

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

**Perforación diamantina para la caracterización geotécnica de los
geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte en Colquijirca, 2024**

Para optar el título de profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autores:

Bach. Max Jordan ACUÑA CENZANO

Bach. Alcida Flor DEUDOR ROSALES

Asesor:

Dr. Reynaldo MEJIA CACERES

Cerro de Pasco – Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

**Perforación diamantina para la caracterización geotécnica de los
geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte en Colquijirca, 2024**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Jose Fermin HINOJOSA DE LA SOTA

PRESIDENTE

Mg. Vidal Victor CALSINA COLQUI

MIEMBRO

Mg. Eder Guido ROBLES MORALES

MIEMBRO



**Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación**

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 260-2025-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Perforación diamantina para la caracterización geotécnica de los geomateriales de
Marcapunta Norte y Tajo Norte en Colquijirca, 2024**

Apellidos y nombres del tesista:

Bach. Max Jordan Acuña Cenzano

Bach. Alcida Flor Deudor Rosales

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. Reynaldo Mejía Cáceres

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Geológica

Índice de Similitud

16 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 29 de abril del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 29.04.2025 19:13:39 -05:00

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada primeramente a Dios, por brindarnos salud y fortaleza a lo largo de nuestra carrera, a nuestros padres porque ellos fueron, pilar fundamental en nuestra formación profesional. Por darnos confianza, consejos, oportunidades y recursos para lograrlo. estuvieron con nosotros de inicio a fin en nuestras carreras universitarias, a nuestros hermanos por la motivación de perseverar y culminar nuestras carreras universitarias.

AGRADECIMIENTO

El reconocimiento especial al equipo de geología de la empresa Ram Perú SAC, por brindarnos la oportunidad laboral y de crecer profesionalmente y así poder ampliar nuestros conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en nuestra formación universitaria.

De igual manera damos un fraterno agradecimiento a nuestra querida Universidad Daniel Alcides Carrión por permitirnos ser Geólogos, una carrera que nos apasiona, gracias al docentes de nuestra digna Escuela de Formación Profesional de Geología, por brindarnos sus conocimientos, comprensión y confianza en todo este proceso de formación.

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo primordial caracterizar geotécnicamente los geomateriales de las zonas de Marcapunta Norte y Tajo Norte en Colquijirca mediante la técnica de exploración geológica denominada perforación diamantina. La metodología adoptada pertenece al tipo descriptivo, mediante una combinación de técnicas de observación de campo, técnica de televiewer, ensayos de laboratorio en muestras obtenidas de los testigos de perforación para determinar propiedades, la resistencia a la compresión simple. La población lo constituye las zonas de Marcapunta Norte y Tajo Norte y su muestra lo constituyen dos sondeos geotécnicos de 200 metros de profundidad cada uno, en el sector Marcapunta denominados Geotech_UG_005 y Geotech_UG_001, en el sector Tajo Norte se ejecutó seis (6) sondajes denominados Geotech_PO_001, Geotech_PO_002, Geotech_PO_003, Geotech_PO_006, Geotech_PO_007 y Geotech_PO_008. Los resultados muestran que los taladros muestran mala calidad, regular y el de mejor calidad de roca son Geotech_UG_001 y Geotech_UG_005. Por otra parte, los ensayos triaxiales en roca las calizas presentan una cohesión de 9.68 MPa y fricción de 47.66° , las dacitas presentan una cohesión entre 3.8 MPa a 14.7 MPa con una fricción entre 43.09 y 55.1 , el Conglomerado presenta una cohesión entre 8.59 y 28.95 MPa con una fricción entre 46.29 a 57.64° , los volcanoclásticos presenta una cohesión entre 15 y 18.6 MPa con un ángulo de fricción entre 38.5 y 54.5° , la brecha presenta una cohesión de 22.2 MPa y una fricción de 44.32° . Las conclusiones demuestran que la caracterización permitió mejorar la comprensión del comportamiento de los materiales, lo que a su vez permitirá diseñar obras de ingeniería más seguras y eficientes.

Palabras claves: caracterización geotécnica, geomateriales, perforación diamantina, ensayos de laboratorio, ensayos de campo.

ABSTRACT

The primary objective of this study was to geotechnically characterize the geomaterials of the Marcapunta Norte and Tajo Norte areas in Colquijirca using the geological exploration technique known as diamond drilling. The methodology employed was descriptive in nature, combining field observation techniques, televiewer technology, and laboratory tests on samples obtained from drill cores to determine properties such as uniaxial compressive strength. The population comprised the Marcapunta Norte and Tajo Norte areas, with the sample consisting of two 200-meter-deep geotechnical boreholes in the Marcapunta sector, identified as Geotech_UG_005 and Geotech_UG_001. In the Tajo Norte sector, six (6) boreholes were drilled, identified as Geotech_PO_001, Geotech_PO_002, Geotech_PO_003, Geotech_PO_006, Geotech_PO_007, and Geotech_PO_008. The results indicate that the boreholes show varying rock quality, ranging from poor to regular, with Geotech_UG_001 and Geotech_UG_005 exhibiting the best rock quality. Furthermore, triaxial rock tests revealed that limestone samples have a cohesion of 9.68 MPa and a friction angle of 47.66° , dacite samples exhibit cohesion values ranging from 3.8 MPa to 14.7 MPa with friction angles between 43.09° and 55.1° , conglomerates have cohesion values between 8.59 MPa and 28.95 MPa with friction angles ranging from 46.29° to 57.64° , volcaniclastics exhibit cohesion values between 15 MPa and 18.6 MPa with friction angles between 38.5° and 54.5° , and breccia samples show a cohesion of 22.2 MPa with a friction angle of 44.32° . The conclusions demonstrate that this characterization enhanced the understanding of material behavior, which will, in turn, facilitate the design of safer and more efficient engineering works.

Keywords: geotechnical characterization, geomaterials, diamond drilling, laboratory tests, field tests.

INTRODUCCIÓN

La actividad minera en el Perú es fundamental porque es parte del desarrollo económico y la generación de empleo directo e indirecto, especialmente en su área de influencia. El área de estudio que corresponde al tajo Norte explota mineral de zinc, plomo y plata y se encuentra estructuralmente ubicado dentro de sinclinales y anticlinales asimétricos. La complejidad de los problemas geotécnicos en Marcapunta Norte y Tajo Norte exige una solución integral que incluya una caracterización geotécnica detallada de los geomateriales. Al comprender las propiedades y el comportamiento de estos materiales, se podrán desarrollar estrategias más efectivas para prevenir la inestabilidad de taludes, optimizar el diseño de excavaciones y minimizar los riesgos asociados a las operaciones mineras.

El estudio tiene como objetivo principal caracterizar geotécnicamente los geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte, dos zonas clave de la mina Colquijirca, mediante la técnica de perforación diamantina. Esta caracterización permitirá mejorar la comprensión del comportamiento de los materiales, lo que a su vez permitirá diseñar obras de ingeniería más seguras y eficientes. Se plantea la hipótesis de que la variabilidad litológica y estructural, combinada con la presencia de zonas de alteración, dará lugar a una distribución heterogénea de las propiedades geomecánicas, lo que a su vez controlará el comportamiento mecánico de los taludes. Los resultados obtenidos contribuirán a la generación de conocimiento sobre la geotecnia de los yacimientos minerales en la región, lo que permitirá mejorar las prácticas de ingeniería en futuras explotaciones.

