trituración subterránea. (Hoek, 1993)

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Sostenimiento

Empleando los principales métodos de sostenimiento de mina como son. Pernos, Split set, enmallado, y cuadros de madera. Tiene como objeto mantener la estabilidad de la roca en todas las labores, siendo de suma importancia de trabajo ya que garantiza el desarrollo de todo tipo de actividades de la operación y la finalidad principal del sostenimiento que es evitar la caída de rocas, bancos o planchones del techo o laterales de la caja, es decir es el refuerzo que requiere una labor cuando las condiciones de inestabilidad y seguridad lo requieran. Para conseguir un buen sostenimiento es necesario una correcta indagación y evaluación del macizo rocoso a fin de elegir el correcto elemento de soporte. (Medina, 2017)

2.3.2. Geomecánica

Es la ciencia aplicada al comportamiento mecánico del macizo rocoso al campo de fuerzas de su entorno físico. (Escalante, 2017)

2.3.3. Perno split set

Son pernos de anclaje que se utiliza en el sostenimiento de labores mineras subterráneas para mantener la estabilidad del macizo rocoso. (Escalante, 2017)



2.3.4. Pull test

El equipo pull test o equipo de prueba de arranque, permite determinar la capacidad de carga o anclaje de los pernos (anclaje puntual o repartido) en determinado macizo rocoso, mediante el ensayo del “pull test”. (Hurtado, 2018)

2.3.5. Macizo rocoso

Conjunto de matriz rocosa y discontinuidades. Presenta carácter heterogéneo, comportamiento discontinuo y normalmente anisótropo, consecuencia de la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad, que condicionan su comportamiento geomecánico e hidráulico. (Rincón, 2016)

2.3.6. Capacidad de anclaje de los pernos de roca.

El sostenimiento con pernos de anclaje consiste en restablecer el equilibrio del macizo rocoso, mediante el refuerzo, soporte, revestimiento, relleno, con la finalidad de garantizar la estabilidad de la labor minera; está basado en criterios de análisis e investigaciones de campo, que consideran parámetros como: a. Clasificación Geomecánica del Macizo Rocosos. b. Diseño del sistema y/o elemento de sostenimiento; para un mayor avance y seguridad para el personal, equipos, maquinarias. Infraestructura de la operación minera. (Castañeda, 2012)

2.3.7. Desprendimientos

Son los movimientos de inestabilidad producidos por falta de apoyo, se definen a rocas que caen por una ladera, debido a la pérdida de apoyo que los sustentaba, entre los desprendimientos o desplomes, en una excavación subterránea se puede denominar a un bloque de roca que cae del techo de la excavación. (Medina, 2017)



2.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis general

Evaluando la capacidad de soporte de los pernos split set instalados y su distribución, se logra prevenir accidentes por desprendimiento de rocas en la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A. –Huancavelica 2019.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Mediante la clasificación geomecánica se determina la calidad del macizo rocoso donde se encuentra instalado el perno split set.
- b) La prueba de pull test, permite determinar la capacidad de soporte de los pernos split set instalados en el macizo rocoso.
- c) Determinando la distribución de los pernos split set en el sostenimiento de las labores de desarrollo, previene accidentes por desprendimiento de rocas.



CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental y descriptiva, por que realizaremos los ensayos de arranque (prueba de pull test) “in situ”, donde se viene aplicando los pernos split set en el sostenimiento de las labores de desarrollo de la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A.

3.1.1. Método de investigación.

En cuanto a la metodología de investigación se empleó métodos cuantitativos para: a) clasificación geomecánica del macizo rocoso donde se encuentra instalado el perno split, en escala de R.M.R, GSI, b) determinación de la capacidad de soporte de los pernos split set y a partir de ello c) evaluar la distribución del sostenimiento de las labores de desarrollo de la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A.

3.1.2. Diseño de investigación.

Para el desarrollo del presente trabajo, el diseño de la investigación fue por objetivos, conforme a la siguiente correlación, (Problema, Objetivo, Hipótesis y Conclusión).

3.1.3. Procesamiento de datos.

La información recopilada en campo, de la toma de datos, según los parámetros de la clasificación geomecánica RMR del macizo rocoso, de los ensayos de arranque (prueba de pull test) y de las mediciones realizadas de los espaciamientos de los pernos de fricción split set, donde determinamos la distribución, se realizaron en campo y posterior a ello se procesó los datos en gabinete de la Unidad Minera usando los software Excel y AutoCad..

3.1.4. Población y muestra

➤ Población

Para el presente trabajo de investigación, la población estuvo conformada por las labores de desarrollo de la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A. – Huancavelica 2019.

➤ **Muestra**

Para la muestra se ha considerado las rampas (+195) (-290) y los pernos Split set instalados en dichas labores de la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A. – Huancavelica 2019.

3.1.5. Variables

➤ **Variables intervinientes en la investigación**

La calidad del macizo rocoso mediante la clasificación geomecánica RMR, la capacidad de soporte de mediante los ensayos de arranque (pruebas de pull test) y la distribución mediante las mediciones realizadas de los espaciamientos de los pernos de fricción split set instaladas en las labores de la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A. – Huancavelica 2019.

Tabla 4: Tabla de variables, indicadores y escalas de medición.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escalas de medición
Calidad del macizo rocoso	Evaluación geomecánica	RMR	Muy Buena (81-100), Buena (61-80), Regular, (41-60), Mala (21-40) y Muy mala (0-20)
Capacidad de soporte de los pernos split set instalados	Capacidad de Soporte	Ensayo de Arranque (prueba de pull test)	toneladas por pie
Distribución de los pernos split set instalados	Distribución	Medición	metros

Elaboración propia



3.1.6. Descripción de métodos por objetivos específicos.

A continuación se detalla la metodología realizada para cada objetivo específico.

a) Determinación la calidad del macizo rocoso, mediante la clasificación geomecánica donde se encuentra instalado el perno split set.

➤ Diseño experimental

El sistema de clasificación R.M.R de Bieniaswki, es el que se utilizó para determinar la calidad del macizo rocoso en las labores de desarrollo donde se encuentran instalados los pernos split set, para lo cual se utilizó el plano de las labores, martillo de Schmidth, brújula, libreta de notas y el cuadro de valoración del macizo rocoso (R.M.R.) ver ilustración 1.

➤ Preparación de la muestra

En las labores de desarrollo que se tomaron como muestra, se verifico la ventilación, después se realizaron las inspecciones visuales de la masa rocosa y se realizó el regado y lavado de la labor, para visualizar mejor las discontinuidades, previo desatado de rocas a la zona.

➤ Procedimiento experimental

De modo visual se determinó el tramo menos favorable del macizo rocoso en la labor, cercano donde están instalados los pernos de fricción split set, donde se determinó el tipo de roca predominante, es la caliza gris oscura de la formación pariatambo, con brecha y venillas de calcita y presencia de bitumen. Después se procedio a determinar cada uno de los parámetros establecidos en el cuadro de valoración del macizo rocoso R.M.R. (ver ilustración 1), Se usó los software Auto Cad y Excel, donde introdujimos datos recolectados en campo y elaboramos, tablas y cuadros, los cuales se reflejan en un gráfico.

b) Determinación de la capacidad de soporte de los pernos split set instalados en el macizo rocoso

➤ Diseño experimental

Se determinó la capacidad de soporte de los pernos split set, realizando los ensayos de arranque (prueba de pull test) en los pernos de soporte, con el apoyo humano de equipos e instrumentos, se realizó los ensayos de arranque, prueba de



pull test, se hizo un análisis de los tipos de roca, factores influyentes, tipo de instalación de perno split set, para determinar la capacidad de soporte de los pernos split set, como medida para prevenir accidentes por desprendimiento de rocas. Para ello a continuación mencionamos todo lo requerido para realizar la presente investigación.

Los pernos utilizados en el sostenimiento

Split set (5') del fabricante (Prodac)

Split set (5') Split bolt del Fabricante(Corporación Aceros Arequipa S.A.).

Equipo utilizado para perforación de los taladros

Perforadora neumática : RNP – RN-S83FX JACKLEG.

Barra cónica DE 4 Y 6 PIES.

Broca DE 36mm Y 38mm ATLAS COPCO.

Adaptador de perno split set

Equipo usado para determinar la prueba de pull test

En la ilustración 4 se observa el equipo pull test, utilizado para las pruebas de pull test.

Bomba hidráulica. Power team SPX Hydraulic technology 61109.

Gata hidráulica. Power team con capacidad de 30 toneladas.

Manómetro Lectura en toneladas

Torre o castillo del equipo.

Mordaza

Esparrago o cilindro hidraulico.

Perno mariposa

Manguera de alta presión

Cadena de seguridad

Vernier Para medidas de longitud mucho más precisas.

Cámara fotográfica

Para realizar tomas fotográfica de los pernos instalados, en donde se realizaron las pruebas de arranque, así dejar como constancia.

Ilustración 5: Equipo Pull test utilizado en las pruebas



Instalación de los pernos split set y prueba de arranque. En el presente trabajo, donde se instalaron los pernos Split Set, fueron la RP 195 del nivel 4980 y la rampa (-) 290 del nivel 4980.

Tiempo de instalación del perno split set

Tiempo de perforación del taladro con barreno de 4 pies y broca 38mm.(1 minuto y 30 minutos)

Tiempo muerto cambio de barreno de 4 pies a 6 pies (30 segundos)

Tiempo de perforación del taladro con barreno de 6 pies y broca de 36mm. (1 minuto y 5 minutos)

Tiempo muerto colocación del Split set en la perforadora jackleg (30 segundos)

Tiempo de instalación del perno Split set en el taladro (29 segundos)

Tiempo muerto después de la instalación (10 segundos)

Tiempo total de instalación. (4 minutos 14 segundos)

Tiempo de instalación de la prueba de pull test

Tiempo en la preparación del punto donde se va a hacer la prueba de Arranque pull test (12 minutos y 30 segundos)

Tiempo de instalación del equipo pull test, en el perno split set instalado 10 a 13 minutos

Tiempo en el proceso de medición y realización de la prueba de arranque (15 a 20 minutos)

Tiempo de desinstalación del equipo pull test. (5 a 8 minutos)

Tiempo total de la prueba de arranque. (entre 30 a 40 minutos)

➤ **Preparación de la muestra**

Se seleccionó la máquina perforadora, el barreno y las brocas, las cuales fueron medidos con un vernier, la perforación del taladro se realizó de forma horizontal, perpendicular al hastial de la labor a 1 metro del piso, los pernos de fricción split set de 5 pies, se seleccionaron y se instalaron en el taladro sobresaliendo el anillo soldado al perno, 4 pulgadas aproximadamente fuera del macizo rocoso. Ver ilustración 5.

Ilustración 6: Perno split set, preparado para la prueba de pull test



➤ Procedimiento experimental

La perforación de los taladros y la instalación de los pernos split set en el macizo rocoso, se realizó con la máquina perforadora Jackleg, colocando el barreno de 4 pies y la broca de 38mm, se inició la perforación en el hastial de forma horizontal a una altura de 1m del piso de la labor, completado la perforación y se solicitó el cambio al barreno de 6 pies, con broca de 36mm a completar el taladro, después de ello se colocó el perno split set en el taladro, después se procedió a Instalar el equipo pull test con sus respectivas mangueras y manómetros indicadores, previa colocación de la mordaza al perno split set y el otro extremo a la gata hidráulica, después de ello se procedió a realizar la prueba de pull test, aplicando una tensión en la gata hidráulica y se procedió a medir el desplazamiento del perno split set, con la ayuda de un vernier, se continuo aplicando la tensión, hasta la ruptura del perno de fricción split set, en ese instante se anotó el desplazamiento y se registró los datos en una libreta de apuntes, finalizando la prueba de pull test, realizando las desconexiones respectivas y desmontando el equipo pull test. En la ilustración 6, se observa el equipo de arranque de pernos pull test, instalado.

Ilustración 7: Pull Test Instalado para realizar la prueba de arranque





c) Determinación de la distribución de los pernos split set en el sostenimiento de las labores de desarrollo

➤ **Diseño experimental**

Las características del macizo rocoso en campo, determinado por la clasificación geomecánica RMR y el registro de la prueba de pull test realizadas, el cual lleva parámetros que se calcularon y se determinó la distribución y espaciamiento de los pernos de fricción split set, posterior a ellos se midió las distancias entre pernos para realizar un comparativo y se evaluó la distribución y con ello se determinó, si las labores son seguras y prevenir accidentes por desprendimiento de rocas.

➤ **Preparación de la muestra**

Para llevar a cabo la determinación de la distribución de los pernos split set, se verifico la ventilación en la zona, previo desatado de rocas sueltas y se identificaron visualmente de los pernos split set instalados, con la ayuda de un plano de las labores se procedió a evaluar el sostenimiento tomando como punto guía los pernos split set en los cuales se hicieron las pruebas de arranque.

➤ **Procedimiento experimental**

Se inició desde el comienzo de la labor, con la ayuda de un plano de ubicación de las labores de desarrollo y un flexómetro y se realizó las mediciones de la sección y espaciamientos de pernos split set, registrando las mediciones en la libreta de apuntes y marcando en el plano el avance de la misma, se realizó este procedimiento



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA

En ambos planos se observa que, según la tabla GSI, aplicada en ambas rampas el color verde, sostenimiento tipo c, el cual dice que se aplicó en el sostenimiento malla con perno Split set de 5 pies, espaciados a 1.20 x 1.20m con secuencia de 5x4, esto quiere decir que la fila=1 tiene 5 pernos y la fila 2 tiene 4 pernos. En cambio el sostenimiento de color azul representa el sostenimiento sistemático con pernos Split set de 5 pies, con secuencia de 5x4, espaciados a 1.5m, ver Anexo 1

Frente a ella se ha hecho la evaluación in-situ del sostenimiento realizado, lo cual se a constatado que la rampa (-) 290 lleva una distribución irregular en tramos pequeños de la rampa, y en otras zonas no lleva una correcta ya que la distribución en algunos puntos es de 4x4, es decir la fila 1 tiene 4 pernos split set de 5 pies al igual que la fila 2, también se pudo constatar que el espaciamiento en algunos puntos no es como indica la tabla GSI, ya que no se respetó el espaciamiento. Frente a todo ello en cuanto a la distribución de la rampa (-) 290, está a un 75% de 100%, ya que no tiene un adecuado diseño, espaciamiento y secuencia en cuanto a la distribución de los pernos Split set, por lo que los esfuerzos del macizo rocoso no se reparten equitativamente frente al sostenimiento de los pernos Split set.

Frente a la rampa (+) 195, lleva mayormente sostenimiento con malla y Split set, según mapeo geomecanico realizado con la tabla GSI, se llevó en un tipo de roca continuo, por poca variedad, con un RMR que oscila entre 40 a 60. Los pernos según las pruebas de pull test llevadas a cabo, trabajan óptimamente. Aunque hay dificultades en la distribución ya que presentan mal traslape y espaciamiento.

4.1.1. Comportamiento de los parámetros RMR de Bieniawski

De los reportes geomecanicos realizados al macizo rocoso donde se encuentra instalado el perno split set, se consideró la clasificación geomecánica de Bieniawski (1989) y su actualización (2014), modificando los criterios de valoración e incorporando el efecto de la alteración de la matriz rocosa por el agua, el cual ofrece un enfoque más acertado para calificar el macizo rocoso.



Se ha tomado los reportes geomecánicos 1, 2, 3 y 4, de la rampa (-) 290 y los reportes geomecánicos 5, 6 y 7 de la rampa (+)195, ambas labores de desarrollo del nivel 4980,

➤ **Resistencia a la Compresión Uniaxial de la roca intacta.**

Se realizó el ensayo de campo al macizo rocoso para determinar la resistencia de la roca sana e inalterada, en el mapeo geomecánico, la resistencia de compresión uniaxial al macizo rocoso donde están instalados los pernos split set, tienen una resistencia entre 100 a 250 (Mpa), en los reportes N° 1 – 6, mientras que en el reporte N° 7 lleva una resistencia entre 50 – 100 Mpa. En pruebas de pull test, la capacidad de soporte es de 5 toneladas o superior, lo cual nos indica que el macizo rocoso tiene buena resistencia a la compresión uniaxial

En la **tabla 7**, se observa los reportes geomecánicos realizados y la resistencia a la compresión uniaxial realizada, según la clasificación geomecánica de Bieniawsky tienen una valoración RMR que oscilan entre 7-12. Para la valoración RMR de la R.C.U. Ver ilustración 1.

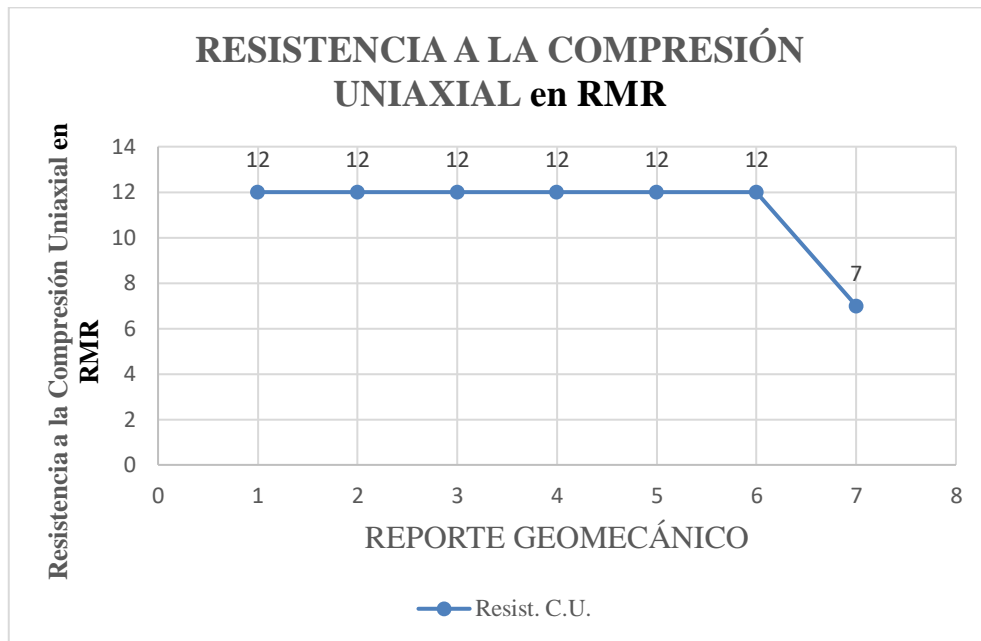
Tabla 7: Valoración de la Resistencia a la Compresión Uniaxial en RMR

REPORTE GEOMECANICO	Resist. C.U. en RMR
1	12
2	12
3	12
4	12
5	12
6	12
7	7

Elaboración propia.

En el **grafico 2**, se observa una uniformidad en la valoración de la resistencia a la compresión uniaxial de la clasificación geomecánica RMR de Bieniawsky, con respecto al número de reportes, excepto en el último reporte donde la valoración baja, pero en los ensayos de arranque se observó que cumple con la capacidad de soporte requerido, porque la roca tiene buena resistencia.