El desarrollo de esta investigación se ha organizado en cuatro etapas. Inicialmente, se plantea el problema a investigar. Posteriormente, se construye un marco teórico que brinda las bases conceptuales para el estudio. A continuación, se describe la metodología utilizada para recolectar y analizar los datos. Por último, se presentan y

discuten los resultados obtenidos, contrastándolos con la hipótesis planteada, y se extraen conclusiones y recomendaciones.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	2
1.2.1.	Delimitación espacial.....	2
1.2.2.	Delimitación temporal	2
1.2.3.	Delimitación teórica.....	2
1.3.	Formulación del problema	3
1.3.1.	Problema general.....	3
1.3.2.	Problemas específicos	3
1.4.	Formulación de objetivos	3
1.4.1.	Objetivo general	3
1.4.2.	Objetivos específicos	3
1.5.	Justificación de la investigación.....	4
1.6.	Limitaciones de la investigación	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	5
2.1.1.	Antecedentes internacionales	5
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	7
2.2.	Bases teóricas – científicas.....	12
2.2.1.	Perforación diamantina.....	12
2.2.2.	Caracterización geotécnica de los geomateriales	13
2.2.3.	Clasificación de suelo (SUCS).....	13
2.2.4.	Rocas Características geomecánicas Rock Mass Rating (RMR) (1989)	15
2.2.5.	Tipos de ensayo en rocas	18
2.3.	Definición de términos básicos	20
2.4.	Formulación de Hipótesis.....	23
2.4.1.	Hipótesis general	23
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	23
2.5.	Identificación de variables	24
2.5.1.	Variable independiente.....	24
2.5.2.	Variable dependiente	24
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	24

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	25
3.2.	Nivel de investigación	25
3.3.	Métodos de investigación.....	26
3.4.	Diseño de investigación.....	26

3.5.	Población y muestra	26
3.5.1.	Población.....	26
3.5.2.	Muestra.....	26
3.6.	Técnicas e instrumento recolección de datos	27
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	28
3.8.	Tratamiento estadístico	28
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica	29

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	30
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	38
4.3.	Prueba de Hipótesis.....	114
4.3.1.	Prueba de hipótesis específicas.....	114
4.3.2.	Prueba de hipótesis general.....	116
4.4.	Discusión de resultados	117

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS:

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Símbolo de grupo SUCS	14
Tabla 2 Clasificación SUCS	15
Tabla 3 Rock Mass Rating (RMR) (1989)	16
Tabla 4 Operacionalización de variables e indicadores.....	24
Tabla 5 Características de diámetros de perforación.....	38
Tabla 6 Coordenadas de las perforaciones geotécnicas subterráneas, RAMPERÚ 2021	39
Tabla 7 Coordenadas de las perforaciones geotécnicas superficiales, RAMPERÚ 2021	42
Tabla 8 Quick log Geotech_UG_001	47
Tabla 9 Quick log Geotech_UG_005	48
Tabla 10 Quick log Geotech_UP_001	49
Tabla 11 Quick log Geotech_OP_002.....	50
Tabla 12 Quick log Geotech_OP_003.....	51
Tabla 13 Quick log Geotech_OP_006.....	52
Tabla 14 Quick log Geotech_OP_007.....	53
Tabla 15 Quick log Geotech_OP_008.....	54
Tabla 16 Clasificación de estructuras según su categoría en el registro de Televisor Acústico de pozos (HTAP) u Televisor Óptico de pozos (HTOP)	57
Tabla 17 Resultados de la clasificación de estructuras Geotetech_UG_005.....	58
Tabla 18 Resultados de la clasificación de estructuras Geotetech_UG_001.....	59
Tabla 19 Resultados de la clasificación de estructuras Geotetech_OP_001	60
Tabla 20 Resultados de la clasificación de estructuras Geotetech_OP_002	61
Tabla 21 Resultados de la clasificación de estructuras Geotetech_OP_003	62

Tabla 22	Resultados de la clasificación de estructuras Geotetech_OP_006	63
Tabla 23	Resultados de la clasificación de estructuras Geotetech_OP_007	64
Tabla 24	Resultados de la clasificación de estructuras Geotetech_OP_008	65
Tabla 25	Características geomecánicas según la perforación Geotech_UG_01	67
Tabla 26	Características geomecánicas según la perforación Geotech_UG_05	72
Tabla 27	Características geomecánicas según la perforación Geotech_OP_01	77
Tabla 28	Características geomecánicas según la perforación Geotech_OP_02	80
Tabla 29	Características geomecánicas según la perforación Geotech_OP_03	83
Tabla 30	Características geomecánicas según la perforación Geotech_OP_06	86
Tabla 31	Características geomecánicas según la perforación Geotech_OP_07	92
Tabla 32	Características geomecánicas según la perforación Geotech_OP_08	96
Tabla 33	Resumen de resultados de los ensayos índice	101
Tabla 34	Resumen de resultados del resultado Triaxial UU	102
Tabla 35	Resumen de resultados del resultado Triaxial UU	103
Tabla 36	Resumen de propiedades físicas	104
Tabla 37	Resumen de propiedades físicas	105
Tabla 38	Resultados de ensayos de resistencia a la tracción indirecta	106
Tabla 39	Resumen de resultados ensayo de corte directo	107
Tabla 40	Resultados ensayos de Comprensión triaxial	108
Tabla 41	Resumen de resultados ensayos de carga puntual axial	109
Tabla 42	Resumen de los ensayos de carga puntual diametral.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Plano de ubicación	32
Figura 2 Columna litoestratigráfico	36
Figura 3 Mapa de geológico regional.....	37
Figura 4 Testigos de perforación en Marcapunta Geotech_UG_005 y Geotech_OP_001	41
Figura 5 Testigos de perforación en Tajo Norte Geotech_UG_001, Geotech_UG_002 y Geotech_UG_003	44
Figura 6 Testigos de perforación en Tajo Norte Geotech_UG_006, Geotech_UG_007 y Geotech_UG_008.....	45
Figura 7 Mapa de ubicación de sondajes geotécnicos.....	46
Figura 8 Secuencia de interpretación de datos	56
Figura 9 Comparación de Is50	113

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La perforación diamantina es una técnica ampliamente utilizada en la industria minera y geotécnica y que entre otras aplicaciones es útil para la obtención de muestras de rocas y suelos a profundidades significativas. Esta técnica ofrece la posibilidad de caracterizar los geomateriales de superficie y subterráneos con precisión en comparación con otros métodos de muestreo. Sin embargo, la escasez de datos detallados sobre las propiedades mecánicas y físicas de los materiales en algunas áreas podría estar limitando la capacidad de realizar diseños de excavaciones seguras y eficientes y como consecuencia esta falta de información geotécnica adecuada puede generar riesgos de inestabilidad de taludes, deslizamientos o fallas geomecánicas, que son importantes en la planificación de la extracción y desarrollo de las operaciones mineras. Por tanto, se plantea la necesidad de investigar y analizar de manera más detallada cómo esta técnica puede contribuir de manera efectiva a la evaluación de las propiedades geotécnicas de los materiales subterráneos.

El problema de investigación surge de la necesidad de comprender mejor cómo la perforación diamantina puede contribuir a la evaluación precisa de las propiedades geotécnicas de los geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte de la mina ubicada en Colquijirca, y también se realizará ensayos de campo y laboratorio para determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo y geomecánica de rocas y con la información adquirida se puede solucionar problemas geotécnicos y también para diseñar el tajo de la mina permitiendo mejorar la estabilidad de taludes y optimizar el diseño de las excavaciones mineras.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La zona de investigación se encuentra ubicado en el distrito de Tinyahuarco, provincia y departamento de Pasco, con altitudes promedio de 4,180 msnm y las primeras estribaciones del norte de las pampas de Junín (Cerro Marcapunta y Mina Colquijirca), están a una altitud promedio de 4,300 msnm.

1.2.2. Delimitación temporal

El desarrollo de la investigación se inició desde mayo del 2023 y finalizó mayo del 2024.

1.2.3. Delimitación teórica

La delimitación de la investigación teóricamente está delimitada por la teoría de la caracterización geotécnica de los geomateriales fundamentada en ensayos de campo y laboratorio, basadas en las muestras tomadas después de realizar una perforación diamantina.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo caracterizar geotécnicamente los geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte mediante perforación diamantina para mejorar la estabilidad de taludes y optimizar el diseño de las excavaciones mineras en Colquijirca, 2024?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo caracterizar geomecánicamente y estructuralmente los testigos de perforación de los geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte en Colquijirca, 2024?
- b. ¿Cuáles son los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras de los geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte en Colquijirca, 2024?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Caracterizar geotécnicamente los geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte mediante perforación diamantina para mejorar la estabilidad de taludes y optimizar el diseño de las excavaciones mineras en Colquijirca.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Caracterizar geomecánicamente y estructuralmente los testigos de perforación de los geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte en Colquijirca.
- b. Analizar los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras de los geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte en Colquijirca.

1.5. Justificación de la investigación

La investigación es de importancia porque realizando la caracterización de los geomateriales de la zona de estudio se obtendrán información valiosa de sus propiedades, empleando técnicas y ensayos, los cuales serán utilizados por la empresa minera para solucionar problemas de diferente índole, entre ellos el geotécnico e hidrogeológico, asimismo se podrán utilizar en el diseño de tajo abierto.

1.6. Limitaciones de la investigación

La investigación tiene limitantes, tales que existen algunas zonas de difícil acceso, lo que restringe la capacidad de realizar perforaciones en áreas clave para la caracterización geotécnica y en cuanto a la profundidad de perforación en zonas muy fracturadas, la recuperación del testigo no ha sido completa. Asimismo, en éstos sondajes no se ejecutó los ensayos de permeabilidad rocosa e instalación de piezómetros de cuerda vibrante, puesto que no era parte del alcance del proyecto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Villaroel et al. (2016), en su trabajo de investigación, "Metodología de caracterización geotécnica a partir de testigos de sondaje diamantina en rocas alteradas y su aplicación en minería a rajo abierto y subterránea". Se presenta una metodología para el levantamiento geotécnico de núcleos de sondajes de diamantina, especialmente para rocas afectadas por meteorización y/o alteraciones geológicas. Este levantamiento consta de dos planillas complementarias, donde la primera corresponde a un levantamiento básico de parámetros geotécnicos, por tramos de perforación, mientras que la segunda corresponde a la definición y levantamiento geotécnico de tramos de iso-calidad. La descripción y análisis de los parámetros geotécnicos básicos de medición en testigos de sondajes de diamantina, como son el RQD, frecuencia de fracturas y espaciamiento se ven entorpecidos por la irregularidad de las muestras obtenidas, las cuales corresponden en algunos casos solamente a roca triturada, o degradada

a suelo, o una alternancia de trozos de rocas separados por tramos de roca totalmente alterada. Debido a lo anterior se ha adoptado la metodología de medir el largo de todos los trozos de testigos limitados por fracturas abiertas de origen geológico, realizando esta medición a través del eje de rotación del testigo. También se ha definido el porcentaje de roca y el de roca molida.

Gómez (2019) realizó la investigación titulada “Comportamiento geotécnico de suelos arcillosos compactados, respuesta a cargas estáticas y dinámicas” en Madrid, España. El objetivo fue compactar las arcillas azules del Guadalquivir sin mezcla de material granular, y en segundo lugar compactar y estabilizar las arcillas azules del Guadalquivir con diferentes proporciones de una arena silícea bien graduada (entre 10% y 20% de arena en la mezcla arcilla-arena). Se llevó a cabo un estudio en profundidad de las curvas de compactación características, de formabilidad, compresibilidad y resistencia frente a cargas estáticas y dinámicas compactadas con la densidad máxima seca y humedad óptima con la energía de Proctor normal. Adicionalmente algunos ensayos se han realizado sobre las muestras compactadas del lado seco y del lado húmedo de la curva de compactación. Los resultados del estudio muestran que con la introducción de material granular no existe un cambio en las propiedades índice de los materiales, pero se halló un aumento significativo de la resistencia a la compresibilidad, rigidez y coeficiente de amortiguamiento mientras que la deformabilidad disminuye según se aumenta el contenido en material granular. Las muestras con sólo el 10% de arena muestran una reducción importante de la deformabilidad en comparación con las arcillas sin mezcla compactadas.

Ávila (2008) realizó una investigación titulada “Diseño y plan de desarrollo de escombreras para el área sur de la mina paso diablo, Municipio

Mara, Estado Zulia” en Venezuela. El objetivo fue proponer un diseño y un plan de desarrollo de escombreras para el área sur de la mina Paso Diablo, con el propósito de maximizar la capacidad de recepción de material estéril y mantener niveles de producción óptimos. Se realizó una investigación descriptiva y de nivel correlacional, en donde se estableció la relación entre las propiedades geomecánicas de los estériles, además de los criterios considerados en el diseño y construcción de las escombreras externas en el área norte para su incorporación en la zona sur de la mina Paso Diablo, la población objeto de estudio corresponde a la mina Paso Diablo, ejecutada por la empresa Carbones del Guasare S.A, mientras, que la muestra está representada por el sector Sur. Los resultados del análisis determinaron que el factor de seguridad correspondiente a un talud es de 2,984, considerando un nivel piezométrico del 30% de la altura del mismo. Este valor indica que el nivel estabilidad es altamente favorable para esa geometría en función de las características intrínsecas de los estériles. Entre la conclusión más importante se determinó que los parámetros de diseño del sistema de escombrera cumplen con los requerimientos de factibilidad operativa y niveles de estabilidad respaldados en factores de seguridad superior a las dos unidades.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Mamani (2022), en su trabajo de investigación “ Evaluación geotécnica según los métodos RMR y Q de Barton en la construcción del túnel trasandino en el distrito de San Bartolomé - Lima “. El objetivo es desarrollar, el túnel trasandino de San Bartolomé se construirá en el distrito del mismo nombre y será construido en el distrito de San Bartolomé entre los puntos H1(74+100) y H2(80+550) con 4.745 Km. de longitud que es parte del proyecto túnel Trasandino del Centro, que conectará la ciudad de Lima con La Oroya mediante la construcción de 3 túneles.

El presente estudio abarca la evaluación geológica y geotécnica del macizo rocoso del túnel de San Bartolomé, las evaluaciones específicas se realizaron a partir de perforaciones diamantinas en el eje de cada túnel, entradas y salidas, los macizos recuperados fueron evaluados mediante los criterios geomecánicos de Bieniawski de 1989 y el método de clasificación de Barton, sistema Q, para posteriormente establecer las características del comportamiento geomecánico del macizo rocoso. Realizado el análisis y clasificación obtenemos un valor de RMR entre 32 a 60, con una resistencia a la compresión uniaxial entre 20 a 30 Mpa. y un valor de Q de Barton en promedio de 1.8 que adquiere la valoración mala. Con los parámetros obtenidos y según los métodos de evaluación propuestos, se recomienda que el sostenimiento del túnel sea con hormigón proyectado reforzado con fibras de 5-9 cm. y bulonado de 2.9 m. en el punto H1 y hormigón proyectado reforzado con fibras de 9-12 cm. y bulonado de 2.9 m. en el punto H2.

Chumpitaz (2007), en su trabajo de investigación " Estudio geotécnico y geognóstico del subsuelo mediante perforación diamantina ". La finalidad de esta tesis es brindar los alcances necesarios a los estudiantes de ingeniería civil sobre la evaluación geotécnica y geognóstica del subsuelo recuperado o no, mediante perforación diamantina, con el propósito de conocer sus propiedades físicas y mecánicas, su composición litológica y perfil estratigráfico, hasta la profundidad perforada.