Gráfico 2 : Resistencia a la Compresión Uniaxial en RMR vs N° de Reporte Geomecánico



Elaboración propia.

➤ **RQD (rock quality designation)**

Son bloques de macizo rocoso, delimitados por un sistema de discontinuidades, Según los reportes geomecánicos realizados al macizo rocoso donde se encuentran instalados los pernos split set, se observa una valoración RMR que varía entre 8 – 17, como se ve en la **Tabla 6**.

Tabla 5: Valoración del RDQ (Rock Quality Designation) en RMR

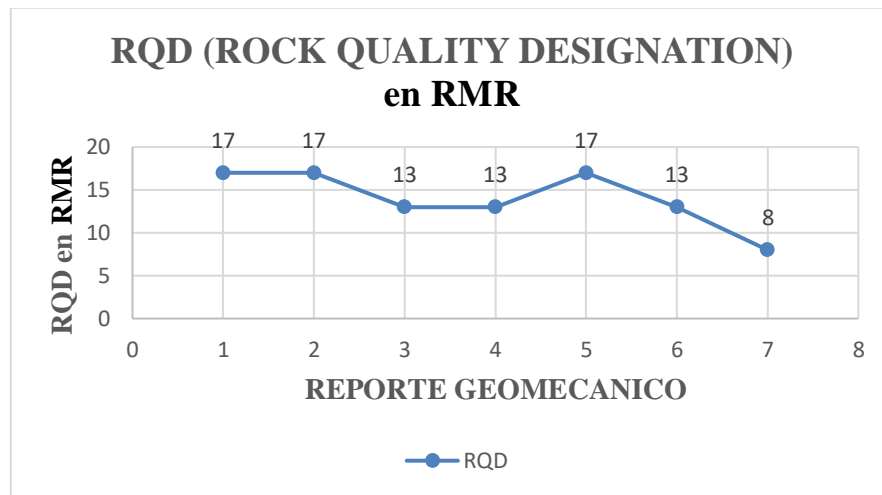
REPORTE GEOMECAÁNICO	RQD en (RMR)
1	17
2	17
3	13
4	13
5	17
6	13
7	8

Elaboración propia.

Se observa en el **gráfico 3**, la variación en la valoración RQD y esto significa que en los reportes 1, 2, 5, presentan un macizo rocoso con delimitados sistemas de discontinuidades

uniformes que, en los demás reportes que son variados, según las pruebas de pull test, la valoración dada es un factor condicionante en cuanto a la capacidad de soporte de los pernos split set. Algunos apenas llegaron a las 5 toneladas y otros superan esa capacidad, para la valoración RMR del RQD, Ver ilustración 1.

Gráfico 3 : RQD en RMR vs N° de Reporte Geomecánico



Elaboración propia.

➤ **Espaciamiento**

Es la valoración del espaciamiento o separación entre las discontinuidades, Según los reportes geomecánicos realizados al macizo rocoso donde se encuentran instalados los pernos split set, se observa una valoración RMR que varía de 8 – 10, como se ve en la **tabla 7**

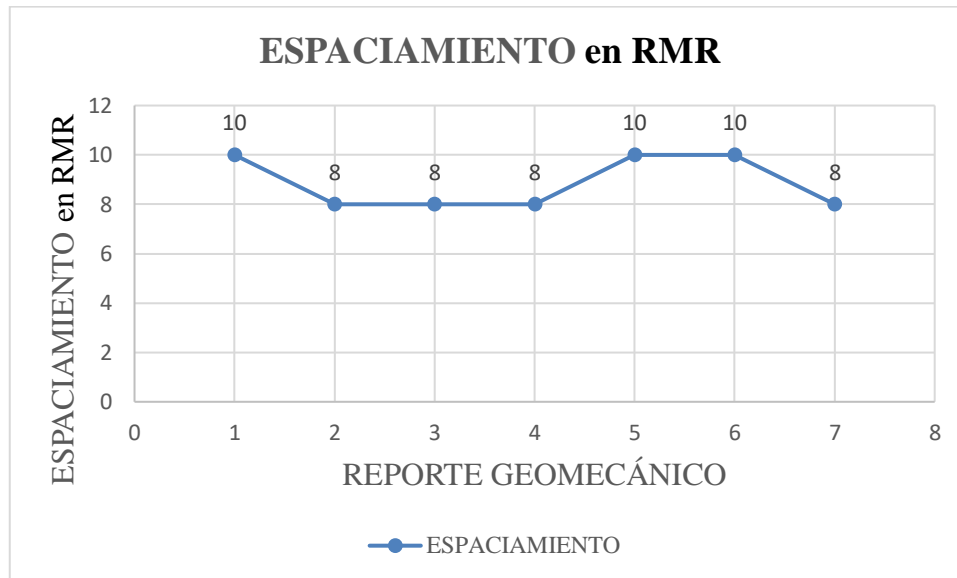
Tabla 6: Valoración del Espaciamiento en RMR

REPORTE GEOMECANICO	ESPACIAMIENTO en RMR
1	10
2	8
3	8
4	8
5	10
6	10
7	8

Elaboración propia.

En el gráfico 4, el espaciamiento muestra una leve variación en la valoración RMR, lo cual no influye en la capacidad de soporte de los pernos split set. Para la valoración RMR del espaciamiento Ver ilustración 1.

Gráfico 4 : Espaciamiento en RMR vs N° de Reporte Geomecánico



Elaboración propia.

➤ Persistencia

Es la extensión en área o tamaño de las discontinuidades, según los reportes geomecánicos realizados al macizo rocoso donde se encuentran instalados los pernos split set, se observa una valoración RMR uniforme, como se ve en la tabla 8

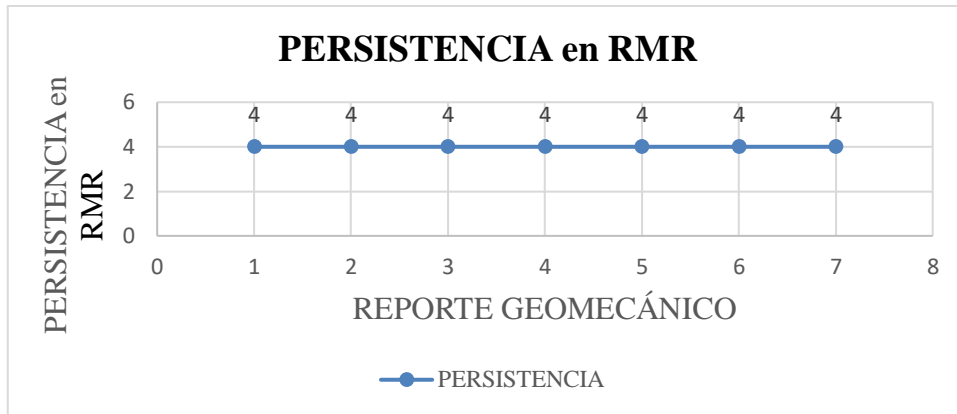
Tabla 7: Valoración de la Persistencia en RMR

REPORTE GEOMECANICO	PERSISTENCIA en RMR
1	4
2	4
3	4
4	4
5	4
6	4
7	4

Elaboración propia.

En el grafico 5, muestra una persistencia uniforme la cual no tiene variación y no es un factor influyente en la capacidad de soporte.

Gráfico 5 : Persistencia en RMR vs N° de Reporte Geomecánico



Elaboración propia.

➤ Apertura

Es la distancia que existe entre las discontinuidades, según los reportes geomecánicos realizados al macizo rocoso donde se encuentran instalados los pernos split set, se observa una valoración RMR la uniformidad en los reportes 1,2,3,4 y 5, mientras que en los reportes 6 y 7 hay una variación en la valoración, la cual influye en la capacidad de soporte de los pernos split set, como muestra la tabla 9.

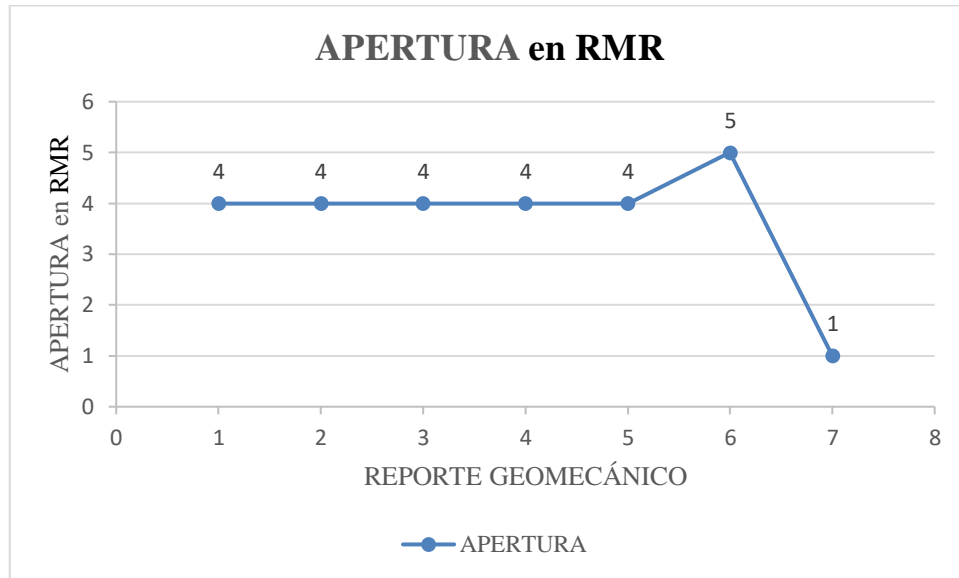
Tabla 8: Valoración de la Apertura en RMR

REPORTE GEOMECANICO	APERTURA en RMR
1	4
2	4
3	4
4	4
5	4
6	5
7	1

Elaboración propia.

En el grafico 6, muestra una variación considerable en los dos últimos reportes geomecánicos, las cuales influyen con respecto a la capacidad de soporte.

Gráfico 6 : Apertura en RMR vs N° de Reporte Geomecánico



Elaboración propia.

➤ Rugosidad

Es la aspereza o irregularidad de la superficie de la discontinuidad, según los reportes geomecánicos realizados al macizo rocoso donde se encuentran instalados los pernos split set, se observa una valoración RMR en la cual se observa una leve rugosidad con una valoración de 3 que quiere decir que es ligeramente rugosa y con una valoración 5 que presenta en el reporte 5, que quiere decir que la superficie es rugosa, como se ve en la tabla 10.

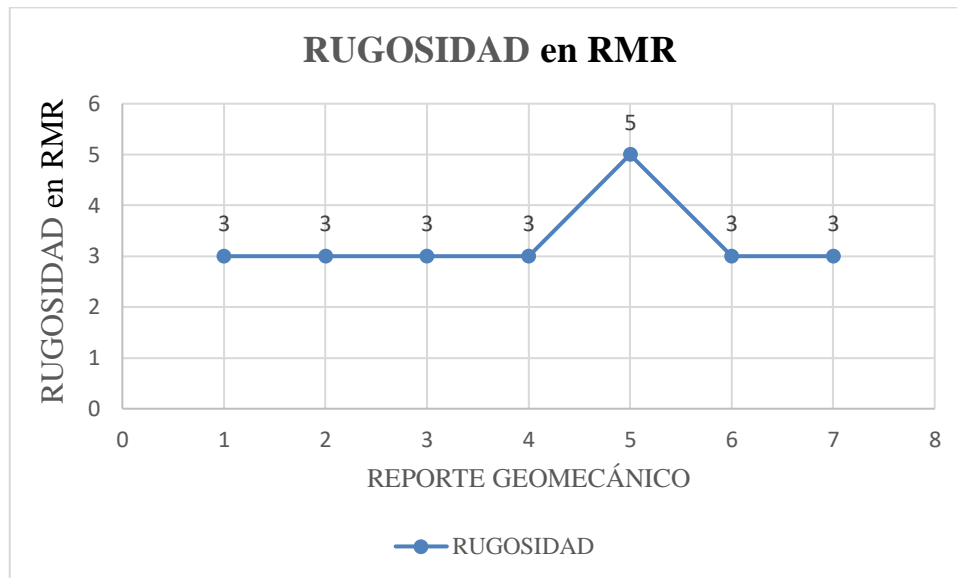
Tabla 9: Valoración de la Rugosidad en RMR

REPORTE GEOMECANICO	RUGOSIDAD en RMR
1	3
2	3
3	3
4	3
5	5
6	3
7	3

Elaboración propia.

En el gráfico 7, se observa una desviación en la curva, en el reporte 5 lo que nos indica que el macizo rocoso es más rugoso con respecto a los demás reportes.

Gráfico 7 : Rugosidad en RMR vs N° de Reporte Geomecánico



Elaboración propia.

➤ **Relleno**

Son los materiales que se encuentran dentro de las discontinuidades, según los reportes geomecánicos realizados al macizo rocoso donde se encuentran instalados los pernos split set, se observa una valoración RMR, que oscila entre 1 y 2 como se ve en la tabla 11.

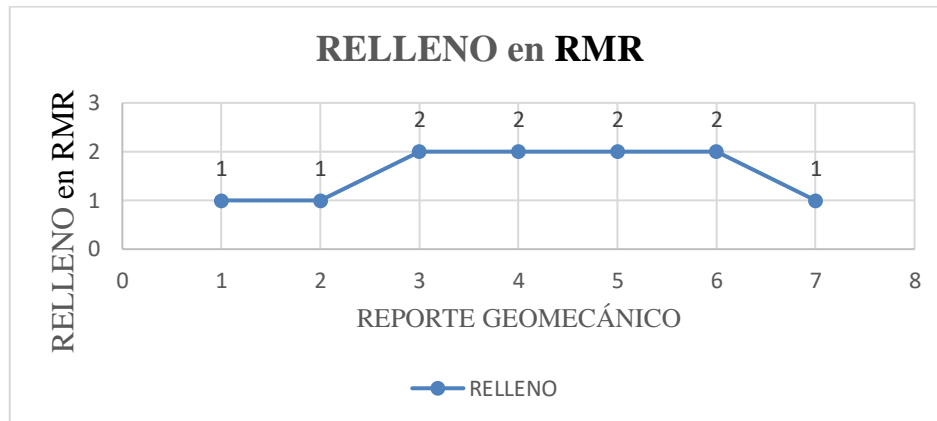
Tabla 10: Valoración del Relleno en RMR

REPORTE GEOMECAÁNICO	RELLENO en RMR
1	1
2	1
3	2
4	2
5	2
6	2
7	1

Elaboración propia.

En el gráfico 8, muestra los reportes 1, 2 y 7 tienen un relleno suave mayor a 5mm, mientras que en los reportes 3, 4, 5 y 6, tienen un relleno duro menor de 5mm. Lo cual es un parámetro influyente en la capacidad de soporte de los pernos split set.

Gráfico 8 : Relleno en RMR vs N° de Reporte Geomecánico



Elaboración propia.

➤ Alteración

Es la modificación de las características del macizo rocoso, según los reportes geomecánicos realizados al macizo rocoso donde se encuentran instalados los pernos split set, se observa una valoración RMR de 3 a 5, debido a las alteraciones de óxido y panizo, la cual se presenta ligeramente y moderadamente alterada, como muestra la tabla 12.

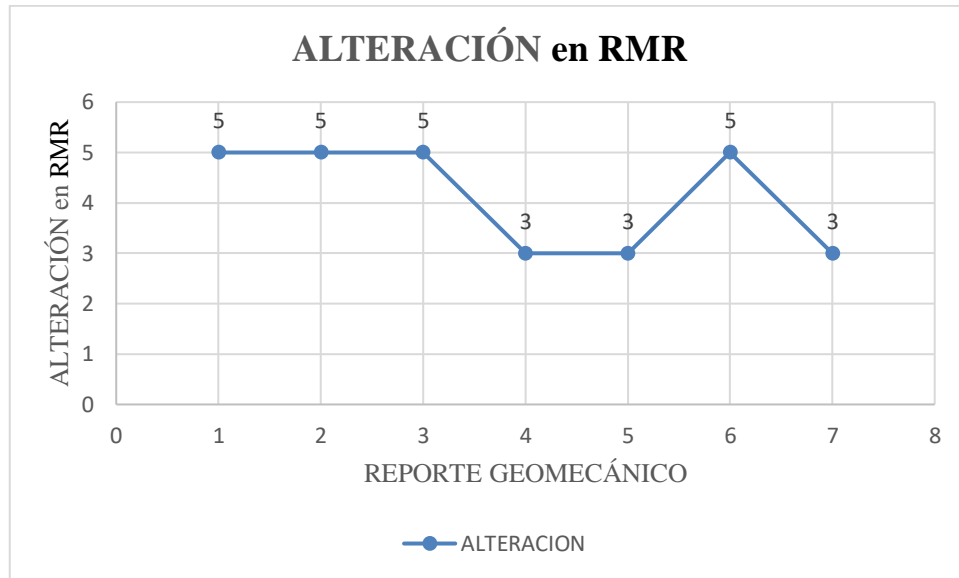
Tabla 11: Valoración de la Alteración en RMR

REPORTE GEOMECANICO	ALTERACIÓN en RMR
1	5
2	5
3	5
4	3
5	3
6	5
7	3

Elaboración propia.

En el gráfico 9, se muestra una variación en la alteración, en algunos tramos presentaba alteración con oxido y otros con panizo. En ambos casos se presentó de ligero a moderadamente alterado. Con una valoración de 3 y 5 en la clasificación geomecánica RMR.

Gráfico 9 : Alteración en RMR vs N° de Reporte Geomecánico



Elaboración propia.

➤ Agua Subterránea

El agua es un factor que genera una gran inestabilidad y provoca alteraciones en las discontinuidades, según los reportes geomecánicos realizados al macizo rocoso donde se encuentran instalados los pernos split set, se observa una valoración RMR, varía de 0 a 10, donde 0 tiene presencia de agua en forma de flujo y 10 cuando el agua se presenta en forma de humedad, como muestra la tabla 13.

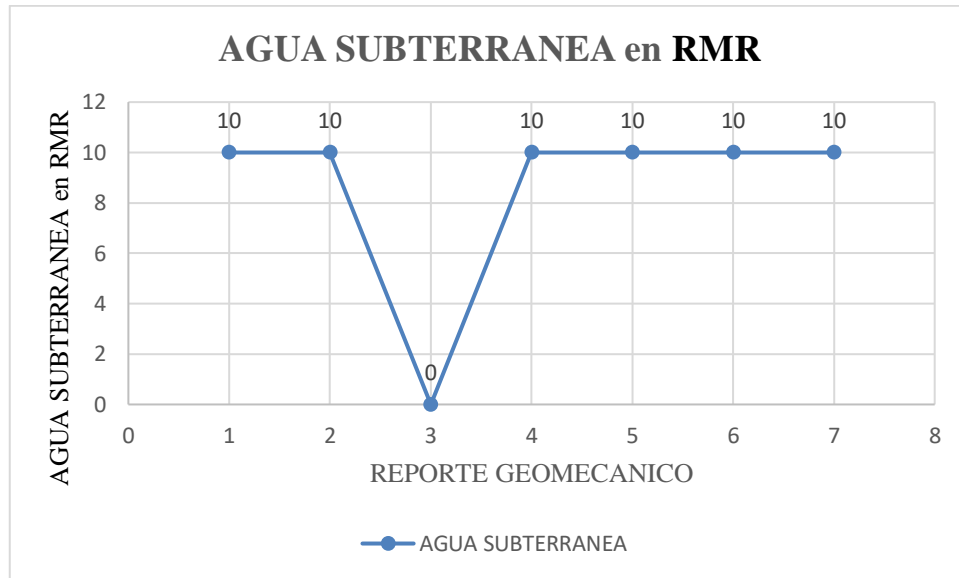
Tabla 12: Valoración del Agua Subterránea en RMR

REPORTE GEOMECANICO	AGUA SUBTERRANEA en RMR
1	10
2	10
3	0
4	10
5	10
6	10
7	10

Elaboración propia.