Mamani (2022), en su trabajo de investigación " Evaluación geológica y geotécnica para la construcción de la represa Pichccaccocha Lucanas - Ayacucho ". Los objetivos de la investigación son de evaluar las condiciones geotécnicas y geológicas, en los cuales se realizaron trabajos de exploración geotécnica tales como mapeo geológico local, prospección geofísica, perforaciones diamantinas,

ensayos in situ de permeabilidad y ensayos de laboratorio. La metodología aplicada es de tipo cuantitativo y descriptivo, las técnicas de estudio fueron empleados en las actividades de campo, laboratorio y gabinete. Se determinó que la geología en el sector del cierre de la presa proyectada está cubierta por materiales cuaternarios aluviales con potencia de 1.5m. seguido de rocas volcánicas andesíticas y geomorfológicamente presenta relieves de pendiente suave a empinados. los valores obtenidos de permeabilidad entre 10^{-5} y 10^{-7} k, en rocas con RQD mayor a 70%, lo cual indica condiciones favorables. El análisis de estabilidad de las condiciones del talud del cuerpo de la presa se obtiene factores de seguridad mayor a 1.5 las cuales son estables. La capacidad portante calculada en rocas es de 17.50 kg/cm² el cual tendrá una profundidad de cimentación de 1.00 a 1.50m, donde se debe cortar y limpiar la cobertura del suelo. Por lo tanto, se considera que el terreno de fundación de la presa es favorable.

Molina (2019), en su trabajo de investigación " Evaluación geomecánica y determinación de ángulos de talud en los proyectos mineros ". El cual tiene como objetivo desarrollar la evaluación geomecánica y estimar los ángulos de los taludes del futuro tajo abierto Jéssica. Para ello, fue necesario realizar trabajos de campo, laboratorio y gabinete. Se ha hecho una caracterización de la masa rocosa, en base al mapeo geotécnico de afloramientos rocosos y de testigos de perforaciones diamantinas. Asimismo, se determinaron en base a ensayos realizados in situ y en laboratorio las propiedades físicas, parámetros de resistencia de la roca intacta, de las discontinuidades y de la masa rocosa. También, se realizaron un número de análisis, evaluando así el grado de estabilidad de los taludes con los ángulos propuestos en el diseño por el área de

planeamiento de Arasi S.A.C. Como resultado los ángulos de taludes de bancos 65° , interrampas y finales globales 44° , tienen un factor de seguridad no drenado estático en promedio 2.53 y pseudoestático 1.9. En conclusión, los ángulos de taludes de bancos, interrampas y finales globales propuestos por Arasi S.A.C. en su diseño del tajo Jessica, estos taludes presentarán condiciones de estabilidad satisfactorias, puesto que los factores de seguridad superan por buen margen a los mínimos requeridos.

Mamani (2021), en su trabajo de investigación "Evaluación geotécnica de voladura para el control de daño de taludes en minería superficial - mina Toquepala" La presente tesis tiene como finalidad de entender el daño que producen las voladuras a los taludes a nivel de banco, por lo cual en el estudio se considera 15 metros de altura. En el capítulo I, se realiza una introducción, donde se menciona los antecedentes, objetivos, etc. del proyecto de tesis desarrollado en la Mina Toquepala En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico de la tesis, describiendo la geología regional de la zona de estudio, la geología estructural y la hidrogeología, la permeabilidad se da por las fracturas con un valor de 10^{-8} a 10^{-13} m/s, es decir se trata de una permeabilidad secundaria. En el marco geotécnico, se desarrolla los suelos en la geotecnia, es decir, origen de suelos, clasificación de suelos de acuerdo al sistema SUCS, caracterización del macizo rocoso, que se considera 3 métodos de clasificación en esta tesis, la clasificación geomecánica del GSI y el RMR de 1989, la información que utiliza los programas geotécnicos es la del GSI. Por lo tanto, se realizó conversiones del RMR al GSI. para la caracterización en macizo rocoso en minería superficial se realiza el mapeo geotécnico y el logueo de sondajes geotécnicos, y se desarrolla su procedimiento de manera general. Se describe los tipos de rotura más comunes

que se presenta en minería a cielo abierto que son: el de tipo planar, cuña y vuelco. Seguidamente, se describe el proceso de las voladuras de proyecto en mina, fracturamiento, la fragmentación, voladura controlada, voladura de precorte para minimizar los daños a los taludes finales de acuerdo a los diseños, se describe también la instrumentación utilizada para el monitoreo de vibraciones, desarrollando conceptualmente el uso de los sismógrafos y finalmente en este capítulo se desarrolla los conceptos de velocidad partícula pico que determina el nivel pico de vibración que daña a los taludes de acuerdo a los estudios anteriores. En el capítulo III, se describe la zona de estudio, la geología local. El tipo de roca que predomina son: rocas volcánicas, como dacita, andesita, riolita y rocas intrusivas como diorita y granodiorita. En el capítulo IV, en la zona de estudio se realiza el mapeo geomecánico, seleccionando 5 celdas y se realiza el análisis estereográfico y cinemático. Se determina que el macizo rocoso es de una calidad de regular a buena, es decir desde 55 a 75 de RMR y los parámetros geotécnicos como el ángulo de fricción se determinó 30 grados, considerando la cohesión el valor de cero, esta información mencionada se introduce al programa Dips 6.0 de Rocscience para evaluar las potenciales roturas que podrían generarse en los taludes. Seguidamente se realiza el análisis de equilibrio límite, se plantea 3 líneas de secciones en planta y se obtiene el perfil geométrico del talud mediante el programa Minesight, que a continuación se exporta al AutoCAD y finalmente se lleva al SLIDE 6.0 de Rocscience para el análisis de estabilidad. Obteniéndose valores superiores de 2.9. Finalmente, se realiza la evaluación geotécnica de voladura, mediante el uso de un cuadro de doble entrada, evaluando el factor de diseño y el factor de la condición de la cara de banco, que en general evalúan numéricamente entre 0 y 1. En el sector Norte y Noreste de estudio del nivel 3280,

se obtiene en la evaluación del factor de diseño valores de 0.45 a 0.94, en consecuencia del valor alto es debido a que se realizó voladura de pre corte y dio buenos resultados cercanos a la unidad, y el factor de condición se obtuvo valores de 0.41 hasta 0.76.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Perforación diamantina

La perforación diamantina (perforación con el uso de diamantes) es uno de los métodos de sondaje más usados por excelencia en la actividad minera, debido a la mayor información que es capaz de brindar a los ingenieros geólogos para el descubrimiento, constatación, estudio y cubicación de los yacimientos minerales; proporcionándoles además valiosa información para el ulterior diseño del sistema de explotación a aplicar.

En ese sentido se ha convertido en uno de los sistemas de sondaje de mayor preferencia en la minería. Esto ha dado lugar al desarrollo actual de toda una industria en continuo crecimiento.

El principio de la perforación diamantina se basa en la erosión o el desgaste de las formaciones geológicas o rocas por fricción, como efecto inmediato de la rotación y presión de empuje a la que es sometida la broca o corona diamantada contra la roca.

Las brocas diamantadas están diseñadas en forma cilíndrica con un área en el interior que no entra en contacto con el diámetro frontal de la corona y es la parte de la roca que ingresa al tubo interior saca testigos especialmente diseñada para capturar este núcleo como muestra o testigo de las formaciones geológicas, propósitos del estudio.

La captura de estos testigos en el mayor porcentaje posible (recuperación),

aunado a la velocidad de su obtención; son los propósitos a la orden del día, la misma que motiva las innovaciones en materia de tecnología tanto en lo referente a las herramientas como las brocas, escariadores, tubos interiores, etc. como a los equipos principales y auxiliares.

2.2.2. Caracterización geotécnica de los geomateriales

Un geomaterial es cualquier material de origen geológico como rocas y suelo. Esta definición debe ampliarse para incluir los materiales artificiales obtenidos mediante la reprocesamiento de los materiales originales de origen geológico. (ejemplo: material constituyente los terraplenes por la construcción de carreteras, etc.).

“La Geotecnia es la aplicación de métodos científicos y principios de la ingeniería a la adquisición, interpretación y uso del conocimiento de los materiales de la corteza terrestre y de la tierra para la solución de problemas de ingeniería civil y prevención de riesgos naturales”.