En el gráfico 10, muestra, los reportes y la presencia de agua, donde se observa que en el reporte 6 tiene una valoración de 0, que significa que la presencia de agua es en forma de flujo. y la valoración de 10, que la presencia de agua está en forma de humedad, para ver la valoración RMR de Agua Subterránea. Ver ilustración 1.

Gráfico 10 : Agua Subterránea en RMR vs N° de Reporte Geomecánico



Elaboración propia.

➤ **Orientación**

Es la inclinación y rumbo de las discontinuidades, respecto a la dirección de la labor longitudinal, según los reportes geomecánicos realizados al macizo rocoso donde se encuentran instalados los pernos split set, se observa una valoración RMR de -10 a -5, donde -10, que significa que tiene una orientación desfavorable, y -5 que tiene una orientación media o regular. Como ve se en la tabla 14.

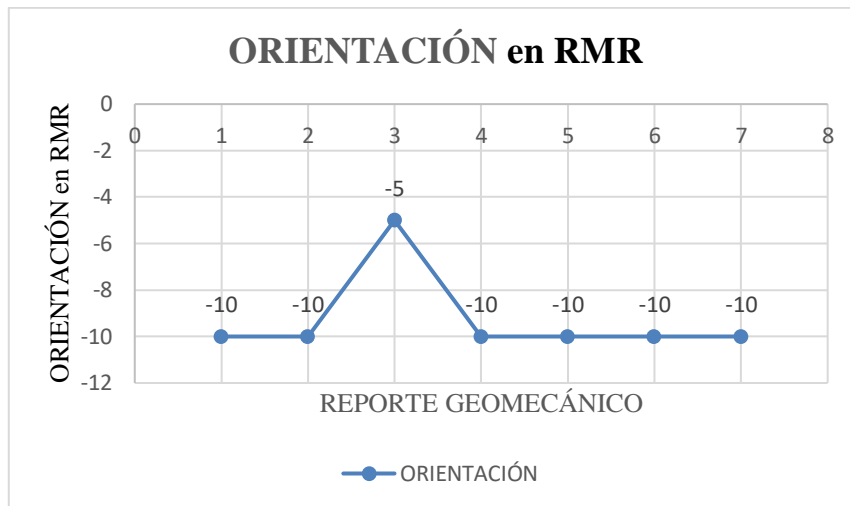
Tabla 13: Valoración de la Orientación (Reajuste) en RMR

REPORTE GEOMECANICO	ORIENTACIÓN en RMR
1	-10
2	-10
3	-5
4	-10
5	-10
6	-10
7	-10

Elaboración propia.

En el gráfico 11, muestra la orientación y el número de reportes, hay uniformidad en la orientación excepto en el reporte 3, donde la orientación tiene una valoración de (-5) en la clasificación geomecánica RMR. Que significa que tiene una orientación media a regular, para la valoración RMR del ajuste por orientación ver la ilustración 1.

Gráfico 11 : Orientación en RMR vs N° de Reporte Geomecánico



Elaboración propia.

4.1.2. Discusión de resultados de la clasificación Geomecánica

Según, **Calderón, (2018)**, realizo un estudio de la caracterización geomecánica, mediante la clasificación geomecánica RMR de Bieniaswski y el índice Q de Barton, en el cual determino el tipo de sostenimiento para la galería Gavilán de Oro de la UEA Ana María en el departamento de Puno. Donde realizo 6 mapeos por estaciones para determinar la calidad del macizo rocoso, según el sistema de clasificación RMR la calidad de la roca es, 53, 61, 58, 69, 57 y 63.

En la presente se realizó un total de 7 reportes geomecánicos, en 7 estaciones geomecánicas donde los reportes geomecánicos tienen una calidad de macizo rocoso según el sistema de clasificación RMR de 56, 54, 46, 49, 57, 54 y 35. En la tabla 15, se observa que la Mina Ana María tiene una mejor calidad de roca que la mina Heraldos Negros.

Tabla 14: Comparación de la clasificación Geomecánica RMR

Estación Geomecánica	RMR - Mina Ana María	RMR - Mina Heraldos Negros
1	53	56
2	61	54
3	58	46
4	69	49
5	57	57
6	63	54
7	-	35

Elaboración propia

En la tabla 16, se aprecia el promedio de la calidad del macizo rocoso, según el sistema de clasificación RMR, donde la galería Gavilán de Oro, de la mina Ana María presenta un RMR de 60, mientras que las labores de desarrollo como las rampas, positiva 195 y negativa 290, presentan un RMR de 50,

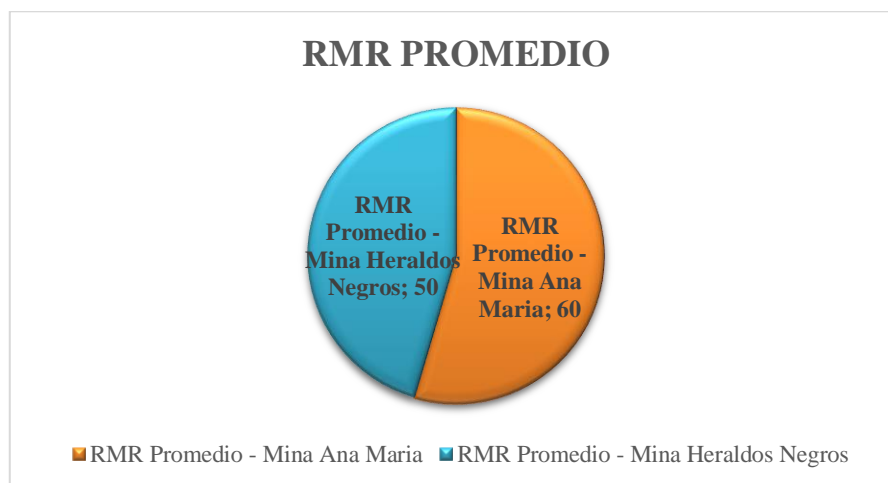
Tabla 15 Comparación del RMR promedio

Estación Geomecánica	RMR Promedio - Mina Ana María	RMR Promedio - Mina Heraldos Negros
RMR PROMEDIO	60	50

Elaboración propia

En gráfico 16, muestra el RMR predominante entre ambas minas, donde la mina Ana María tiene un RMR mayor que la mina Heraldos Negros, lo que muestra que tiene una mejor calidad de roca.

Gráfico 12: RMR Promedio de las minas, Ana María y Heraldos Negros.



Elaboración propia



4.2. DETERMINANDO LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LOS PERNOS

SPLIT SET

Las dos labores que se tomó como muestra, la rampa positiva (+) 195 y la rampa negativa (-) 290, se encuentran ubicadas en el nivel 4980, mientras que la rampa positiva (+) 290 se encuentra ubicada en el Nivel 4940, de la Unidad Minera Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A.

Se instalaron los pernos split set de 5 pies, estratégicamente ubicados, para poder realizar los ensayos de arranque (prueba de pull test).

De acuerdo a los ensayos de arranque (prueba de pull test) determinaremos en primer lugar la capacidad de soporte de los pernos split set instalados en el macizo rocoso, después de ello, evaluaremos si la distribución realizada en la labor es la adecuada

Evaluar la capacidad de soporte de los pernos split set y su distribución, para la prevención de accidentes por desprendimiento de rocas en la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A –Huancavelica 2019.

Para el presente trabajo se tomó datos desde agosto del 2018 para determinar la capacidad de soporte de los pernos Split set instalados en el macizo rocoso en las labores de desarrollo, para lo cual se utilizó la rampa 195 del nivel 4980, en el cual se realizaron 6 ensayos de arranque (pruebas de pul test). Para ver la ubicación donde se llevó a cabo las pruebas de pull test, (Ver plano 2)

Después tomamos como muestra la rampa 290 del nivel 4980. En el cual se realizaron 7 ensayos de arranque (prueba de pull test). Para ver la ubicación donde se llevó a cabo las pruebas de pull test, (Ver plano 1).

4.2.1. Ensayos de arranque (prueba de pull test)

Durante los ensayos de arranque (prueba de Pull test), que se realizaron a los pernos split set, se hicieron dos mediciones y registros, la carga aplicada en toneladas la cual fue lecturada con un manómetro y la elongación del perno split set en mm, la cual fue medido por un vernier, durante la prueba de pull test, se empezaba a realizar el jale del perno y el manómetro marcaba hasta un determinado valor, por encima del cual, el perno empezaba a salirse del taladro y lógicamente la carga en el manómetro dejaba de subir por encima de ese valor.

A). Pruebas de pull test realizadas en la Rp(-)290

En la (Tabla 17) Muestra la cargas en toneladas y las elongaciones de los ensayos de arranque (prueba de pull test) realizados en los pernos Split set de 5 pies, instalados en el macizo rocoso.

Tabla 16:Ensayos de Arranque (Prueba de Pull Test) RP(-) 290

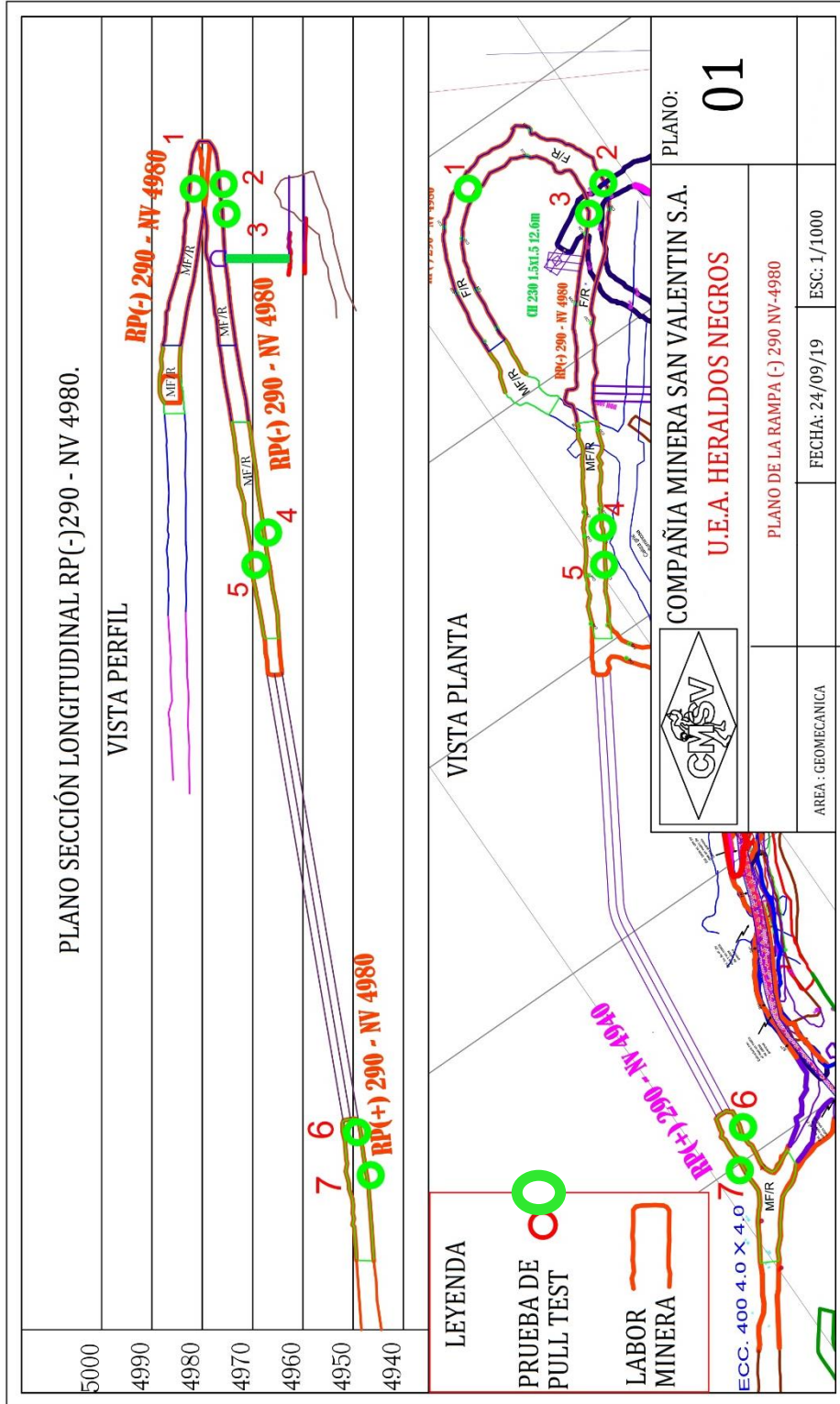
CARGA (TN)	ELONGACION (e) en mm						
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
1							
2	2.2	2.4	1.4	3.3	2.3	4.3	2.1
3	3.7	3.6	2.2	5.6	4.5	6.7	5.9
4	5.1	5.3	3.5	7.1	5.9	8.4	7.7
5	7.2	6.2	4.8	10.2	9.1	10.7	9.2

Elaboración propia

En la rampa negativa 290 del nivel 4980, se realizó un total de 7 ensayos de arranque (pruebas de pull test), de los cuales todos cumplen apenas el mínimo requerido, que es de 5 toneladas de capacidad.

Se ha supervisado la instalación de los pernos Split set, donde se realizó las pruebas de pull test, las brocas usadas en las instalaciones son: 37.5mm de diametro en promedio en el barreno de 4 y 35.5 mm de diámetro en el barreno de 6, razón por la cual los ensayos de arranque(prueba de pull test) realizado, el perno split set presenta una capacidad de soporte de 5 toneladas. Esto nos indica que de un total de 420 pernos split set instalados todos trabajan óptimamente, sin embargo se ha realizado el sostenimiento de manera sistemática con perno split set de 5 pies, con una secuencia de (4x3), esto quiere decir en la fila 1=4 pernos y en la fila 2=3 pernos, espaciados a 1.50m de fila a fila, en el primer tramo y en el segundo tramo debido a una zona local de óxido, se usó el sostenimiento de malla electrosoldada mas pernos Split set de 5 pies, secuencia (5x4), esto quiere decir que la fila 1 = 5 pernos y la fila 2 = 4 pernos, con un espaciamiento de 1.10m de fila a fila. .

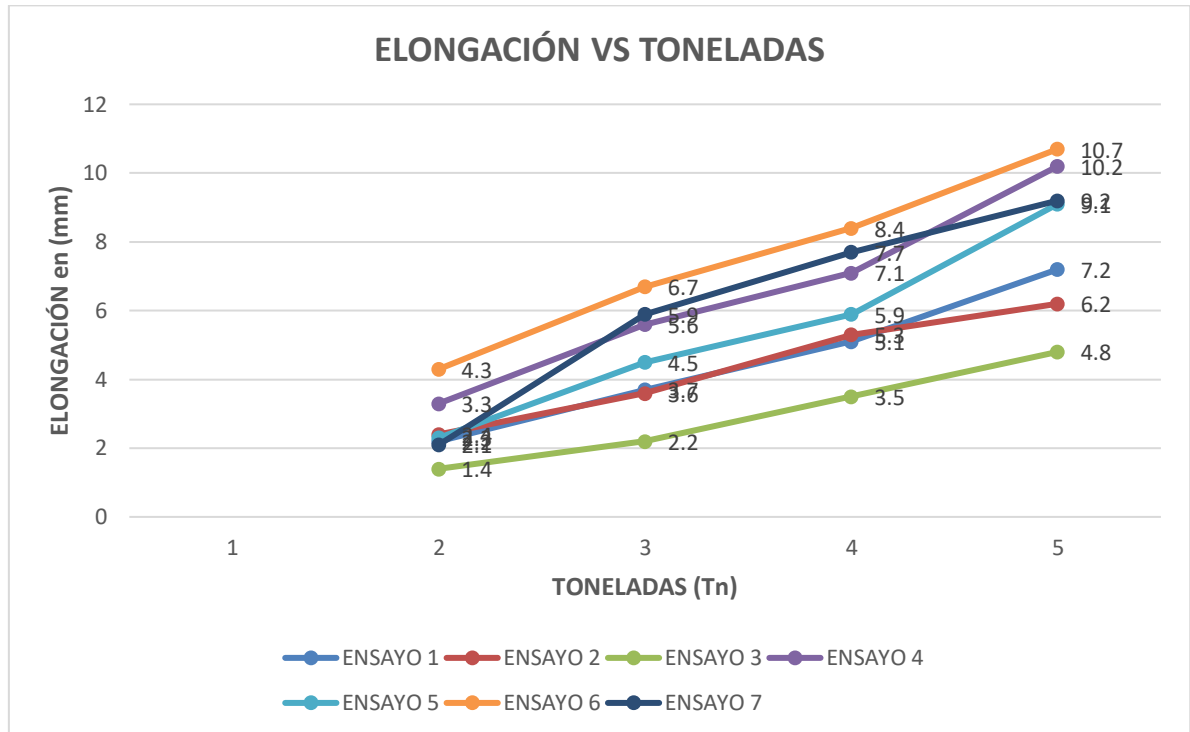
Plano 1: Plano de la Rampa (-) 290 Nivel 4980



Fuente: Área de Planeamiento HN-CIAMSV

En el Gráfico 12, se puede observar que las pruebas de pull test realizadas, tiene una continua elongación, la cual aprueba la calidad de la prueba de pull test realizada.

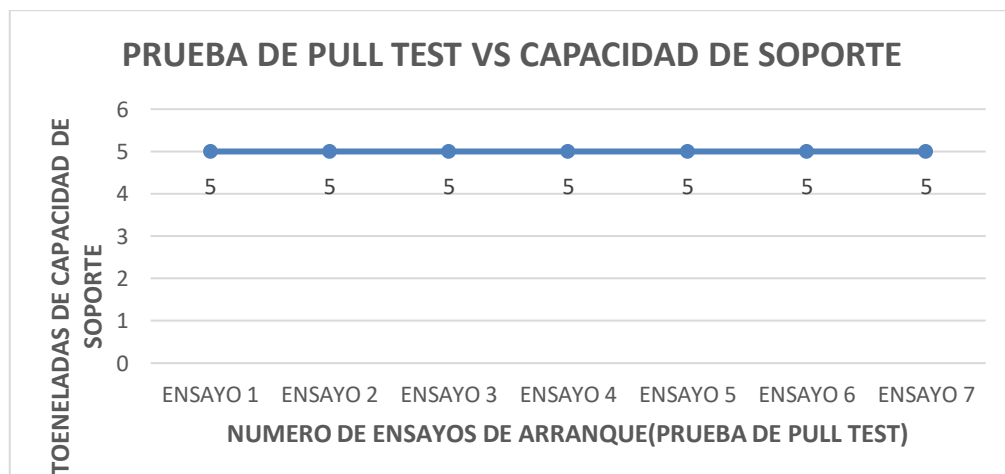
Gráfico 13: Elongación vs Toneladas RP(-) 290



Elaboración propia.

En el Grafico 13, muestra la curva continua de las elongaciones, la cual aprueba la calidad de las pruebas de pull test realizadas.

Gráfico 14: Pruebas de pull test vs capacidad de soporte de los pernos split set



Elaboración propia.

B). Pruebas de pull test realizadas en la Rp(+)¹⁹⁵

En la (Tabla 18) Muestra la cargas en toneladas y las elongaciones de los ensayos de arranque (prueba de pull test) realizados en los pernos Split set de 5 pies, instalados en el macizo rocoso.

Tabla 17: Ensayos de Arranque (Prueba de Pull Test) RP(+) 195

CARGA (TN)	ELONGACION (e) en mm					
	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	ENSAYO 4	ENSAYO 5	ENSAYO 6
1					0.70	0.90
2	0.30	0.20	0.31	0.23	1.20	2.10
3	0.35	0.28	0.37	0.31	2.60	2.90
4	0.40	0.39	0.42	0.43	3.30	4.40
5	0.45	0.59	0.49	0.57	4.80	6.35
6	0.62	0.61	0.63	0.64		
7	0.68		0.72			
8	0.71					

Elaboración propia.

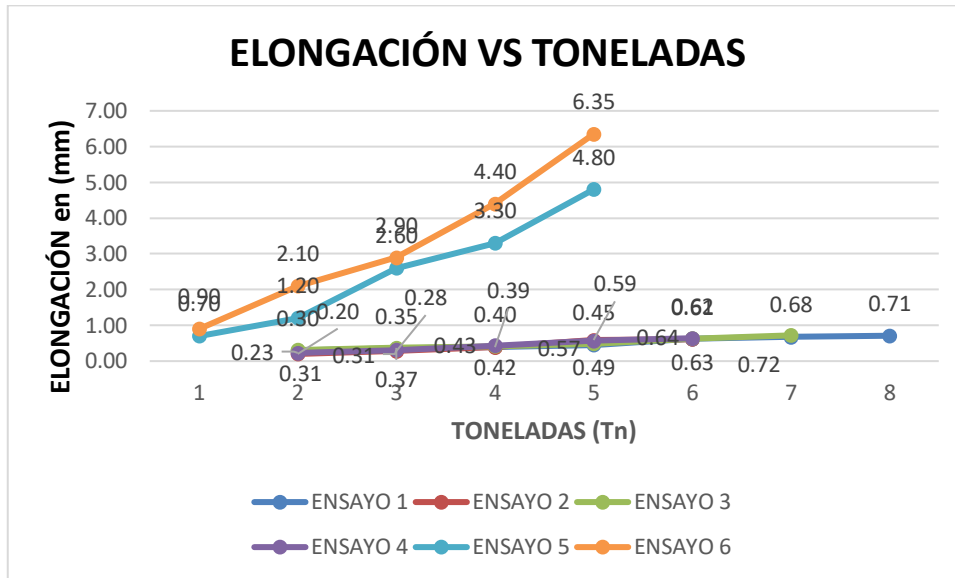
En la rampa positiva 195 del nivel 4980, se realizó un total de 6 ensayos de arranque (pruebas de pull test), de los cuales todos cumplen los estándares requeridos, que es de 5 incluso de mayores estándares de capacidad.

En los ensayos (01-04) la elongación es mínima, a comparación de los ensayos (05-06), donde se aprecia una elongación mayor, esto se debe al tipo de roca que presentan ambos tramos de la rampa.

En los ensayos (01-04) el tipo de roca según el mapeo geomecanico realizado se tiene un R.M.R. de 51-60, un GSI de F/R (fracturado/regular), mientras en los ensayos (05-06), el tipo de roca es variable, según el mapeo geomecanico realizado en la zona se tiene un R.M.R. de 35-45, un GSI de MF/R – IF/R (muy fracturado/regular)-(intensamente fracturado/regular), motivo por el cual la elongación de los ensayos (05-06) varías con respecto a los ensayos (01-04).

En el Gráfico 14, se puede observar una continua elongación, la cual aprueba la calidad de la prueba de pull test.

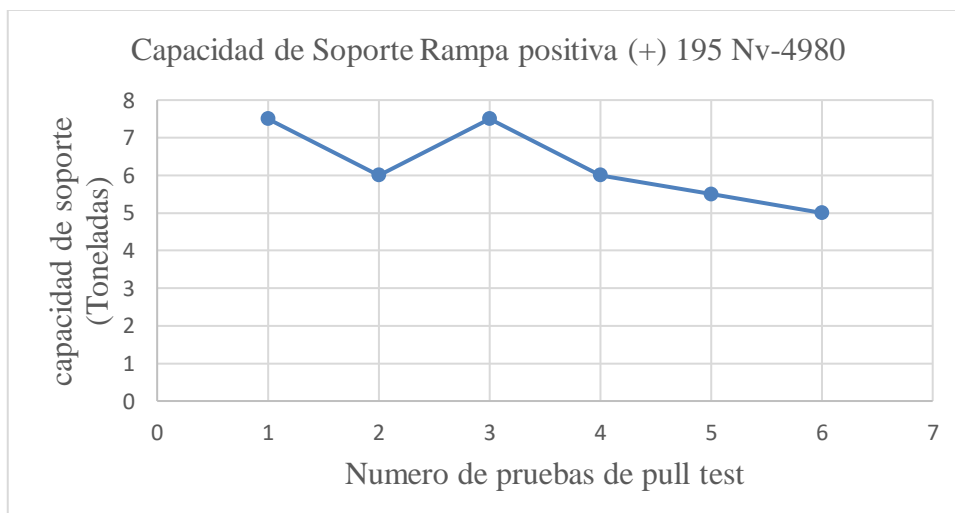
Gráfico 15: Cuadro de Elongación vs Toneladas RP(+) 195



Elaboración propia.

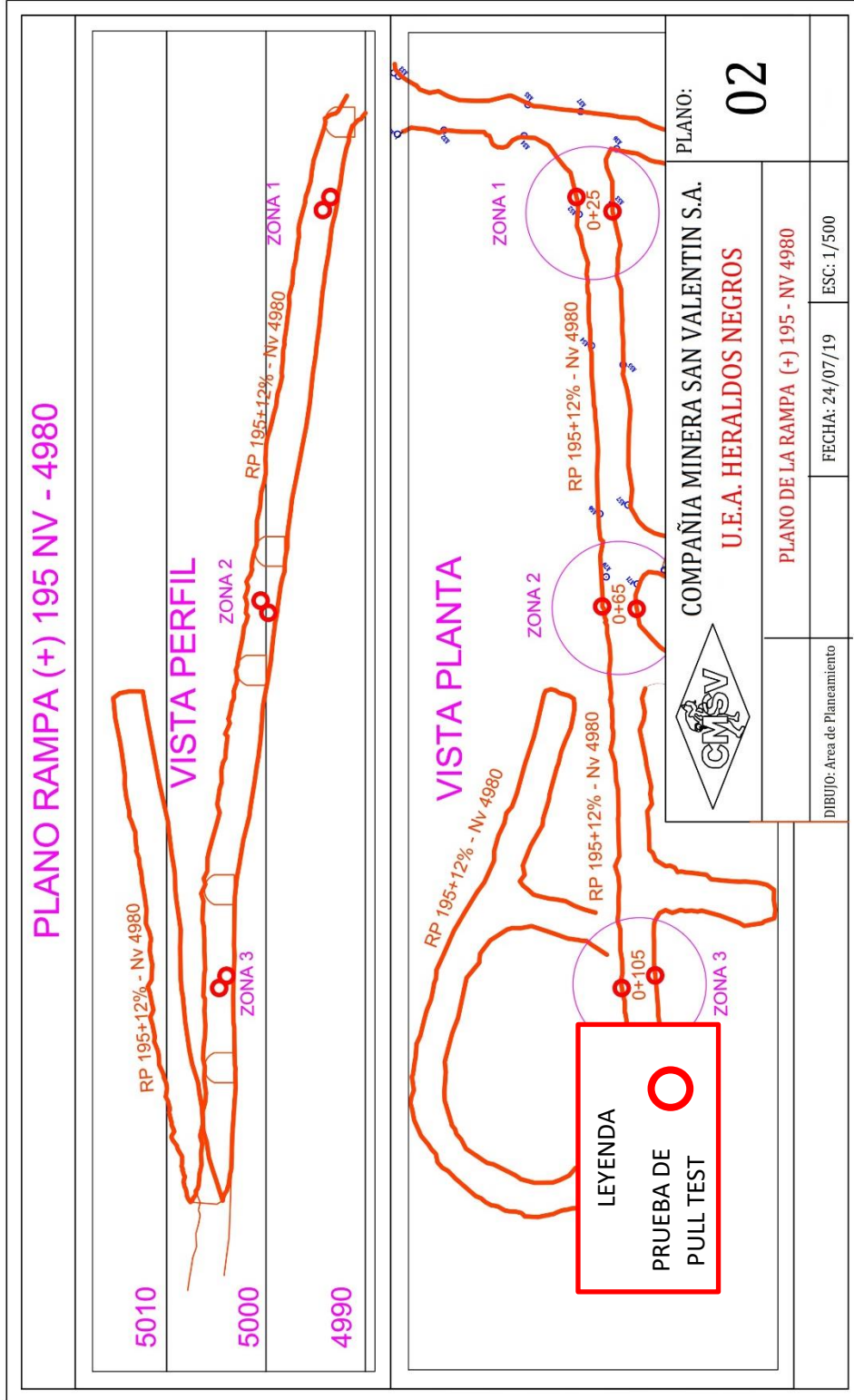
En el gráfico 15, muestra la capacidad de soporte de los pernos en los ensayos (01-04), arriba de las 5 toneladas, trabajando óptimamente, mientras de los ensayos (05-06) cumplen apenas las 5 toneladas de capacidad de soporte, las cuales trabajan normal.

Gráfico 16: Pruebas de pull test vs capacidad de soporte de los pernos split set



Elaboración propia

Plano 2 : Plano de la Rampa (+) 195 Nivel 4980



Fuente: (Area de Planeamiento HN CIAMSV, 2019)

4.2.2. Discusión de resultados de la capacidad de soporte de los pernos split set.

Según, **Giraldo (2018)**, hizo un estudio en la mina reliquias, donde determino que la capacidad de anclaje de los Split set no guarda una relación lineal con su longitud, alcanzando un valor máximo de torna asintótica, lo cual indica que, para longitudes superiores, la capacidad de anclaje tiende a mantenerse invariable, de 4 pruebas realizadas a los pernos split set de 1 pie, 2 pies, 3 pies y 4 pies, en todas cumplen su capacidad de soporte de 1 tonelada/pie.

Según, **Hurtado (2018)**, hizo un estudio en la mina Qolquijirca, donde realizo pruebas de arranque con la finalidad de verificar la calidad del producto y llevar un control de acero de los Split set, del 100% de las pruebas el 89% aprobó la calidad del acero y el 11% no aprobó la calidad del acero de los pernos Split set.

En la presente, se realizaron 13 ensayos de arranque (pruebas de pull test), con la finalidad de ver la capacidad de soporte y distribución de los pernos Split set para prevenir los accidentes por desprendimientos de rocas, en esta evaluación se determinó que la capacidad de soporte de los pernos Split set de 5 pies, en promedio es de 5 toneladas, una tonelada por pie y la distribución funciona correctamente, cumpliendo los parámetros de soporte de los pernos, por lo cual las labores de desarrollo son más seguras.

En la tabla 19, muestra la comparación de la capacidad de soporte de los pernos split set.

Tabla 18: Comparación de la capacidad de Soporte de los pernos split set

	Mina Reliquias Fuente: E. Giraldo (2018)	Mina Qolquijirca Fuente: J. Hurtado (2018)	Mina Heraldos Negros Elaboración propia
Número de pruebas Pull Test	4	37	13
Tonelada por pie cumplen la capacidad de soporte 1 ton / pie	1	1	1
	4	33	13

Elaboración propia

Según la tabla 19, todos consideran por cada pie de longitud del perno split set, una tonelada de capacidad de soporte.



Según la investigación de la mina Reliquias, se realizaron pruebas de Pull test, a diferentes longitudes de pernos, en las que cumplen la capacidad de soporte, considerándose aceptable, hasta incluso llegando a 1.2 toneladas por pie.

Según la investigación de la mina Qolquijirca, de las 37 pruebas de Pull test, fallan 4, que no superan la capacidad de soporte, llegando a 0.8 ton/pie. y las demás llegan a 1 ton/pie hasta incluso superan la capacidad de soporte hasta llegar a 1.2 ton/pie.

4.3. DETERMINACIÓN DE DISTRIBUCIÓN, PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

4.3.1. Determinación de la distribución

La distribución de los pernos split set, se realiza de acuerdo a la sección de la labor y este depende de la calidad de la roca, la presencia de factores influyentes el tiempo útil de la labor para realizar una distribución adecuada.

➤ Espaciamiento entre pernos (d)

Según, **Giraldo (2018)**, el espaciamiento entre pernos, se ha calculado con la siguiente relación.

$$d = \frac{\text{Capacidad de anclaje del perno}}{h \times \rho}$$

Donde:

d = espaciamiento entre pernos

capacidad de anclaje del perno = tipo de perno, longitud efectiva de anclaje y factor de seguridad.

h = potencia del bloque de roca = 1.50m

ρ = Densidad de la roca = 2.7 TM/m³

➤ Colocación y espaciamiento de los elementos de sostenimiento

Según, **Huamani (2014)**, el espaciamiento de los elementos de sostenimiento lo realiza con la siguiente ecuación. “esto es un cita que cito Huamani.

$$L \setminus E = 1.5 - 2.0$$



Donde:

$$L \setminus E = 1.5 - 2.0$$

1.5 terreno regular

2.0 terreno malo

L = longitud del perno

E = espaciamiento de los pernos

En el anexo 2, se muestra el espaciamiento de los elementos de sostenimiento.

Ejemplo:

Perno de 2.25m (L)

Terreno malo = 2.0

$$2.25 \setminus E = 2.0$$

Espaciamiento de 1.1m (E)

En la U.E.A. Heraldos Negros Cia San Valentín S.A. el tipo de roca predominante es de tipo 3A, con un RMR de entre 40 a 60, un GSI entre MF/R a F/R y Q de Barton 1 a 3, por lo cual la labor de desarrollo se encuentra sostenida con pernos split set y malla electrosoldada, los pernos split set instalados tienen una secuencia de (5 x 4), esto quiere decir en la fila 1 = 5 pernos split set, en la fila 2 = 4 pernos split set, así sucesivamente y en forma de rombo, con un espaciamiento de perno a perno de 1.2m para secciones de 3 x 3m.



➤ **Determinación de la distribución según Clasificación Geomecánica GSI de Hoek y Brown.**

En el Anexo 3, se observa la distribución de los pernos split set, en la secuencia (5 x 4) y un espaciamiento de perno en perno de 1.20 m y una distancia de fila a fila de 0.90 metros.

En la Anexo 4, se observa la vista frontal de la distribución de los pernos split set, cómo va la ubicación y colocación, para la secuencia (5 x 4).

En el Anexo 5, se observa la distribución de los pernos split set, en la secuencia (4 x 3) con un espaciamiento de perno en perno de 1.10 m y una distancia de fila a fila de 1.50 metros.

En la labor de desarrollo como la rampa negativa (-) 290 y la rampa positiva (+) 195 de nivel 4980, donde se realizaron los ensayos de arranque (pruebas de pull test), el sostenimiento en las labores es variable, porque en algunos tramos presenta sostenimiento con pernos split set y otros tramos incluye malla electrosoldada.

Realizamos el zoneamiento, el mapeo geomecánico, y las mediciones de las distancias entre los pernos split set, y también mediciones de las discontinuidades, cuñas y tamaños de bloques de rocas, para evaluar la distribución de los pernos split set en las labores de desarrollo.

El factor de seguridad en labores subterráneas es de, 1.3, 1.5 a 2. realizo. Considerando la capacidad de soporte de los pernos split set, según las pruebas realizadas en promedio son de 5 toneladas y el dimensionamiento de los bloques por la densidad de la roca caliza considerado 2.7 toneladas/m³, dan como resultado, 1.9, 3.1 y 3.9 toneladas, Según la fórmula planteada por **Calderón 2018**, el Factor de seguridad sería.

$$F = \text{Factor de Seguridad} = \frac{C = \text{Fuerza de resistencia}}{D = \text{Fuerza perturbadora}}$$



Considerando $C = 5$ toneladas capacidad de soporte del perno.

Considerando $D =$ peso del bloque o la masa rocosa .