Entonces el conocimiento de las características físicas y técnicas de los geomateriales, de los procesos de interacción de estos con el agua y las acciones exteriores (por ejemplo, la cargas), es crucial para alcanzar los objetivos de la ingeniería geotécnica: el modelo correcto del sub-suelo y la contribución al diseño adecuado de obras y la prevención de riesgo hidro- geológico y naturales.

2.2.3. Clasificación de suelo (SUCS)

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System (USCS)) es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras.

Cada letra es descrita debajo (con la excepción de Pt). Para clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría del suelo mediante tamizado u otros. También se le denomina clasificación temprana modificada de Casagrande.

Tabla 1 Símbolo de grupo SUCS

Primera y/o segunda letra		Segunda letra	
Letra	Definición	Letra	Definición
G	grava	P	pobrementemente graduado (tamaño de partícula uniforme)
S	arena	W	bien graduado (tamaños de partícula diversos)
M	limo	H	alta plasticidad
C	arcilla	L	baja plasticidad
O	orgánico		

Si el suelo tiene entre un 5-12% de finos, pasantes del tamiz #200 se considera que ambas distribuciones de granos tienen un efecto significativo para las propiedades ingenieriles del material. Estaríamos hablando por ejemplo de gravas bien graduadas, pero con limos. En esos casos se debe usar doble simbología, por ejemplo: GW-GM correspondiente a "grava bien graduada" y "grava con limo o grava limosa"

Si el suelo tiene más del 15% del peso retenido por el tamiz #4 ($R_{\#4} > 15\%$), hay una cantidad significativa de grava, y al sufijo "con grava" se le puede añadir el nombre del grupo, pero el símbolo del grupo no cambia. Por ejemplo, SP-SM con grava se refiere a "Arena pobrementemente graduada con limo y grava"

Cuando un suelo presente simbología doble como en los casos mencionados, la primera letra siempre se repetirá. Por ejemplo: SP-SC, el "S"(arena) se repite.

Tabla 2 Clasificación SUCS

Divisiones mayores			Símbolo del grupo	Nombre del grupo
Suelos granulares gruesos el 50% o más se retuvo en el tamiz N°200 (0.075 mm)	Grava < 50% de la fracción gruesa que pasa el	grava limpia menos del 5% pasa el tamiz N°200	GW	grava bien graduada, grava fina a gruesa
			GP	grava pobremente graduada
	tamiz N.º 4 (4.75 mm)	grava con más de 12% de finos pasantes del tamiz N° 200	GM	grava limosa
			GC	grava arcillosa
	Arena ≥ 50% de fracción gruesa que pasa el tamiz N.º 4	Arena limpia menos del 5% pasa el tamiz N°200	SW	Arena fina a gruesa.
			SP	Arena pobremente graduada
		Arena con más de 12% de finos pasantes del tamiz N° 200	SM	Arena limosa
			SC	Arena arcillosa
	Limos y arcillas límite líquido < 50	inorgánico	ML	limo
			CL	arcilla Limo
Suelos de grano fino más del 50% de la muestra pasa el tamiz No.200 (0.075 mm)	Limos y arcillas límite líquido ≥ 50	orgánico	OL	orgánico, arcilla orgánica
			MH	limo de alta plasticidad, limo elástico
		inorgánico	CH	Arcilla de alta plasticidad
		orgánico	OH	Arcilla orgánica, Limo orgánico

2.2.4. Rocas Características geomecánicas Rock Mass Rating (RMR)

(1989)

Parámetros de clasificación geomecánica RMR (Bieniawsky 1989):

1. Esfuerzo de compresión.
2. R.Q.D
3. Espaciamiento de discontinuidades
4. Condición de las Discontinuidades
5. Condición de aguas subterráneas

Parámetros de clasificación:

Tabla 3 Rock Mass Rating (RMR) (1989)

1	Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple (MPa)		
		Compresión simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1
	Puntuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		> 2 m	0.6-2 m	0.2-0.6 m	0.06-0.2 m	< 0.06 m		
	Puntuación		20	15	10	8	5		

4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
		Puntuación	6	4	2	1	0
		Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm
		Puntuación	6	5	3	1	0
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave
		Puntuación	6	5	3	1	0
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando <5 mm	Relleno blando >5 mm
		Puntuación	6	4	2	2	0
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta
		Puntuación	6	5	3	1	0

b	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min
		Relación: Presión de agua / Tensión principal mayor	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5
		Estado General	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo
	Puntuación		15	10	7	4	0

- Orientación de las discontinuidades en el túnel.

Dirección perpendicular al eje del túnel						Buzamiento 0°-20°. Cualquier dirección
Excavación con buzamiento		Excavación contra buzamiento				
Buz. 45-90	Buz. 20-45	Buz. 45-90	Buz. 20-45	Buz. 45-90	Buz. 20-45	
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	Desfavorable

- Corrección por la orientación de las discontinuidades.

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

- Clasificación.

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala
Puntuación	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20

- Características geotécnicas.

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo promedio de permanencia sin sostenimiento	10 años con 15 m de abertura	6 meses con 8 m de abertura	1 semana con 5 m de abertura	10 horas para 2.5 m de abertura	30 minutos con 1m de abertura
Cohesión	> 4 Kp/cm ²	3-4 Kp/cm ²	2-3 Kp/cm ²	1-2 Kp/cm ²	< 1 Kp/cm ²
Angulo de rozamiento	> 45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	< 15°

- Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Angulo de rozamiento
I	Muy Buena	100-81	> 4 Kg/cm ²	> 45°
II	Buena	80-61	3-4 Kg/cm ²	35°-45°
III	Media	60-41	2-3 Kg/cm ²	25°-35°
IV	Mala	40-21	1-2 Kg/cm ²	15°-25°
V	Muy mala	< 20	< 1Kg/cm ²	< 15°

2.2.5. Tipos de ensayo en rocas

Ensayo de Constantes Elásticas

Ensayo que permite determinar los esfuerzos de resistencia a la rotura de la roca y a su vez la medición de deformaciones verticales y horizontales cuya finalidad es la determinación de constantes elásticas como son el módulo de Young y relación de Poisson. Esto es posible con el uso de transductores de medición como Strain gauges.

Ensayo de Propiedades Físicas

Dentro de las propiedades físicas se incluyen densidad, porosidad, permeabilidad a líquidos y gases, capacidad calorífica, conductividad y expansión térmicas, etc. Entre las propiedades químicas pueden incluirse la resistencia a soluciones ácidas y alcalinas, y a las reacciones inducidas por la presencia de sales

Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple (UCS)

El ensayo de compresión uniaxial es una prueba de laboratorio que se utiliza para obtener la resistencia a la compresión no confinada (UCS-unconfined compressive strength) de una muestra de roca.

Ensayo de resistencia a la tracción indirecta (brasileño)

Es un método alternativo para medir de manera indirecta la resistencia a la tracción del testigo de roca. Para que el ensayo sea válido se requiere que la rotura se genere diametralmente a lo largo del testigo.

Ensayo de corte directo

Este ensayo permite determinar los parámetros de resistencia matemáticos como cohesión y ángulo de fricción de la roca en discontinuidad natural o simulada sometido a cargas normales constantes.

Ensayo de resistencia a la compresión triaxial

Este ensayo permite determinar los parámetros de resistencia matemáticos como cohesión y ángulo de fricción de la roca.

El ensayo consiste en someter al testigo a diferentes presiones de confinamiento y posteriormente aplicar esfuerzos verticales hasta determinar el esfuerzo de rotura y finalmente trazar la envolvente.

Ensayo de carga puntual

Este ensayo permite determinar el índice de resistencia (IS) a la carga puntual ya sea de fragmentos de roca o testigos de perforaciones diamantinas. Además, es una alternativa de medir de manera indirecta el esfuerzo de compresión a la rotura.

Ensayo de carga puntual en campo

La prueba de carga puntual o PLT diametral, por sus siglas en inglés, es una de las pruebas índice más usadas para la determinación de la RCS. Este ensayo permite obtener el índice de carga puntual I_s (50) mediante la aplicación de una carga a una muestra cilíndrica de roca concentrada en dos puntas cónicas metálicas.

2.3. Definición de términos básicos

Testigo diamantina

La perforación diamantina es aquella perforación que se hace utilizando una broca diamantada para perforar la roca obteniendo un testigo de la misma, el cual es extraído, registrado y colocado en cajas porta-testigos para su debida protección y almacenamiento dentro del almacén de testigos (Coreshak).

Logueo geotécnico

El logueo geotécnico permite obtener información geotécnica, características y propiedades del macizo rocoso a partir de testigos de perforación diamantina, los que pueden ser testigos de exploración geológica o taladros orientados (en una fase posterior).

Logueo geológico

El logueo es la actividad en la cual los geólogos describen la muestra e identifican el tipo de roca, la zona de contacto de mineralización, la zona de

alteración, estructuras entre otras características geológicas.

Mapeo geológico - geotécnico

El mapeo Geológico-Geotécnico corresponde al registro de datos o parámetros geológicos-geotécnicos en terreno que permiten caracterizar y clasificar el macizo rocoso y las formaciones de suelo y determinar la viabilidad, el diseño y la ejecución de un determinado proyecto.

Masa rocosa

Material donde se encuentran fallas, fracturas, juntas, diaclasas, plegamientos y cualquier otro tipo de elementos estructurales. Esta masa rocosa es discontinua a menudo heterogénea y anisotrópica.

Roca intacta

Material que se encuentra sin discontinuidades. Ej. Testigo diamantino.

Discontinuidades

Cualquier plano de origen mecánico o sedimentario en un macizo rocoso, con una resistencia a la tracción nula o muy baja.

Diaclasas

Son las estructuras más comunes en las rocas y las de mayor significado estructural. las juntas son roturas de la roca donde no se observa desplazamiento. las juntas pueden estar abiertas rellenas o pegadas.

Fallas

Son fracturas donde se identifican desplazamientos de la roca en ambos lados de dicha fractura pueden tener grandes dimensiones o pueden restringirse a nivel local.

Factor de seguridad

Factor de Seguridad (F) expresa la relación entre las fuerzas resistentes

del terreno y las inestabilizadoras. Valores de F superiores a 1 indican condiciones estables, y valores menores de 1 indican condiciones inestables. Cuando $F = 1$ la ladera o el talud se encuentra en el punto de rotura.

Rampas

Sinónimo de pendiente o declive.

Terraplén

Existen 2 tipos de taludes en función de su material de origen y su pendiente: los terraplenes y los desmontes. Los “terraplenes” tienen como objetivo elevar el nivel de la carretera mediante la acumulación de material no consolidado. Presentan una menor pendiente (alrededor de los 27° o 3:1) que los desmontes.

RMR

La clasificación geomecánica RMR permite obtener un índice de calidad del macizo rocoso a partir de resistencia de la roca intacta, grado de fracturación y diaclasado de las discontinuidades del macizo, presencia de agua y la orientación de las discontinuidades respecto al elemento de estudio: túnel, talud o cimentación

Q Barton

La clasificación Q de Barton es una de las clasificaciones geomecánicas más empleadas en los macizos rocosos, junto con la clasificación RMR de Bieniawski. El índice Q varía entre 0,001 y 1.000, correspondiendo los valores bajos a rocas malas y los altos a las rocas buenas.

GSI

El índice de resistencia geológica GSI o método de clasificación GSI es un sistema de caracterización de las propiedades geomecánicas de los macizos

rocosos, a través de la fácil identificación por evaluación visual de las propiedades geológicas en el campo.

Litologías

Es una descripción de las características físicas de una unidad de roca visible en el afloramiento, en muestras de mano o de núcleo o con microscopía de bajo aumento, tales como color, textura, tamaño de grano o composición.

Geología estructural

Parte de la geología que estudia las configuraciones geométricas de las rocas originadas por procesos de deformación natural, los desplazamientos y mecanismos implicados en el desarrollo de tales informaciones, su evolución, espacio temporal y las causas que dieron lugar a su formación.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La caracterización geotécnica de los geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte mediante perforación diamantina proporciona información detallada para mejorar la estabilidad de taludes y optimizar el diseño de las excavaciones mineras en Colquijirca.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. La caracterización geomecánica y estructural de los testigos de perforación de los geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte proporciona datos indispensables de sus propiedades físicas, mecánicas y geológicas.
- b. Los resultados de ensayos de laboratorio de las muestras de los geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte proporcionan datos indispensables de sus propiedades físicas y mecánicas.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Perforación diamantina.

2.5.2. Variable dependiente

Caracterización geotécnica de los geomateriales.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 4 Operacionalización de variables e indicadores

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Variable independiente: Perforación diamantina	Es un método de sondaje más Usados en la actividad minera, sus aplicaciones se aplican en diferentes investigaciones mineras, geológicas proporcionándoles valiosa información para solucionar problemas relacionados.	Las perforaciones diamantinas, son realizadas con diámetro HQ3, utilizando una broca diamantada para perforar el suelo o roca y a medida que se perfora, se utilizan tubos de núcleo para recolectar muestras.	Profundidad de los testigos de perforación	Profundidad de perforación (m)	Registro de perforaciones
				Diámetro de testigo (mm)	Informe de recuperación de testigos.
Variable dependiente: Caracterización geotécnica de los geomateriales	Es la Cuantificación, cualificación de las propiedades del suelo y roca aplicando ensayos de campo y laboratorio.	Se recolectan muestras representativas de los geomateriales presentes in situ y se realizan una serie de ensayos de campo y laboratorio in situ para evaluar las propiedades geotécnicas de los geomateriales en su estado natural	RMR Ensayos de laboratorio	- Índice de calidad del macizo rocoso - Resistencia al corte - Límites de Atterberg - W% - P.e - Resistencia - Módulo de Young - Cohesión	Registro de RMR Registro de resultados de ensayos

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Según Bernal (2006), precisa que la investigación descriptiva es aquella que posee la capacidad de seleccionar las características fundamentales del objeto de estudio y su descripción detalla de las partes, categorías o clases de dicho objeto.

La presente investigación corresponde al tipo descriptivo, porque busca caracterizar los geomateriales utilizando la técnica de perforación diamantina. La caracterización geotécnica de los geomateriales implica analizar las muestras para comprender sus propiedades físicas y mecánicas, lo que es fundamental para su aplicación en la geotecnia.

3.2. Nivel de investigación

Corresponde al nivel de investigación descriptivo, porque el objetivo es observar, describir y detallar las características de los fenómenos. En este caso, la investigación implica la caracterización geotécnica de los geomateriales, lo que requiere describir las propiedades físicas y mecánicas (resistencia, cohesión,

ángulo de fricción, etc.) de los materiales presentes en Marcapunta Norte y Tajo Norte.

3.3. Métodos de investigación

El método de investigación responde al método analítico porque se distinguen los elementos de un fenómeno y se revisa ordenadamente cada uno de ellos de manera separada.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación corresponde a un diseño descriptivo simple no experimental transversal, porque recoge información actualizado de un fenómeno carente de tratamiento, y en un solo tiempo para luego ser analizado e interpretado. Se considera el siguiente diseño:



Donde:

M: muestra donde se realiza el estudio

O: Información recogida

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población está constituida por las zonas de Marcapunta Norte y Tajo Norte en Colquijirca.

3.5.2. Muestra

Las muestras en total son 8 perforaciones, dos son sondeos geotécnicos de 200 metros de profundidad cada uno en el sector Marcapunta denominados Geotech_UG_005 y Geotech_UG_001, el cual fue un taladro positivo y el otro en negativo, respectivamente. En el sector Tajo Norte se ejecutó seis (6) sondajes denominados Geotech_PO_001, Geotech_PO_002, Geotech_PO_003,

Geotech_PO_006, Geotech_PO_007 y Geotech_PO_008. De la misma manera la toma de muestra a emplear será el método no probabilístico.