En la tabla 20, se observa el factor de seguridad que oscila entre 1.3 hasta 2.6, en diferentes dimensiones de roca presentes en la masa rocosa de las labores de desarrollo estudiadas, con espesores de roca variable en 0.5m, 0.8m y 1 metro

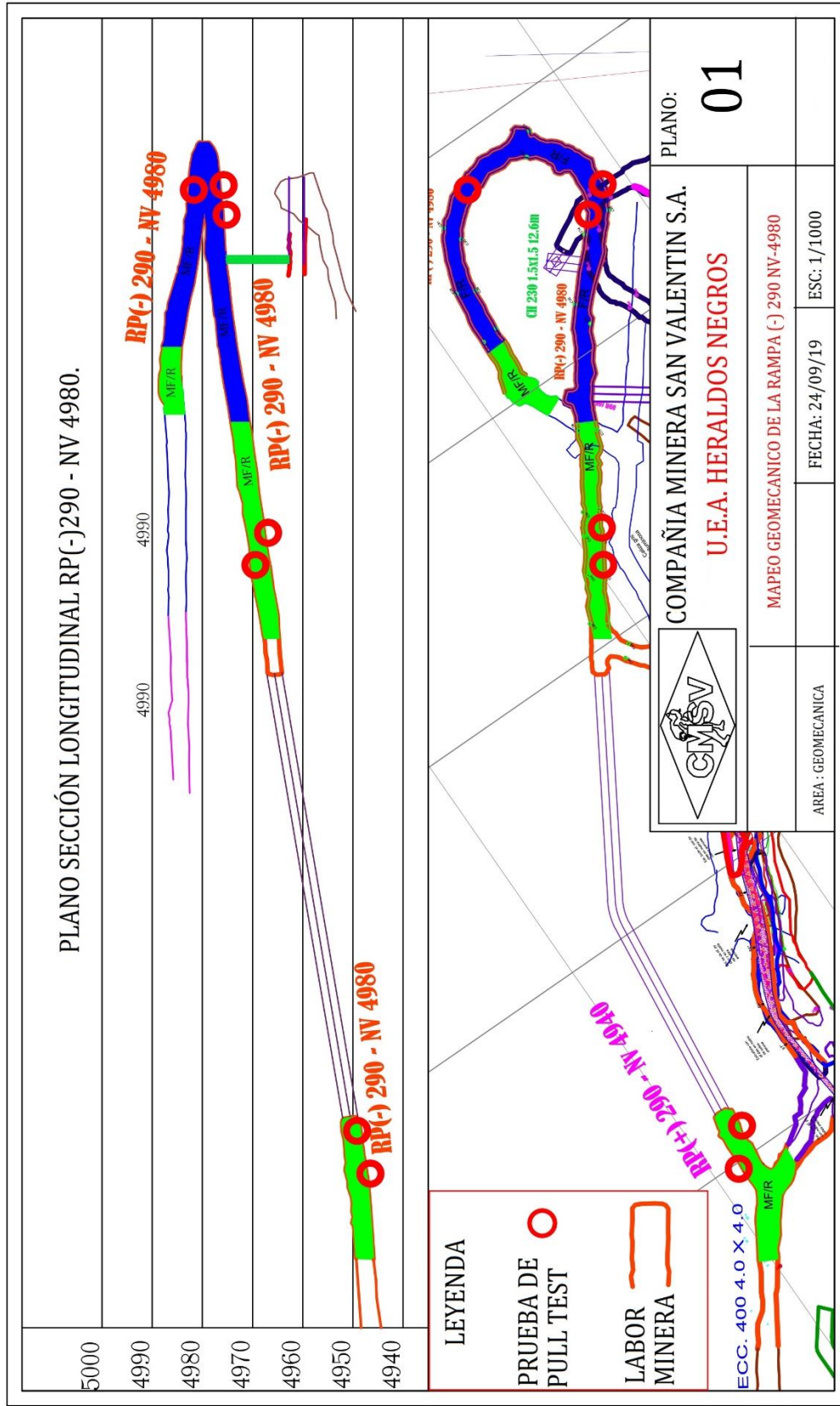
Tabla 19: Factor de seguridad para diferentes espesores de bloques de roca

Espesor del bloque(m)	Ancho del bloque (m)	Alto del bloque(m)	Volumen de la masa rocosa o cuña(m³)	Densidad de la roca(t/m³)	Peso de la masa rocosa(t)	Factor de Seguridad (FS)
1	1.2	1.2	1.44	2.7	3.9	1.3
0.8	1.2	1.2	1.152	2.7	3.1	1.6
0.5	1.2	1.2	0.72	2.7	1.9	2.6

Elaboración propia.

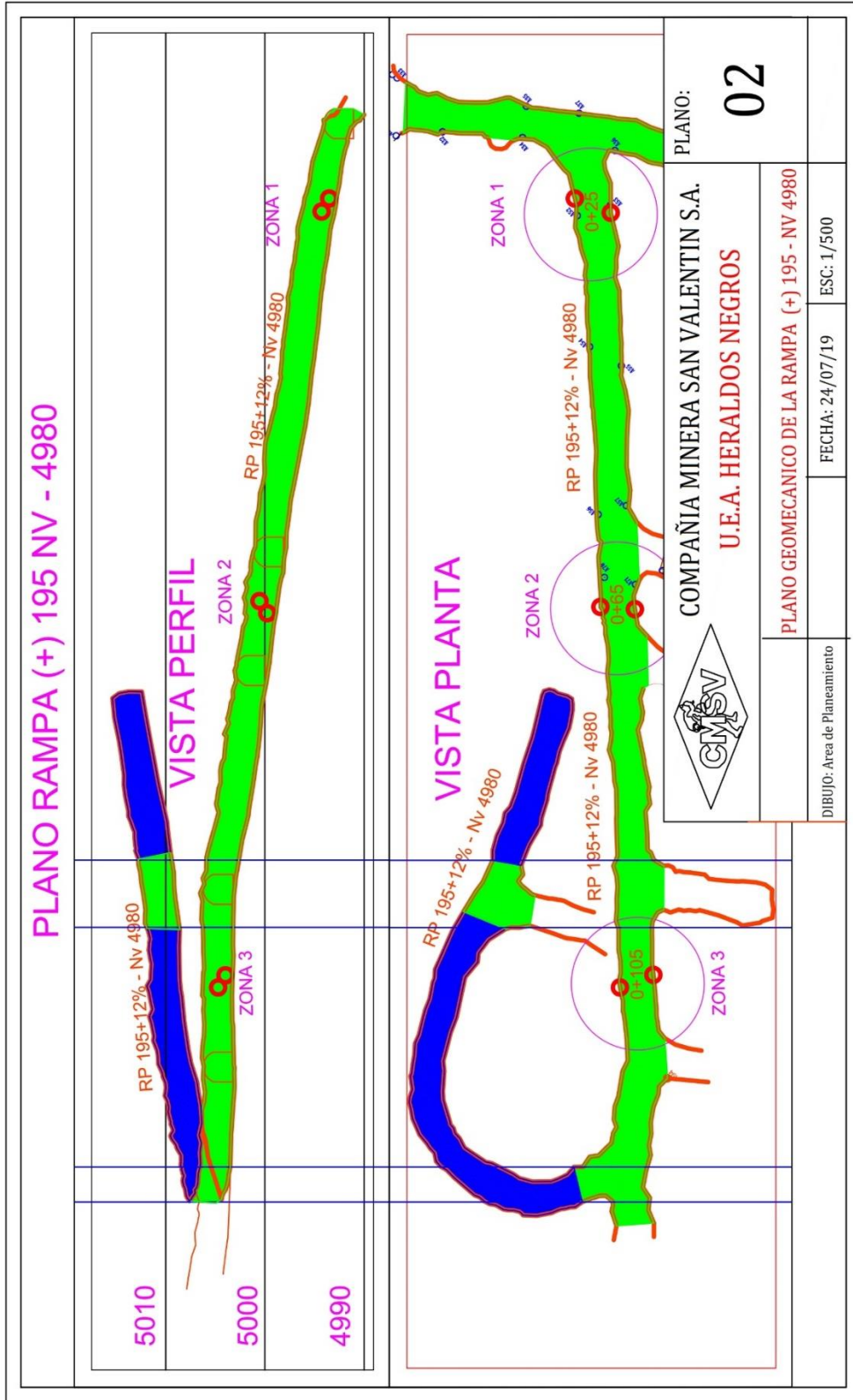
La tabla de Clasificación geomecánica GSI, es un método de clasificación de las propiedades geomecánicas del macizo rocoso, de fácil identificación y evaluación visual de las propiedades geológicas en campo, en los Anexos 7, se muestran las tablas GSI, que fueron usados para la clasificación geomecánica del macizo rocoso, mientras que en los planos 3 y 4, se muestran las labores, donde se identificó el tipo de roca, se determinó tipo de sostenimiento y finalmente se realizó el mapeo geomecánico.

Plano 3: Plano geomecánico de la rampa (-)290, según la tabla GSI



Fuente: Área Geomecánica HN CIAMSV

Plano 4: Plano geomecánico de la rampa (+) 195, según la tabla GSI



Fuente: Área Geomecánica HN CIAMSV

4.3.2. Determinación para la prevención de accidentes por desprendimiento de rocas

En la U.E.A. Heraldos Negro de la Compañía Minera San Valentín S.A, el año 2017, se reportaron, 11 accidentes leves y 16 accidentes incapacitantes, haciendo un total de 27 accidentes y 0 accidentes mortales, donde la mayoría fue por desprendimiento de rocas, como se muestra en la tabla 19.

Tabla 20 : Accidentes por su tipo 2017

Nº	TABLA DE ACCIDENTES	CANTIDAD
1	10.3 DESPRENDIMIENTO DE ROCAS	9
2	10.5 CHOQUE CONTRA O GOLPE POR OBJETO DURANTE EL MANIPULEO DE MATERIALES	5
3	10.22 INCUSTRACIÓN DE OBJETO	3
4	10.1 CAIDA DE PERSONA	2
5	10.11 ATRAPADO O GOLPE DURANTE LA PERFORACION	2
6	10.19 EXPOSICION A O CONTACTO POR INALACION CON GASES TOXICOS/ASFIXIANTE (VENTILACION DEFICIENTE)	2
8	10.13 GOLPES POR HERRAMIENTAS	2
9	10.7 ATRAPADO POR O GOLPE POR MAQUINARIAS EN MOVIMIENTO	1
10	10.21 ESFUERZO EXCESIVO O FALSOS MOVIMIENTOS	1
TOTAL		27

Fuente: (Area de Seguridad HN CIAMSV, 2017)



En el año 2018, se reportaron, 27 accidentes leves, 17 accidentes incapacitantes y 0 accidentes mortales. Haciendo un total de 44 accidentes y la mayoría, por desprendimiento de roca, como se muestra en la tabla 20.

Tabla 21 : Accidentes por su tipo 2018

Nº	TABLA DE ACCIDENTES	CANTIDAD
1	10.1. CAIDA DE PERSONA	4
2	10.22 OTROS (TRANSITO)	1
3	10.22 OTROS (OPERACIÓN DE MAQUINARIAS)	1
4	10.22 OTROS (INCRUSTACION DE OBJETOS)	1
5	10.3. DESPRENDIMIENTO DE ROCAS	19
6	10.5 GOLPE POR OBJETO DURANTE EL MANIPULEO	6
7	10.11. ATRAPADO O GOLPE DURANTE LA PERFORACIÓN	3
8	10.13. GOLPES POR HERRAMIENTAS	3
9	10.2. CAIDA DE OBJETOS (GOLPEADO POR OBJETOS EN MOVIMIENTO)	1
10	10. 18 EXPOSICION O CONTACO CON SUSTANCIAS PELIGROSAS	2
11	10.6. CHOQUES CONTRA O ATRAPADO EN O GOLPES POR VEHÍCULO MOTORIZADO (TRÁNSITO VEHICULAR).	3
TOTAL		44

Fuente: (Area de Seguridad HN CIAMSV, 2018)

En el presente año, se reportan a la fecha de julio 2019, 10 accidentes leves, 5 accidentes incapacitantes y 0 accidentes mortales, como se ve en la tabla 21.

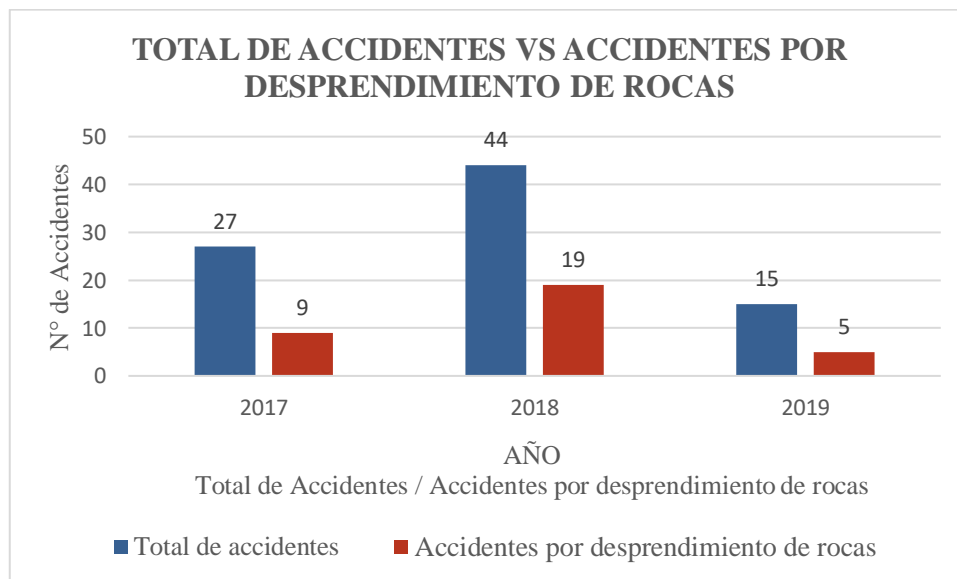
Tabla 22 : Accidentes por su tipo hasta Julio 2019

Nº	TABLA DE ACCIDENTES HASTA JULIO 2019	CANTIDAD
1	10.3 DESPRENDIMIENTO DE ROCAS	5
2	10.5 CHOQUE CONTRA O GOLPE POR OBJETO DURANTE EL MANIPULEO DE MATERIALES	3
5	10.11 ATRAPADO O GOLPE DURANTE LA PERFORACION	2
6	10.19 EXPOSICION A O CONTACTO POR INALACION CON GASES TOXICOS/ASFIXIANTE (VENTILACION DEFICIENTE)	2
8	10.13 GOLPES POR HERRAMIENTAS	2
9	10.7 ATRAPADO POR O GOLPE POR MAQUINARIAS EN MOVIMIENTO	1
TOTAL		15

Fuente: (Area de Seguridad HN CIAMSV, 2019)

En el grafico 16, muestra desde el año 2017, 2018 y hasta julio de 2019, los accidentes totales y los accidentes por desprendimiento de rocas, en cada año se ve una tercera parte del total de accidente, son accidentes por desprendimiento de rocas.

Gráfico 17: Total de accidentes vs Accidentes por desprendimiento de rocas.



Elaboración propia.

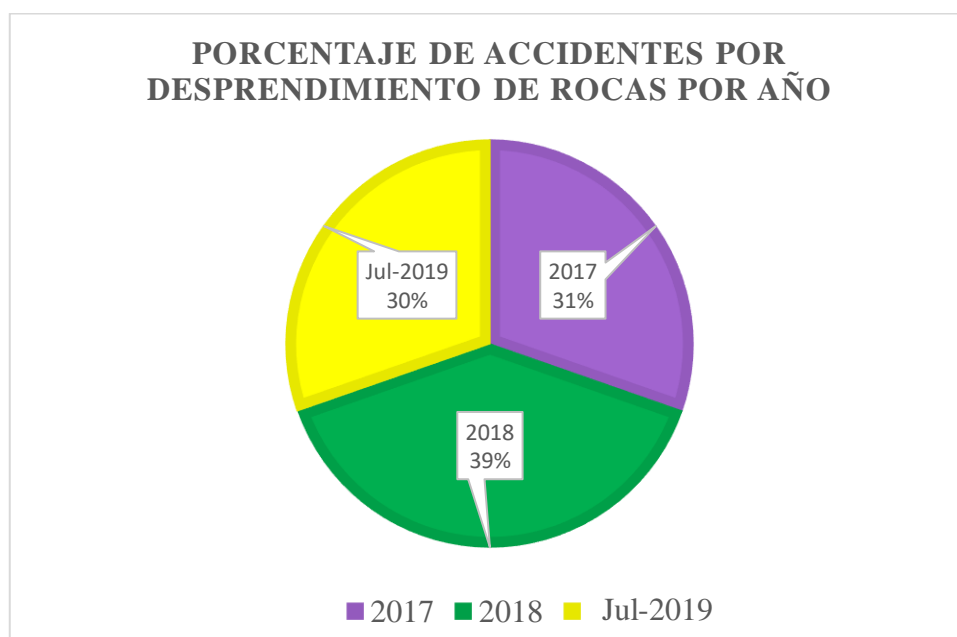
De los accidentes que se reportan en el año 2017 de un total de 27, 9 fueron por desprendimiento de rocas.

En el año 2018, de un total de 44 accidentes, 19 fueron por desprendimiento de rocas.

En el año 2019 hasta el día 15 de julio, de 15 accidentes, 4 fueron por desprendimiento de rocas.

En el gráfico 17, muestra el porcentaje de accidentes por desprendimiento de rocas, del total de accidentes por año, donde en el 2018 ocurrió en mayor porcentaje.

Gráfico 18: porcentaje de accidentes por desprendimiento de rocas por año.



Elaboración propia.

4.3.3. Discusión de resultados de la distribución, para la prevención de accidentes

Según, **Giraldo (2018)**, realizó un estudio en la unidad minera Reliquias, de la CIA minera Castrovirreyna, donde determinó la longitud de pernos en metros, considerando alturas de cuñas o bloques de 1m a 1.8m y considerando la densidad de roca 2.7 TM/m³, dedujo la longitud del perno split set de acuerdo a la altura de la cuña expresada en metros. Donde para cuñas o bloques de 1m le corresponde 7 pies de longitud del perno split set.

Según **Calderon (2018)**, en su estudio de investigación, muestra una losa de espesor t soportada por un perno de roca en un patrón espaciado en una cuadrícula de $S \times S$. Suponiendo que el peso unitario de la roca rota es $\gamma = 2.7$ toneladas / m³, el espesor de la losa $t = 1$ m y el espaciamiento de la malla $S = 1.5$ m, el peso del bloque sostenido por el



perno viene dado por $W = \gamma \cdot t \cdot S_2 = 6.1$ toneladas. La demanda D en el perno de anclaje es igual al peso W del bloque y, si la resistencia o capacidad del perno es $C = 8$ toneladas, el factor de seguridad $F = 8 / 6.1 = 1.3$.

En la presente investigación las cuñas y los bloques oscilan entre 0.5 a 0.8m y hasta 1.2m de espesor, en secciones de 3 x 3 metros, y se usaron pernos split set de 5 pies de longitud, con una capacidad de soporte de 5 toneladas, según pruebas de pull test realizadas en la presente investigación, las cuales muestran un factor de seguridad de seguridad que oscila de 1.3 a 2.6, Ver tabla 20.

La distribución en la presente investigación está en relación a la clasificación geomecánica GSI. Ver plano 3 y 4, y Anexo 1, que presenta un tipo de roca Fracturado/Regular, donde la distribución ha sido de (4x3) es decir que la fila 1 = 4 pernos y la fila 2 = 3 pernos, espaciados a 1.50 metros, esto por los bloques de roca y cuñas que presenta de 0.80m, ver Anexo 5, a Muy Fracturado/Regular, donde la distribución es (5x4), es decir la fila 1 = 5 pernos y la fila 2=4 pernos, espaciados de fila a fila de 0.90 metros . esto por las cuñas y bloques de roca que presenta de 0.5m Ver Anexo 3.

De los accidentes por desprendimiento de rocas, según lo muestra el departamento de seguridad de Cía. Minera San Valentín, en comparación de los años 2017 y 2018, a la fecha julio del 2019, existe una reducción de 1% con respecto al 2017% y una reducción del 9% con respecto al 2018 de accidentes por desprendimiento de rocas en la unidad minera. Ver Gráfico 18.



V. CONCLUSIONES

La U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A –Huancavelica 2019, en la evaluación de la capacidad de soporte individual de los pernos split set instalados un 100% cumple la capacidad de soporte requerido y su distribución es la adecuada, con lo que se disminuyó un 9% los accidentes por desprendimiento de rocas.

- a) Mediante la clasificación geomecánica se determinó la calidad del macizo rocoso donde se encuentra instalado el perno split set, donde el tipo de roca predominante según el índice GSI es, (MF/R) a (F/R) y en el Parámetro RMR, tiene un valor que oscila de 35 a 60
- b) Mediante la prueba de pull test se determinó la capacidad de soporte de los pernos split set instalados en el macizo rocoso, donde los pernos split set de 5 pies, tienen una capacidad de soporte mayor/igual a 5 toneladas
- c) Mediante la evaluación en la distribución de los pernos split set en el sostenimiento en las labores de desarrollo, se logró determinar que la distribución es la adecuada, con lo cual hay una leve disminución en un 9% de accidentes por desprendimiento de rocas.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar las evaluaciones de forma periódica mensualmente de las diferentes labores, donde se encuentran los pernos split set instalados en el macizo rocoso para prevenir de accidentes por desprendimiento de rocas en la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A –Huancavelica 2019.

Se recomienda realizar la clasificación geomecánica del macizo rocoso de forma continua, para tener un mejor registro del tipo de roca que se encuentra en las labores.

Se recomienda realizar Pruebas de pull test, de manera más frecuente, y en todas las labores donde se realiza la instalación de los pernos split set en el sostenimiento.

Se recomienda realizar charlas de capacitación con respecto a la instalación de los pernos split set, identificar el buzamiento de las familias de discontinuidades, orientación de fracturas, y tipos de brocas a usar en la perforación de los taladros de sostenimiento, también realizar, capacitaciones in-situ, de temas de desate de rocas, marcado de la gradiente, marcado de malla de sostenimiento y espaciamiento, entre pernos para realizar una mejor distribución de los pernos split set y con ello distribuir mejor los esfuerzos de presión, compresión y tensión del macizo de acuerdo al tipo de roca, para prevenir los accidentes por desprendimiento de rocas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AcerosArequipa. (2019). Aceros Arequipa: Perno Splitbolt®. Recuperado de <http://www.acerosarequipa.com/sostenimiento-de-rocas/productos/pernos-para-soporte-de-rocas/detalle/article/splitbolt/chash/98dc8683b35c5ca418f4d95870deb0bb.html>
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil, and Petroleum Engineering* (Wiley-Interscience, Ed.).
- Calderón, M. (2018). Caracterización Geomecánica para la determinación del tipo de sostenimiento en la Galería Gavilán de Oro de la UEA Ana María.
- Castañeda, M. C. (2012). *Estudio comparativo entre el perno helicoidal y el perno hydrabolt para sostenimiento y seguridad en la rampa 690s del consorcio minero horizonte*. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Castro Caicedo, Á., & Pérez Pérez, D. (2013). Correlaciones entre las clasificaciones geomecánicas q y rmr en el tunel exploratorio de “la linea”, cordillera central de colombia. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 1-10.
- Energía, S. N. de M. P. Y. (2004). *Manual de Geomecánica Aplicada a la Prevención De Accidentes Por Caída De Rocas En Minería Subterránea*.
- Escalante-Guerra, H. A. (2017). *Mejoramiento del sistema de sostenimiento, con madera, mediante pernos split set y malla electrosoldada en labores de explotación de la Empresa «MACDESA»-Arequipa* (Universidad Nacional del Altiplano). Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6129/Escalante_Guerra_Hernan_Amador.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Espinoza Bustillos, J. C. (2011). *Sostenimiento Mecanizado en Labores Mineras, en La Compañía De Minas Volcan S.a.a – Unidad de Produccion Andaychagua*.
- Fazzio, J. (2019). Incorporated - Industrial Surplus & Equipment. Recuperado de <https://fazziosurplus.com/>
- Gaspar Moscoso, Hilda Elizabeth, Illanes Sacha, e. g. (2015). «*estudio comparativo entre la clasificación geomecánica de índice de resistencia geológica (gsi) y rango del macizo rocoso (rmr) en el sostenimiento de la masa rocosa del nivel 720-*



- sociedad minera corona s.a.*» (universidad nacional de huancavelica). Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/605>
- Hoek, E. & Brown, E. T. (1980). *Underground Excavations in Rock . Institution of Mining and Metallurgy.*
- Hoek, E., Kaiser, P. K., & Bawden, W. F. (1993). Support of Underground Excavations in Hard Rock, 225
- Huamani Tejada, David Angel (2014) , *Optimización del sostenimiento mediante el uso de hydrabolt unidad minera bateas - congemin jh sac*, Recuperado, de Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa website:
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3886>
- Hurtado Diego, J. V. (2018). “*Calidad de instalación y capacidad de soporte de pernos split set mediante la prueba de arranque, en sociedad minera el brocal s.a.a. unidad de producción colquijirca. 2018*”. Universidad nacional daniel alcides carrión.
- Mauro, E., & Paredes, G. (2018). *efectiva de anclaje Anchor capacity of split sets according to their bond length. 21*, 9-16.
- Medina-Aguilar, V. H. (2017). Diseño de cámaras y pilares basado en las características geomecánicas del macizo rocoso en la corporación Minera Ananea S.A. - 2016 (Universidad Nacional del Altiplano).
<https://doi.org/http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6510>
- Miguel Angel Berrocal Mallqui. (2015). Estabilidad de excavaciones subterráneas. En *Libro.*
- Minería, G. en. (2019). Introducción - Geomecánica en Minería. Recuperado 9 de junio de 2019, de <https://mineria-in.weebly.com/introduccioacuten.html>
- Osinermin. (2017). *Guia de criterios Geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas.* (1ra ed.; Osinermin, Ed.). Lima.
- Rincón Silva, B. C. (2016). Caracterización geomecánica del macizo rocoso del área del contrato 01-068-96 "Cooperativa Cooprocabón Sugamuxi" municipio de Gámeza Boyacá. *Alvarado, b.; Sarmiento, R.1944. Informe Geológico sobre los yacimientos de hierro, carbón y caliza de la región de Paz del Río,Departamento*



de Boyacá. Serv. Geol. Nal., Informe 468. Bogotá. Recuperado de
<https://repositorio.uptc.edu.co/jspui/handle/001/1693?mode=full#.Xd9Rbnli-4s.mendeley>

SAC, F. (2019). Split Set – HF FABRICACIONES SAC. Recuperado de
<https://www.hffabricaciones.com/split-set/>

San, C. M., Valentín S.A., & Geomecánica-Geoténica, Á. de. (2019). Estudio
geomecánico plan de minado anual. *unidad económica administrativa heraldos*
negros.



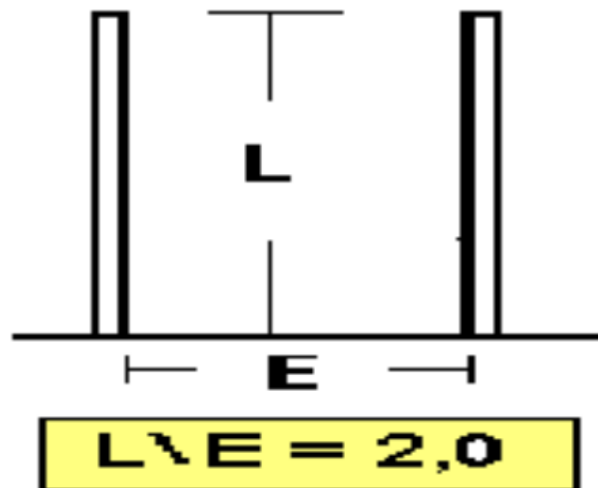
ANEXOS

Anexo 1: tipo de sostenimiento recomendado según la tabla GSI

A	SIN SOPORTE CON DESATADO CONTINUO Y/O PERNO OCASIONAL DE 5 O 7 PIES EN TECHO - (CON O SIN PLANTILLA DE MADERA)
B	PERNO DE 5 Y/O 7 PIES SISTEMATICO CON PLANTILLA DE REFUERZO ESPACIADO 1.20 m x 1.20 m 1.50 m x 1.50 m. (Según sección - Secuencia variable)
C	PERNO SPLIT SET 5 O 7 CON MALLA ELECTROS. Y/O CON PLANTILLA DE REFUERZO ESPACIADO 1.20 m x 1.10 m. ó 1.20 m x 0.90 m. (Según ancho de malla)
D	PERNOS 5' O 7' CON MALLA ELECTROS. Y PLANTILLAS DE REFUERZO ESPACIADOS 1.00 m x 0.90 m. CUADROS DE MADERA 8' a 1.50 m DE EJE A EJE O 1.30 m DE LUZ
E	CUADROS DE MADERA ESPACIADOS DE EJE A EJE A 1.20 m hasta 1.50 m (según estabilidad) EN TAJOS Y/O GALERIAS; diametro 8" ó 10"

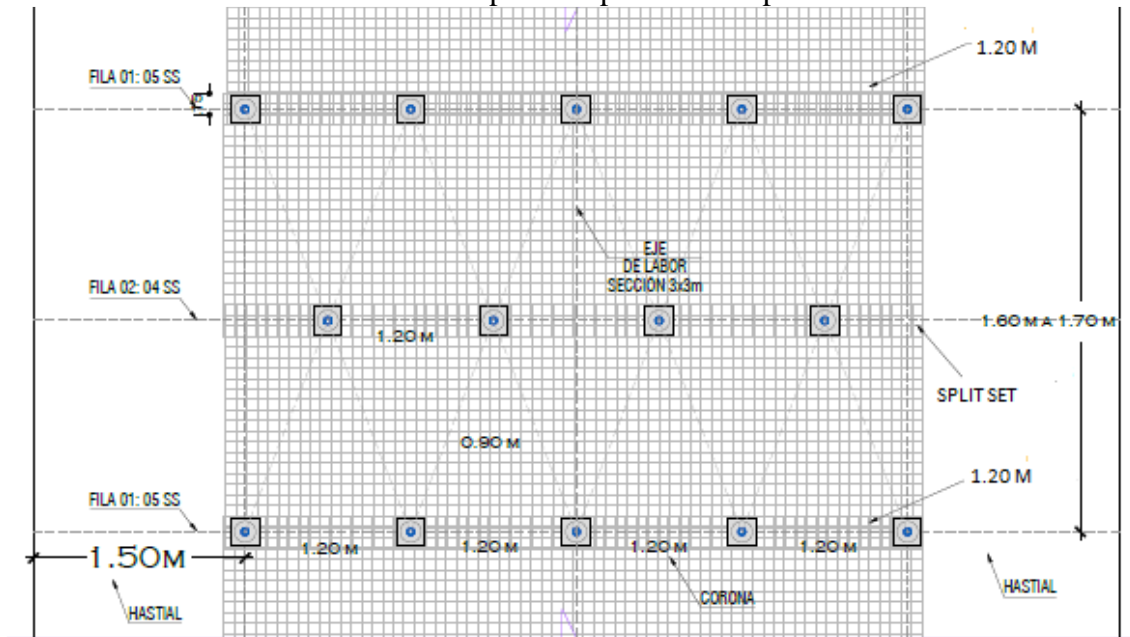
Fuente: Área Geomecánica HN CIAMSV

Anexo 2 : Espaciamiento de los elementos de sostenimiento



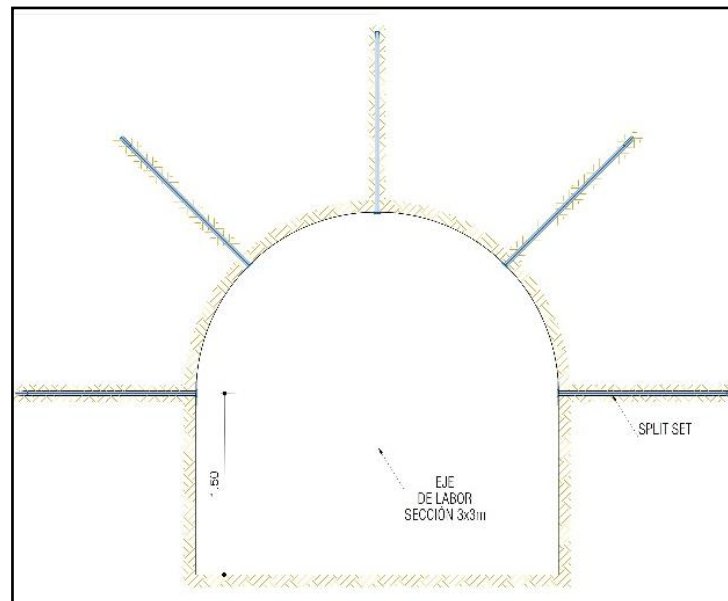
Fuente: (Huamani, 2014)

Anexo 3 : Distribución de los pernos Split set vista planta secuencia 5 x 4



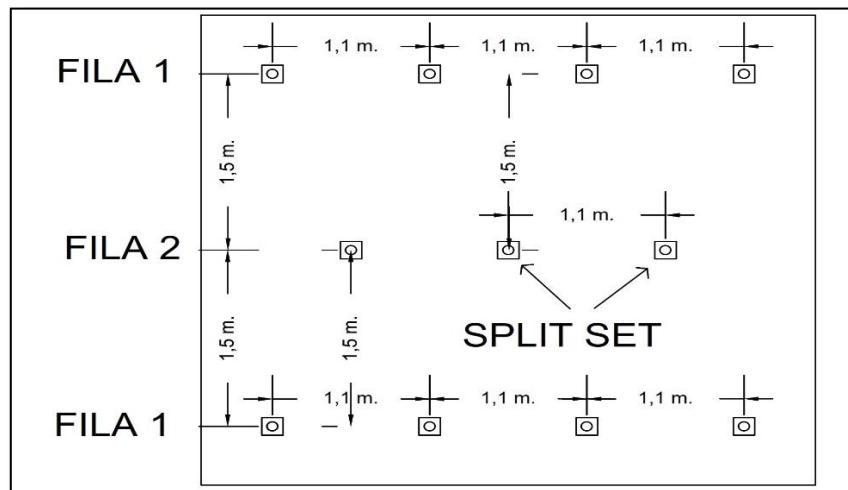
Fuente: Área Geomecánica HN 2018

Anexo 4 : Distribución de los pernos Split set vista frontal secuencia (5x4)



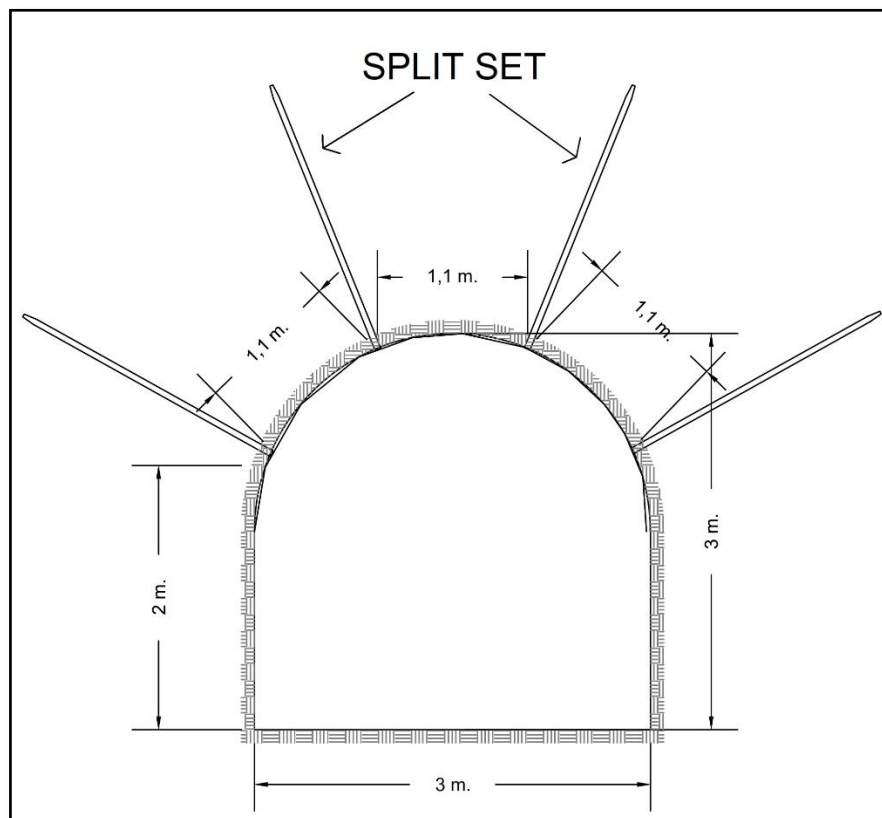
Fuente: Área Geomecánica HN 2018

Anexo 5: Distribución de los pernos Split set vista planta secuencia 4 x 3



Fuente: Área Geomecánica HN 2018

Anexo 6 : Distribución de los pernos Split set vista frontal secuencia (4x3)



Fuente: Área Geomecánica HN 2018

Anexo 7: Tabla geomecanica GSI para labores temporales.