3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos

En la presente investigación se utilizó las siguientes técnicas:

Revisión documental

Se fundamenta en la identificación de investigaciones anteriores relacionados a perforación diamantina y características geomecánicas de los geomateriales.

Observación de Campo

Consiste en una observación detallada y directa de las características geotécnicas de superficie y subterránea

Técnica de ensayos de laboratorio

Consiste en un conjunto de pruebas y experimentos que se realizan sobre muestras recolectadas, generalmente en condiciones controladas, con el objetivo de analizar y evaluar sus propiedades físicas, mecánicas, químicas o geotécnicas. En el caso de investigaciones geotécnicas y mineras, los ensayos de laboratorio son esenciales para caracterizar los geomateriales, determinar su comportamiento bajo diferentes condiciones y utilizar esta información en el diseño de proyectos de ingeniería, como excavaciones mineras o taludes.

Técnica sondajes diamantinos

Es un método especializado de perforación que se utiliza para obtener muestras cilíndricas de roca (denominadas testigos) que son extraídas desde las profundidades del subsuelo. Esta técnica se emplea ampliamente en minería, geotecnia, y exploración de recursos naturales, ya que permite una evaluación precisa de las características geológicas y geotécnicas de los materiales en el sitio.

Técnica del Televiwer

Consiste en un registro de mediciones continuas realizadas por sondas dentro del pozo.

La sonda contiene sensores que responden a cambios en las propiedades físicas de la roca perforada. Asimismo, este método es aptas para aplicaciones geotécnicas e hidrogeológicas.

Los instrumentos a utilizar serán:

- Plano geológico regional.
- Tabla geomecánica
- Tablas de clasificación de suelos
- Registro fotográfico de testigos
- Registro de mediciones

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de datos se consideraron lo siguiente:

Análisis de datos crudos: donde se considera la revisión y limpieza de datos, en el cual se realizará una revisión exhaustiva de los datos crudos obtenidos de las muestras de perforación diamantina para eliminar cualquier error o inconsistencia.

Análisis de resultados de ensayos: Se analizaron los resultados de los ensayos para identificar tendencias y patrones en las propiedades geotécnicas de los geomateriales.

3.8. Tratamiento estadístico

Se realizaría un análisis descriptivo de las variables para comprender su distribución y variabilidad. Esto incluye medidas de tendencia central que serán procesadas haciendo uso de programas computarizados como hoja de cálculo

Excel v. 2016 asimismo se elaboraron gráficos estadísticos y software geológico ArcGis para elaborar planos.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

La orientación ética en la investigación está basada en evitar el plagio y la falsificación de datos en todas las etapas de la investigación. Todas las fuentes de información deben ser debidamente citadas y se debe mantener la honestidad en la presentación y análisis de los datos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Las investigaciones geotécnicas se llevaron a cabo mediante las perforaciones diamantinas, caracterización geotécnica, estructural y quick log; pruebas de verticalidad con Devigyro, Televiewer, ensayos de carga puntual, muestreo de suelo, roca para laboratorio de mecánica de rocas y finalmente, elaboración del informe con la presentación de los resultados de laboratorio.

Los trabajos de geología, geotécnica se llevó a cabo tres (3) etapas; se indican a continuación:

Revisión de información

Estos trabajos consisten en la recopilación y recepción de formatos. Además, incluye la revisión de información del cuadrángulo de Cerro de Pasco, editada por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

Trabajos de campo

Los trabajos se iniciaron en dos sectores, uno en el sector Marcapunta y otro en el Tajo Norte. Las investigaciones de campo se iniciaron en el sector

Marcapunta interior mina, donde se ejecutaron los taladros Geotech_UG_005 y Geotech_OP_001 en ese orden. Las perforaciones tuvieron una duración de un mes y tres días iniciándose el 6 de mayo de 2023 finalizando el 9 de junio de 2023. Las perforaciones al Sur del Tajo Norte fueron los taladros Geotech_OP_001, Geotech_OP_002, Geotech_OP_003, Geotech_OP_006, Geotech_OP_007, Geotech_OP_008.

Se realizó ensayos de carga puntual y se recolecto muestra de roca intacta y suelo, para los ensayos de mecánica de rocas de acuerdo a los protocolos de SRK.

Trabajos de gabinete

Comprende el tratamiento de los datos obtenidos en campo, los cuales serán plasmados en figuras y cuadros, así como el desarrollo del informe de campo que incluye todo lo referido a las investigaciones geotécnicas e hidrogeológicas.

Ubicación

El área de la investigación se ubica en el distrito de Tinyahuarco, provincia y departamento de Pasco. Geomorfológicamente, corresponde al límite septentrional de las Pampas de Junín con altitudes promedio de 4,180 msnm y a las primeras estribaciones del norte de las Pampas de Junín (Cerro Marcapunta y Mina Colquijirca), a una altitud promedio de 4,300 msnm.

Figura 1 Plano de ubicación



Para este acápite se está tomando la información del INGEMMET y su publicación del Boletín 144 (A) de la Geología de Cuadrángulo de Cerro de Pasco de la Carta Geológica Nacional a escala 1:50,000. Dentro de esta sucesión de rocas se pueden distinguir Grupos y Formaciones:

Grupo Excelsior: Está compuesto por lutitas pizarrosas negras (en ocasiones micáceas) con intercalaciones de areniscas cuarzosas en estratos menores a 10 cm. La base de la secuencia no aflora y el techo está sobre yacido en discordancia erosionar directamente por el Grupo Mítu (Pérmico superior-Triásico inferior) o el Grupo Pucará (Triásico superior-Jurásico inferior).

Grupo Mítu: Compuesto principalmente por areniscas rojas y conglomerados con clastos subredondeados a angulosos de naturaleza volcánica, sedimentaria y metamórfica; estos están envueltos en una matriz de arenisca roja.

Grupo Pucará: unidades estratigráficas más importantes en el centro del Perú, ya sea como metalotecto litológico para el emplazamiento de mineralización polimetálica en yacimientos metasomáticos de contacto o del tipo Mississippi Valley, como roca generadora de petróleo o como canteras de sustancias no metálicas.

Geología estructural regional

Las fallas regionales controlan la evolución geodinámica de las cuencas sedimentarias, emplazamiento del magmatismo y mineralización. Para el caso del informe solo se describirá las que tienen influencia en el Distrito de Colquijirca y que se menciona a continuación:

Falla Cerro de Pasco: Estuvo activa desde el Pérmico superior. Cubierta por depósitos cuaternarios donde tiene una dirección N 120° hasta llegar a Ninacaca, el cual se une con la falla Ticlacayán. También, se observa en el Tajo Raúl (Mina Cerro de Pasco), con dirección promedio de N – S.

Falla Atacocha – Milpo – Ninacaca: Estuvo activa desde el Triásico. Se trata de un sistema de fallas de dirección N – S a N 165°. En el Carmen Chico, Paraíso y Laguna Papana presenta dirección N 140°. Finalmente, solo la falla ha sido reconocida mediante cartografía de campo que se proyecta hacia el sur llegando a proyectar a Ninacaca que une a las fallas Cerro de Pasco y Ticlacayán.

Geología local

Grupo Excelsior: Esta unidad en su mejor exposición, se muestran restringidas al corazón del anticlinal de Cerro de Pasco y su espesor es superior a los 300 m, pero localmente afloran en la quebrada de Mishiguajanan y Colquijirca (Condorcayan).

Grupo Mitu: Conglomerados subredondeados a subangulosas. Sus componentes son de cuarcitas y cuarzo lechoso, en menor proporción filitas el cual se comporta como matriz, además, de un material arenosa hasta limosa. Esta, se presenta al NO de Colquijirca en la quebrada de Mishiguajanan, suprayaciendo en fuerte discordancia angular al Grupo Excelsior. El espesor de esta unidad es de aproximadamente 400 m. (Ángeles, 1993).