		COMPAÑIA MINERA SAN VALENTIN S.A. U.E.A. HERALDOS NEGROS TABLA GEOMECANICA GSI - RMR - LABORES TEMPORALES SEGUN GSI - RMR				
		(V. 4.0)				
<p>SF SOSTENIMIENTO SIN FACTORES INFLUYENTES EN LA LABOR</p> <p>CF SOSTENIMIENTO CON FACTORES INFLUYENTES EN LA LABOR</p> <p>A SIN SOPORTE CON DESATADO CONTINUO Y/O PERNO OCASIONAL DE 5 O 7 PIES EN TECHO - (CON O SIN PLANTILLA DE MADERA)</p> <p>B PERNO DE 5 Y/O 7 PIES SISTEMATICO CON PLANTILLA DE REFUERZO ESPACIADO 1.20 m x 1.20 m 1.50 m x 1.50 m. (Según sección - Secuencia variable)</p> <p>C PERNO SPLIT SET 5 O 7 CON MALLA ELECTROS. Y/O CON PLANTILLA DE REFUERZO ESPACIADO 1.20 m x 1.10 m. ó 1.20 m x 0.90 m. (Según ancho de malla)</p> <p>D PERNOS 5" O 7" CON MALLA ELECTROS. Y PLANTILLAS DE REFUERZO ESPACIADOS 1.00 m x 0.90 m. CUADROS DE MADERA 8" a 1.50 m DE EJE A EJE O 1.30 m DE LUZ</p> <p>E CUADROS DE MADERA ESPACIADOS DE EJE A EJE A 1.20 m hasta 1.50 m (según estabilidad) EN TAJOS Y/O GALERIAS; diametro 8" ó 10"</p>		CONDICION SUPERFICIAL	BUENA (B) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA Y/O BARRETILLA DE 4 PIES) - De 2 golpes a más	REGULAR (R) (SE ROMPE CON UN GOLPE FIRME DE PICOTA Y/O BARRETILLA DE 4 PIES)	POBRE (P) (SE INDENTA LA PICOTA Y/O BARRETILLA DE 4 PIES, LA ROCA ES FACIL DE RAYAR CON UNA NAVAJA - Y HAY HUNDIMIENTO 1 cm a 2 cm)	MUY POBRE (MP) (SE DISGREGA CON LA FUERZA DEL PUÑO Y ES SUAVE Y MOLDEABLE, HUNDIMIENTO DE PICOTA > 5 cm) (ROCA PANIZADA)
CONDICION ESTRUCTURAL						
<p>FRACTURADO (F) (6 A 10 FRACT. POR METRO CUADRADO) (BLOQUES ORTOGONALES)</p>		A (F/B) (II)	A (F/R) (III)	B (F/P) (IV-B)	-	
<p>MUY FRACTURADO (MF) (11 A 20 FRACT. POR METRO CUADRADO) (BLOQUES PEQUEÑOS ANGULOSOS)</p>		A (MF/B) (III)	B (MF/R) (IV-B)	C (MF/P) (IV-A)	-	
<p>INTENSAMENTE FRACTURADO (IF) (MÁS DE 20 FRACT. POR METRO CUADRADO) (TROZOS PEQUEÑOS ANGULOSOS E IRREGULARES)</p>		-	C (IF/R) (IV-A)	D (IF/P) (IV-B)	E (IF/MP) (IV-B)	
<p>TRITURADA O BRECHADA (T) (FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLES)</p>		-	-	E (T/P) (IV-B)	E (T/MP) (V)	

Fuente: Area Geomecanica HN CIAMSV



Anexo 8: Reporte Geomecanico N°1

	COMPAÑÍA MINERA SAN VALENTIN S.A.	1
	U.E.A. HERALDOS NEGROS REPORTE GEOMECANICO	

REPORTE GEOMECANICO

PROGRESIVA	0 + 45	DENSIDAD DE LA ROCA	2.7	Ton/m3
MINA	Heraldos Negros	PROFUNDIDAD	91	m
NIVEL	4980	LITOLOGIA	Caliza Gris Oscura con venillas de calcita.	
LABOR	RP(-)290			
FECHA	7/06/2019			
REALIZADO POR	J. Matos / J. Cecenarro			

CLASIFICACIÓN GSI

CONDICIONES	RANGO	VALOR
CONDICION ESTRUCTURAL	7 fracturas / m2	F
CONDICION SUPERFICIAL	La roca se rompe con varios golpes de picota.	B
		F / B

CLASIFICACIÓN RMR

PARAMETROS	RANGO	U. MEDIDA	VALOR
Resistencia a la compresion Uniaxial (Rebote Mart. Sc.)		Mpa	12
RQD		%	17
Espaciamiento de discontinuidades		m	10
Persistencia		m	4
Abertura		mm	4
Rugosidad			3
Relleno		mm	1
Alteración			5
Agua Subterranea			10
Orientación			-10
			56

CLASIFICACIÓN Q

PARAMETROS	ABREV.	RANGO	U. MEDIDA	VALOR
RQD	RQD		%	72
Numero de discontinuidades	Jn			12
Numero de rugosidad	Jr			1.5
Numero de alteración	Ja			2
Numero de Agua Subterranea	Jw			1
Factor de reducción de esfuerzos	SRF			5
				0.9

CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA	{	GSI	=	F / B
		RMR	=	56
		Q	=	0.9

Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV

Anexo 9: Reporte de la Prueba de Pull Test – ensayo 01

PRUEBAS DE ARRANQUE DE PERNO DE FRICCION SPLIT SET 5 PIES																			
PERNO DE FRICCION SPLIT BOLT (SPLIT SET DE ACEROS AREQUIPA)																			
FECHA	07/06/2019			Long. Perno	5 pies														
REALIZADO POR:	JAVIER A. MATOS ALEJANDRO Y JOSE J. CECENARRO QUISPE																		
NIVEL	4980																		
LABOR	RP (-) 290			Diametro de broca															
PROGRESIVA	0+45																		
MINA	HERALDOS NEGROS			4 pies	37.7														
TIPO DE ROCA	CALIZA GRIS OSCURA CON VENILLAS DE CALCITA			6 pies	34.9														
GSI	F/B	Q	0.9	RMR	56														
OBSERVACIONES:																			
Se realizaron 1 prueba en la labor																			
Se tomaron tomas fotograficas de los pernos donde se realizaron las pruebas como constancia																			
No encontro problemas la prueba de Pull Test, se realizo con normalidad																			
DATOS TOMADOS EN CAMPO			DIAGRAMA DE LA PRUEBA DE ARRANQUE																
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">CARGA (TN)</th> <th>Elongacion (e) en mm</th> </tr> <tr> <th>ENSAYO 01</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2.2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3.7</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>5.1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>7.2</td> </tr> <tr> <td>TN/PIE</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table>		CARGA (TN)	Elongacion (e) en mm	ENSAYO 01	1		2	2.2	3	3.7	4	5.1	5	7.2	TN/PIE	1.0			
CARGA (TN)	Elongacion (e) en mm																		
	ENSAYO 01																		
1																			
2	2.2																		
3	3.7																		
4	5.1																		
5	7.2																		
TN/PIE	1.0																		
SECCION DONDE SE UBICA EL PERNO SPLIT SET, INSTALADO 			CAPACIDAD DE SOPORTE EN TONELADAS, TRAS LA PRUEBA DE ARRANQUE 																

CONCLUSIONES Se resume que el perno SPLIT SET 5 pies trabaja de forma correcta en la labor.

AREA DE GEOMECANICA
UEA HERALDOS NEGROS
CÍA. MINERA SAN VALENTIN S.A.

Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV



Anexo 10: Reporte geomecánico N°2

	COMPAÑÍA MINERA SAN VALENTIN S.A.	2
	U.E.A. HERALDOS NEGROS REPORTE GEOMECANICO	

REPORTE GEOMECANICO

PROGRESIVA	0 + 75	DENSIDAD DE LA ROCA	2.7	Ton/m3
MINA	Heraldos Negros	PROFUNDIDAD	95	m
NIVEL	4980	LITOLOGIA	Caliza Gris Oscura con venillas de calcita	
LABOR	RP(-)290			
FECHA	5/07/2019			
REALIZADO POR	J. Matos / J. Cecenarro			

CLASIFICACIÓN GSI

CONDICIONES	RANGO	VALOR
CONDICION ESTRUCTURAL	8 fracturas / m2	F
CONDICION SUPERFICIAL	La roca se rompe con varios golpes de picota.	B
		F / B

CLASIFICACIÓN RMR

PARAMETROS	RANGO	U. MEDIDA	VALOR
Resistencia a la compresion Uniaxial (Rebote Mart. Sc.)		Mpa	12
RQD		%	17
Espaciamiento de discontinuidades		m	8
Persistencia		m	4
Abertura		mm	4
Rugosidad			3
Relleno		mm	1
Alteración			5
Agua Subterranea			10
Orientación			-10
			54

CLASIFICACIÓN Q

PARAMETROS	ABREV.	RANGO	U. MEDIDA	VALOR
RQD	RQD		%	70
Numero de discontinuidades	Jn			12
Numero de rugosidad	Jr			1.5
Numero de alteración	Ja			1
Numero de Agua Subterranea	Jw			1
Factor de reducción de esfuerzos	SRF			5
				1.75

CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA	{	GSI	=	F / B
		RMR14	=	54
		Q	=	1.75

Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV

Anexo 11: Reporte de la Prueba de Pull Test – ensayo 02

PRUEBAS DE ARRANQUE DE PERNO DE FRICCION SPLIT SET 5 PIES																									
PERNO DE FRICCION SPLIT BOLT (SPLIT SET DE ACEROS AREQUIPA)																									
FECHA	05/07/2019			Long. Perno	5 pies																				
REALIZADO POR:	JAVIER A. MATOS ALEJANDRO Y JOSE J. CECENARRO QUISPE																								
NIVEL	4980																								
LABOR	RP (-) 290			Diametro de broca																					
PROGRESIVA	0+75																								
MINA	HERALDOS NEGROS			4 pies	37.5																				
TIPO DE ROCA	CALIZA GRIS OSCURA CON VENILLAS DE CALCITA			6 pies	35.6																				
GSI	F/B	Q	1.75	RMR	54																				
OBSERVACIONES:																									
Se realizaron 1 prueba en la labor																									
Se tomaron tomas fotograficas de los pernos donde se realizaron las pruebas como constancia																									
No encontro problemas la prueba de Pull Test, se realizo con normalidad																									
DATOS TOMADOS EN CAMPO			DIAGRAMA DE LA PRUEBA DE ARRANQUE																						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>CARGA (TN)</th> <th>Elongacion (e) en mm</th> </tr> <tr> <th colspan="2">ENSAYO 03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2.4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3.6</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>5.3</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>6.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TN/PIE</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table>				CARGA (TN)	Elongacion (e) en mm	ENSAYO 03		1		2	2.4	3	3.6	4	5.3	5	6.2					TN/PIE	1.0
CARGA (TN)	Elongacion (e) en mm																								
ENSAYO 03																									
1																									
2	2.4																								
3	3.6																								
4	5.3																								
5	6.2																								
TN/PIE	1.0																								
SECCION DONDE SE UBICA EL PERNO SPLIT SET, INSTALADO			CAPACIDAD DE SOPORTE EN TONELADAS, TRAS LA PRUEBA DE ARRANQUE																						

CONCLUSIONES

Se resume que el perno SPLIT SET 5 pies trabaja de forma correcta en la labor.

AREA DE GEOMECANICA
UEA HERALDOS NEGROS
CÍA. MINERA SAN VALENTIN S.A.

Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV

Anexo 12: Reporte de la Prueba de Pull Test – ensayo 03

PRUEBAS DE ARRANQUE DE PERNO DE FRICCION SPLIT SET 5 PIES					
PERNO DE FRICCION SPLIT BOLT (SPLIT SET DE ACEROS AREQUIPA)					
FECHA	05/07/2019			Long. Perno	5 pies
REALIZADO POR:	JAVIER A. MATOS ALEJANDRO Y JOSE J. CECENARRO QUISPE				
NIVEL	4980				
LABOR	RP (-) 290				
PROGRESIVA	0+75			Diametro de broca	
MINA	HERALDOS NEGROS			4 pies	37.5
TIPO DE ROCA	CALIZA GRIS OSCURA CON VENILLAS DE CALCITA			6 pies	35.6
GSI	F/B	Q	1.75	RMR	54
OBSERVACIONES:					
Se realizaron 1 prueba en la labor					
Se tomaron tomas fotograficas de los pernos donde se realizaron las pruebas como constancia					
No encontro problemas la prueba de Pull Test, se realizo con normalidad					
DATOS TOMADOS EN CAMPO			DIAGRAMA DE LA PRUEBA DE ARRANQUE		
CARGA (TN)	Elongacion (e) en mm				
	ENSAYO 04				
1					
2		1.4			
3		2.2			
4		3.5			
5		4.8			
TN/PIE		1.0			
SECCION DONDE SE UBICA EL PERNO SPLIT SET, INSTALADO			CAPACIDAD DE SOPORTE EN TONELADAS, TRAS LA PRUEBA DE ARRANQUE		

CONCLUSIONES

Se resume que el perno SPLIT SET 5 pies trabaja de forma correcta en la labor.

AREA DE GEOMECANICA
UEA HERALDOS NEGROS
CÍA. MINERA SAN VALENTIN S.A.

Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV

Anexo 13: Reporte geomecanico – N° 3

	COMPAÑÍA MINERA SAN VALENTIN S.A. U.E.A. HERALDOS NEGROS	3
	REPORTE GEOMECANICO	

REPORTE GEOMECANICO

PROGRESIVA	0 + 140	DENSIDAD DE LA ROCA	2.7	Ton/m3
MINA	Heraldos Negros	PROFUNDIDAD	105	m
NIVEL	4980	LITOLOGIA	Caliza Gris Oscura con venillas de calcita y alteración de oxido.	
LABOR	RP(-)290			
FECHA	31/07/2019			
REALIZADO POR	J. Matos / J. Cecenarro			

CLASIFICACIÓN GSI

CONDICIONES	RANGO	VALOR
CONDICION ESTRUCTURAL	14 fracturas / m2	MF
CONDICION SUPERFICIAL	La roca se rompe con un golpe firme de picota.	R
		MF / R

CLASIFICACIÓN RMR

PARAMETROS	RANGO	U. MEDIDA	VALOR
Resistencia a la compresion Uniaxial (Rebote Mart. Sc.)		Mpa	12
RQD		%	13
Espaciamiento de discontinuidades		m	8
Persistencia		m	4
Abertura		mm	4
Rugosidad			3
Relleno		mm	2
Alteración			5
Agua Subterranea			0
Orientación			-5
			46

CLASIFICACIÓN Q

PARAMETROS	ABREV.	RANGO	U. MEDIDA	VALOR
RQD	RQD		%	68
Numero de discontinuidades	Jn			12
Numero de rugosidad	Jr			1.5
Numero de alteración	Ja			1
Numero de Agua Subterranea	Jw			0.7
Factor de reducción de esfuerzos	SRF			5
				1.19

CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA	{	GSI	=	MF / R
		RMR	=	46
		Q	=	1.19

Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV

Anexo 14: Reporte de la Prueba de Pull Test – ensayo 04

PRUEBAS DE ARRANQUE DE PERNO DE FRICCION SPLIT SET 5 PIES																				
PERNO DE FRICCION SPLIT BOLT (SPLIT SET DE ACEROS AREQUIPA)																				
FECHA	31/07/2019		Long. Perno																	
REALIZADO POR:	JAVIER A. MATOS ALEJANDRO Y JOSE J. CECENARRO QUISPES																			
NIVEL	4980																			
LABOR	RP (-) 290		5 pies																	
PROGRESIVA	0+140																			
MINA	HERALDOS NEGROS		Diametro de broca																	
			4 pies																	
			37.8																	
TIPO DE ROCA	CALIZA GRIS OSCURA CON VENILLAS DE CALCITA Y ALTERACIÓN DE OXIDO		6 pies																	
			35.7																	
GSI	MFR	Q	1.19																	
			RMR																	
			46																	
OBSERVACIONES:																				
Se realizaron 1 prueba en la labor																				
Se tomaron tomas fotograficas de los pernos donde se realizaron las pruebas como constancia																				
No encontro problemas la prueba de Pull Test, se realizo con normalidad																				
DATOS TOMADOS EN CAMPO		DIAGRAMA DE LA PRUEBA DE ARRANQUE																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">CARGA (TN)</th> <th>Elongacion (e) en mm</th> </tr> <tr> <th>ENSAYO 05</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3.3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5.6</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>7.1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>10.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TN/PIE</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		CARGA (TN)	Elongacion (e) en mm	ENSAYO 05	1		2	3.3	3	5.6	4	7.1	5	10.2			TN/PIE	1		
CARGA (TN)	Elongacion (e) en mm																			
	ENSAYO 05																			
1																				
2	3.3																			
3	5.6																			
4	7.1																			
5	10.2																			
TN/PIE	1																			
SECCION DONDE SE UBICA EL PERNO SPLIT SET, INSTALADO		CAPACIDAD DE SOPORTE EN TONELADAS, TRAS LA PRUEBA DE ARRANQUE																		

CONCLUSIONES Se resume que el perno SPLIT SET 5 pies trabaja de forma correcta en la labor.

AREA DE GEOMECANICA
UEA HERALDOS NEGROS
CÍA. MINERA SAN VALENTIN S.A.

Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV

Anexo 15: Reporte de la Prueba de Pull Test – ensayo 05

PRUEBAS DE ARRANQUE DE PERNO DE FRICCION SPLIT SET 5 PIES																		
PERNO DE FRICCION SPLIT BOLT (SPLIT SET DE ACEROS AREQUIPA)																		
FECHA	31/07/2019		Long. Perno															
REALIZADO POR:	JAVIER A. MATOS ALEJANDRO Y JOSE J. CECENARRO QUISPE																	
NIVEL	4980																	
LABOR	RP (-) 290		5 pies															
PROGRESIVA	0+140																	
MINA	HERALDOS NEGROS		Diametro de broca															
TIPO DE ROCA	CALIZA GRIS OSCURA CON VENILLAS DE CALCITA Y ALTERACIÓN DE OXIDO		4 pies															
			37.8															
GSI	MFR	Q	6 pies															
			35.7															
OBSERVACIONES:		1.19	RMR															
			46															
Se realizaron 1 prueba en la labor																		
Se tomaron tomas fotograficas de los pernos donde se realizaron las pruebas como constancia																		
No encontro problemas la prueba de Pull Test, se realizo con normalidad																		
DATOS TOMADOS EN CAMPO		DIAGRAMA DE LA PRUEBA DE ARRANQUE																
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">CARGA (TN)</th> <th>Elongacion (e) en mm</th> </tr> <tr> <th>ENSAYO 06</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2.3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4.5</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>5.9</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>9.1</td> </tr> <tr> <td>TN/PIE</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		CARGA (TN)	Elongacion (e) en mm	ENSAYO 06	1		2	2.3	3	4.5	4	5.9	5	9.1	TN/PIE	1		
CARGA (TN)	Elongacion (e) en mm																	
	ENSAYO 06																	
1																		
2	2.3																	
3	4.5																	
4	5.9																	
5	9.1																	
TN/PIE	1																	
SECCION DONDE SE UBICA EL PERNO SPLIT SET, INSTALADO		CAPACIDAD DE SOPORTE EN TONELADAS, TRAS LA PRUEBA DE ARRANQUE																

CONCLUSIONES

Se resume que el perno SPLIT SET 5 pies trabaja de forma correcta en la labor.

ÁREA DE GEOMECÁNICA
UEA HERALDOS NEGROS
CÍA. MINERA SAN VALENTIN S.A.

Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV



Anexo 16: Reporte geomecanico – N°4

	COMPAÑÍA MINERA SAN VALENTIN S.A. U.E.A. HERALDOS NEGROS	4
	REPORTE GEOMECANICO	

REPORTE GEOMECANICO

PROGRESIVA	0+50	DENSIDAD DE LA ROCA	2.7	Ton/m3
MINA	Heraldos Negros	PROFUNDIDAD	130	m
NIVEL	4940	LITOLOGIA	Caliza Gris Oscura con venillas de calcita	
LABOR	RP(+)-290			
FECHA	1/08/2019			
REALIZADO POR	J. Matos / J. Cecenarro			

CLASIFICACIÓN GSI

CONDICIONES	RANGO	VALOR
CONDICION ESTRUCTURAL	18 fracturas / m2	MF
CONDICION SUPERFICIAL	La roca se rompe con un golpe firme de picota.	R
		MF / R

CLASIFICACIÓN RMR

PARAMETROS	RANGO	U. MEDIDA	VALOR
Resistencia a la compresion Uniaxial (Rebote Mart. Sc.)		Mpa	12
RQD		%	13
Espaciamiento de discontinuidades		m	8
Persistencia		m	4
Abertura		mm	4
Rugosidad			3
Relleno		mm	2
Alteración			3
Agua Subterranea			10
Orientación			-10
			49

CLASIFICACIÓN Q

PARAMETROS	ABREV.	RANGO	U. MEDIDA	VALOR
RQD	RQD		%	65
Numero de discontinuidades	Jn			15
Numero de rugosidad	Jr			1.5
Numero de alteración	Ja			2
Numero de Agua Subterranea	Jw			0.66
Factor de reducción de esfuerzos	SRF			2.5
				0.858

CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA	{	GSI	=	MF / R
		RMR	=	49
		Q	=	0.858

Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV

Anexo 17: Reporte de la Prueba de Pull Test – ensayo 06

PRUEBAS DE ARRANQUE DE PERNO DE FRICCION SPLIT SET 5 PIES			
PERNO DE FRICCION SPLIT BOLT (SPLIT SET DE ACEROS AREQUIPA)			
FECHA	01/09/2019		Long. Perno
REALIZADO POR:	JAVIER A. MATOS ALEJANDRO Y JOSE J. CECENARRO QUISPE		
NIVEL	4940		5 pies
LABOR	RP (+) 290		
PROGRESIVA	0+50		Diametro de broca
MINA	HERALDOS NEGROS		4 pies
TIPO DE ROCA	CALIZA GRIS OSCURA CON VENILLAS DE CALCITA		6 pies
GSI	MFR	Q	0.85
			RMR
			49
OBSERVACIONES:			
Se realizaron 1 prueba en la labor			
Se tomaron tomas fotograficas de los pernos donde se realizaron las pruebas como constancia			
No encontro problemas la prueba de Pull Test, se realizo con normalidad			
DATOS TOMADOS EN CAMPO		DIAGRAMA DE LA PRUEBA DE ARRANQUE	
CARGA (TN)	Elongacion (e) en mm		
	ENSAYO 07		
1			
2	4.3		
3	6.7		
4	8.4		
5	10.7		
TN/PIE	1		
SECCION DONDE SE UBICA EL PERNO SPLIT SET, INSTALADO		CAPACIDAD DE SOPORTE EN TONELADAS, TRAS LA PRUEBA DE ARRANQUE	

CONCLUSIONES

Se resume que el perno SPLIT SET 5 pies trabaja de forma correcta en la labor.

AREA DE GEOMECANICA
UEA HERALDOS NEGROS
CÍA. MINERA SAN VALENTIN S.A.

Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV

Anexo 18: Reporte de la Prueba de Pull Test – ensayo 07

PRUEBAS DE ARRANQUE DE PERNO DE FRICCION SPLIT SET 5 PIES			
PERNO DE FRICCION SPLIT BOLT (SPLIT SET DE ACEROS AREQUIPA)			
FECHA	01/09/2019		Long. Perno
REALIZADO POR:	JAVIER A. MATOS ALEJANDRO Y JOSE J. CECENARRO QUISPE		
NIVEL	4940		
LABOR	RP (+) 290		
PROGRESIVA	0+50		Diametro de broca
MINA	HERALDOS NEGROS	4 pies	37.4
TIPO DE ROCA	CALIZA GRIS OSCURA CON VENILLAS DE CALCITA		6 pies
GSI	MF/R	Q	0.85
			RMR
			49
OBSERVACIONES:			
Se realizaron 1 prueba en la labor			
Se tomaron tomas fotograficas de los pernos donde se realizaron las pruebas como constancia			
No encontro problemas la prueba de Pull Test, se realizo con normalidad			
DATOS TOMADOS EN CAMPO		DIAGRAMA DE LA PRUEBA DE ARRANQUE	
CARGA (TN)	Elongacion (e) en mm		
	ENSAYO 08		
1			
2	2.1		
3	5.9		
4	7.7		
5	9.2		
TN/PIE	1		
SECCION DONDE SE UBICA EL PERNO SPLIT SET, INSTALADO		CAPACIDAD DE SOPORTE EN TONELADAS, TRAS LA PRUEBA DE ARRANQUE	

CONCLUSIONES

Se resume que el perno SPLIT SET 5 pies trabaja de forma correcta en la labor.

AREA DE GEOMECANICA
UEA HERALDOS NEGROS
CÍA. MINERA SAN VALENTIN S.A.

Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV

Anexo 19: Reporte geomecanico – N°5

	COMPAÑÍA MINERA SAN VALENTIN S.A. U.E.A. HERALDOS NEGROS	5
	REPORTE GEOMECANICO	

REPORTE GEOMECANICO

PROGRESIVA	0 + 25	DENSIDAD DE LA ROCA	2.7 Ton/m3
MINA	Heraldos Negros	PROFUNDIDAD	91 m
NIVEL	4980	LITOLOGIA	Caliza Gris Clara con calcita.
LABOR	RP(+)-195		
FECHA	16/10/2018		
REALIZADO POR	Hugo Medina		

CLASIFICACIÓN GSI

CONDICIONES	RANGO	VALOR
CONDICION ESTRUCTURAL	7 fracturas / m2	F
CONDICION SUPERFICIAL	se rompe con un golpe firme de picota	R
		F / R

CLASIFICACIÓN RMR

PARAMETROS	RANGO	U. MEDIDA	VALOR
Resistencia a la compresion Uniaxial (Rebote Mart. Sc.)		Mpa	12
RQD		%	17
Espaciamiento de discontinuidades		m	10
Persistencia		m	4
Abertura		mm	4
Rugosidad			5
Relleno		mm	2
Alteración			3
Agua Subterranea			10
Orientación			-10
			57

CLASIFICACIÓN Q

PARAMETROS	ABREV.	RANGO	U. MEDIDA	VALOR
RQD	RQD		%	82
Numero de discontinuidades	Jn			6
Numero de rugosidad	Jr			1.5
Numero de alteración	Ja			2
Numero de Agua Subterranea	Jw			0.7
Factor de reducción de esfuerzos	SRF			2.5
				2.87

CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA	{	GSI	=	F / R
		RMR	=	57
		Q	=	2.87

Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV

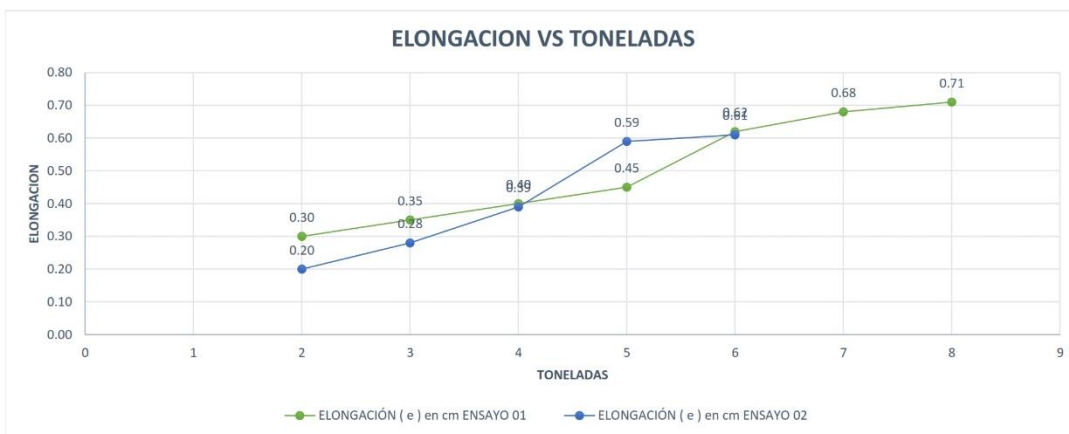
Anexo 20: Reporte geomecanico y prueba de pull test – ensayo 01 y 02

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA		GSI = F/R
		RMR = 51-60

PRUEBAS DE ARRANQUE DE PERNO DE FRICCION SPLITBOLT DE 5 PIES

PERNO DE FRICCION SPLITBOLT 5 PIES		
FECHA	16/10/2018	Long. Perno
REALIZADO POR:	HUGO MEDINA	
NIVEL	4980	5 Pies
LABOR	RP + 195	Diametro de broca
MINA	HERALDOS NEGROS	
TIPO DE ROCA	CALIZA GRIS CLARA CON CALCITA	4 pies
GSI	F/R	6 pies
		37.7 mm
		6 pies
		34.9 mm
		RMR
		51 - 60
OBSERVACIONES:		
Se realizaron 2 pruebas en la labor ya que dicha labor ya cuenta con 190 unidades colocadas		
Se tomaron tomas fotograficas de los pernos donde se realizaron las pruebas como constancia		

CARGA (TN)	ELONGACIÓN (e) en cm	
	ENSAYO 01	ENSAYO 02
2	0.30	0.20
3	0.35	0.28
4	0.40	0.39
5	0.45	0.59
6	0.62	0.61
7	0.68	
8	0.71	
Tn/pie	1.60	1.20



CONCLUSIONES Se resume que el perno SPLITBOLT 5 pies trabaja de forma correcta en la labor pero se requiere mayor control en la colocación del sostenimiento ya que no son los mismos datos de resistencia.

AREA DE GEOMECANICA
UEA HERALDOS NEGROS
CÍA. MINERA HERALDOS NEGROS

Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV

Anexo 21: Reporte geomecanico – N°6

	COMPAÑÍA MINERA SAN VALENTIN S.A. U.E.A. HERALDOS NEGROS	6
	REPORTE GEOMECANICO	

REPORTE GEOMECANICO

PROGRESIVA	0 + 65	DENSIDAD DE LA ROCA	2.7	Ton/m ³
MINA	Heraldos Negros	PROFUNDIDAD	86	m
NIVEL	4980	LITOLOGIA	Caliza Gris Clara con calcita.	
LABOR	RP(+)-195			
FECHA	16/11/2018			
REALIZADO POR	Hugo Medina			

CLASIFICACIÓN GSI

CONDICIONES	RANGO	VALOR
CONDICION ESTRUCTURAL	9 fracturas / m ²	F
CONDICION SUPERFICIAL	La roca se rompe con un golpe firme de picota.	R
		F / R

CLASIFICACIÓN RMR

PARAMETROS	RANGO	U. MEDIDA	VALOR
Resistencia a la compresion Uniaxial (Rebote Mart. Sc.)		Mpa	12
RQD		%	13
Espaciamiento de discontinuidades		m	10
Persistencia		m	4
Abertura		mm	5
Rugosidad			3
Relleno		mm	2
Alteración			5
Agua Subterranea			10
Orientación			-10
			54

CLASIFICACIÓN Q

PARAMETROS	ABREV.	RANGO	U. MEDIDA	VALOR
RQD	RQD		%	71
Numero de discontinuidades	Jn			6
Numero de rugosidad	Jr			1.5
Numero de alteración	Ja			2
Numero de Agua Subterranea	Jw			0.7
Factor de reducción de esfuerzos	SRF			2.5
				2.485

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA	{	GSI	=	F / R
		RMR	=	54
		Q	=	2.485

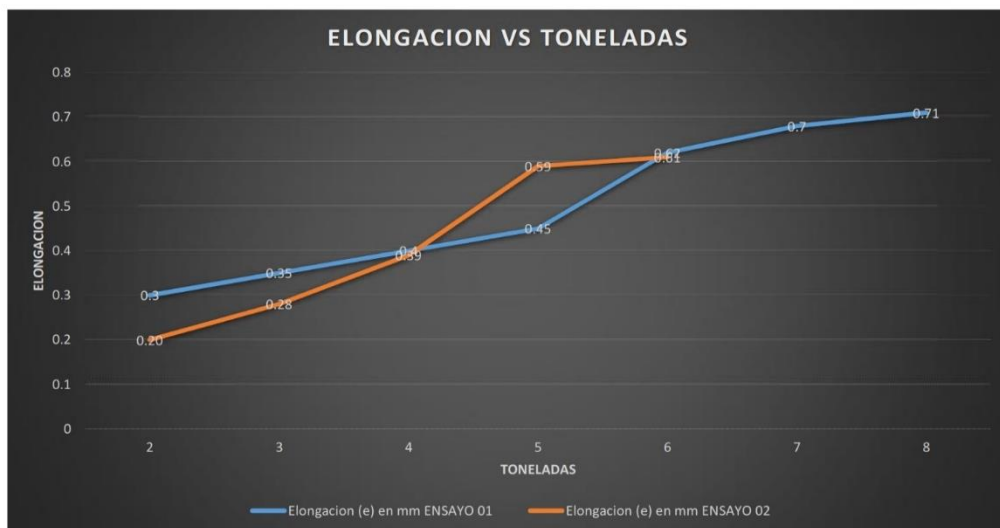
Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV

Anexo 22: Reporte geomecanico y prueba de pull test – ensayo 03 y 04

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA		GSI = F/R
		RMR = 51-60

PRUEBAS DE ARRANQUE DE PERNO DE FRICCION SPLITBOLT 5 PIES			
PERNO DE FRICCION SPLITBOLT			
FECHA	16/11/2018	Long. Perno	5 pies
REALIZADO POR:	HUGO MEDINA AGUILAR		
NIVEL	4980	Diametro de broca	
LABOR	RP +195	4 pies	37.7
MINA	HERALDOS NEGROS	6 pies	34.9
TIPO DE ROCA	CALIZA GRIS CLARA CON CALCITA	RMR	51-60
GSI	F/R		
OBSERVACIONES:			
Se realizaron 2 pruebas en la labor ya que dicha labor ya cuenta con 190 unidades colocadas			
Se tomaron tomas fotograficas de los pernos donde se realizaron las pruebas como constancia			
Se encontro problemas como que el perno donde se uso placas para el alineamiento del equipo de pull test			

CARGA (TN)	Elongacion (e) en mm	
	ENSAYO 01	ENSAYO 02
2	0.3	0.20
3	0.35	0.28
4	0.4	0.39
5	0.45	0.59
6	0.62	0.61
7	0.7	
8	0.71	
TN/PIE	1.6	1.2



CONCLUSIONES

Se resume que el perno SPLITBOLT 5 pies trabaja de forma correcta en la labor, pero se requiere mayor control en la colocacion del sostenimiento ya que no son los mismos datos de resistencia.

AREA DE GEOMECANICA
UEA HERALDOS NEGROS
CÍA. MINERA HERALDOS NEGROS

Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV

Anexo 23: Reporte geomecanico – N°7

	COMPAÑÍA MINERA SAN VALENTIN S.A. U.E.A. HERALDOS NEGROS	7
	REPORTE GEOMECANICO	

REPORTE GEOMECANICO

PROGRESIVA	0 + 105	DENSIDAD DE LA ROCA	2.7 Ton/m3
MINA	Heraldos Negros	PROFUNDIDAD	81 m
NIVEL	4980	LITOLOGIA	Brecha de caliza con venillas de calcita y panizo.
LABOR	RP(+195		
FECHA	7/12/2018		
REALIZADO POR	J. Matos / J. Cecenarro		

CLASIFICACIÓN GSI

CONDICIONES	RANGO	VALOR
CONDICION ESTRUCTURAL	14 fracturas / m2	MF
CONDICION SUPERFICIAL	La roca se rompe con un golpe firme de picota.	R
		MF / R

CLASIFICACIÓN RMR

PARAMETROS	RANGO	U. MEDIDA	VALOR
Resistencia a la compresion Uniaxial (Rebote Mart. Sc.)		Mpa	7
RQD		%	8
Espaciamiento de discontinuidades		m	8
Persistencia		m	4
Abertura		mm	1
Rugosidad			3
Relleno		mm	1
Alteración			3
Agua Subterranea			10
Orientación			-10
			35

CLASIFICACIÓN Q

PARAMETROS	ABREV.	RANGO	U. MEDIDA	VALOR
RQD	RQD		%	48
Numero de discontinuidades	Jn			12
Numero de rugosidad	Jr			2
Numero de alteración	Ja			2
Numero de Agua Subterranea	Jw			0.7
Factor de reducción de esfuerzos	SRF			2.5
				1.12

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA	{	GSI	=	MF / R
		RMR	=	35
		Q	=	1.12

Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV

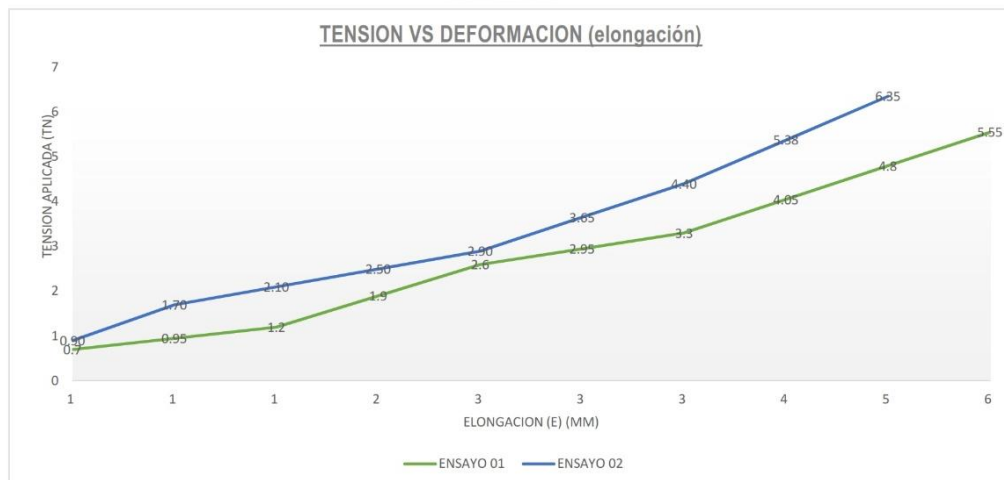
Anexo 24: Reporte geomecanico y prueba de pull test – ensayo 05 y 06

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA		GSI = MF/R - IF/R
		RMR = 35-45

PRUEBAS DE ARRANQUE DE PERNO DE FRICCION SPLIT SET 5 PIES

PERNO DE FRICCION SPLIT SET			
FECHA	7/12/2018	Long. Perno	5 pies
REALIZADO POR:	JAVIER MATOS / JOSE CECENARO/GALLARDO		
NIVEL	4980	Diametro de broca	37.7
LABOR	Rp 195		
MINA	HERALDOS NEGROS	4 pies	34.9
TIPO DE ROCA	BRECHA DE CALIZA CON VENILLAS DE CALCITA Y PANIZO	6 pies	35 - 45
GSI	MF/R - IF/R	RMR	
OBSERVACIONES:			
Se realizaron 2 pruebas en la labor ya que dicha labor ya cuenta con 291 unidades colocadas			
Se tomaron tomas fotograficas de los pernos donde se realizaron las pruebas como constancia			
Se encontro problemas como que el perno donde se uso placas para el alineamiento del equipo de pull test			

CARGA (TN)	Elongacion (e) en mm	
	ENSAYO 01	ENSAYO 02
1	0.7	0.90
1.5	0.95	1.70
2	1.2	2.10
2.5	1.9	2.50
3	2.6	2.90
3.5	2.95	3.65
4	3.3	4.40
4.5	4.05	5.38
5	4.8	6.35
5.5	5.55	
Tn/pie	1.1	1



CONCLUSIONES Los pernos trabajan optimamente pero hay terreno suelto lo que puede haber problemas en la elongacion de la prueba dos ya que a partir de las 3 tn parece haber jale del perno

AREA DE GEOMECANICA
UEA HERALDOS NEGROS
CÍA. MINERA HERALDOS NEGROS

Fuente : Área de Geomecánica HN CIAMSV

Anexo 25: Jose Cecenarro, Realizando la prueba de pull test



Fuente: Propio

Anexo 26: Jose Cecenarro, midiendo la elongación en la prueba de pull test



Fuente: Propio