Grupo Pucará: Se distingue dos facies. Una en la parte Occidental y oriental, separadas por una Falla Longitudinal (Boit, 1949; Jenks, 1951).

Conglomerado Shuco: Corta a las areniscas y conglomerados del Grupo Mitu. Consiste en clastos calcáreos heterométricos de forma angulada a subredondeados. Presenta una matriz detrítica de coloración pardo rojiza y cemento calcáreo en menor proporción. Su espesor sobrepasa los 100 m y se le atribuye un origen aluvial a esta unidad (Jenks, 1951; Ángeles, 1993).

Calera Inferior: Consiste en niveles conglomerádicos calcáreos de coloración negra a blanquecina y de color rojizo que pertenece a la arenisca. También, tobáceos de color verde claro y arcillosos y limolitas de color rojo ocre. Este miembro puede alcanzar 5 m de espesor.

Calera Medio: Tiene un espesor de 60 m cuya litología alcanza los 60 m de espesor. Litológicamente, son calizas mudstone de color pardo en la parte inferior. En la parte central conformada presenta calizas bioclásticas de color beige a pardo. Hacia el techo presenta calizas margosas y margas de color gris verdosas.

Calera Superior: Supera 150 metros de espesor y composición litológica está conformada de la siguiente manera. En la parte inferior calizas y dolomías con fina estratificación e intercalación de milimétricos niveles arcílicos negros bituminosos, que constituyen las denominadas dolomías varvadas, el cual contribuyen el límite superior de la mineralización Del Tajo Norte.

Complejo volcánico de Marcapunta: Su emplazamiento es controlado por la Falla Longitudinal. Es en realidad una diatrema compuesta por brechas piroclásticas, freatomagmáticas y un conjunto de domos coalescentes o “nidados” de composición dacítica en forma de “hongos” o lacolitos que intruyen un

paleorelieve. Este complejo conformado por litologías encontradas durante la perforación el cual se indica a continuación:

- Depósitos piroclásticos;
- Domos de dacitas superiores;
- Criptodomos y sills de dacita;
- Brechas;
- Tufisitas / pebbles diques y,
- Brechas hidrotermales.

Geología estructural local

La falla longitudinal es la estructura más importante que controló la sedimentación del Grupo Pucará, el complejo volcánico de Cerro de Pasco y Marca Punta. Otra gran estructura paralela más al oeste es la Falla Río San Juan-Venenococha. A lo largo del tiempo, se produjo la operación multifásica de las fallas longitudinales, así en el desgarro lateral del Triásico, como el empuje de las grandes etapas de deformación que afectaron a la región en el Oligoceno-Mioceno y en las etapas posteriores del empuje lateral (Ángeles, 1996).

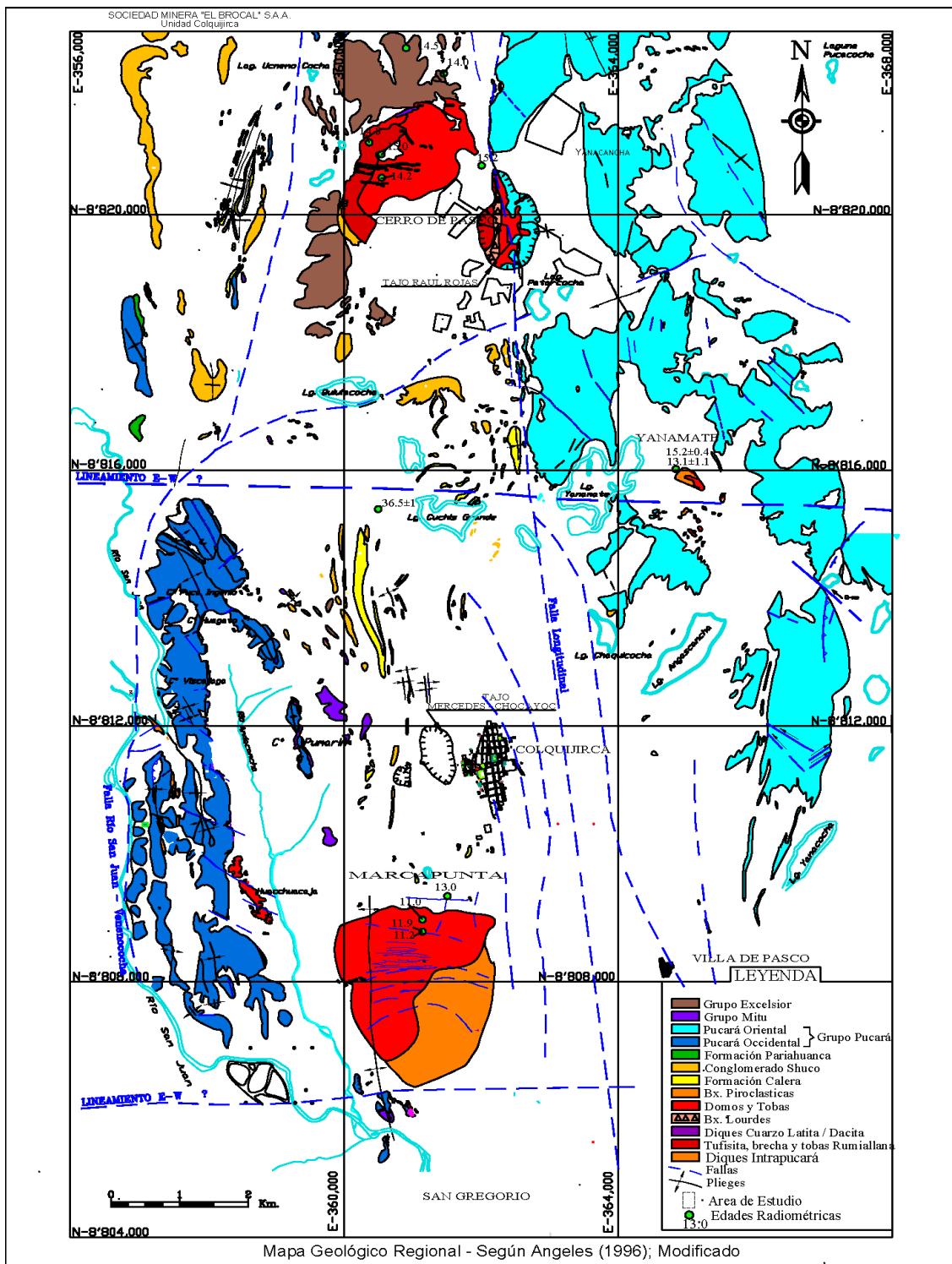
También se han mapeado en el área varias fallas y dependencias de dirección NW –SE, E-W y NE – SW, que en conjunto son importantes para la mineralización de Colquijirca y Cerro de Pasco (Ángeles, 1996).

Figura 2 Columna litoestratigráfica

COLUMNA LITOSTRATIGRAFICA GENERALIZADA DEL DISTRITO MINERO DE COLQUIJIRCA									
ERA	PERIODO	SERIE	GRUPO		LITOLOGIA GRAFICA	DESCRIPCION			
CENOZOICO	CUATERNARIO		MATERIAL FLUVIO GLACIAR			Material fluvio-glacial, aluvial.			
			MEDIO A SUPERIOR	CENTRO VOLCANICO	VOLCANICO MARCAPUNTA		Domos y lavas dacíticas a cuarsolíticas.		
					TUFO UNISH		Brechas piroclásticas, tobas y lavas		
			INFERIOR	FORMACION CALERA	MIEMBRO SUPERIOR		Dolomías margosas, dolomías interc. arcilitas, limolitas, areniscas, chert y mantos de óxidos.		
					MIEMBRO MEDIO		Al tope arcilitas, margas y calizas margosas con abundante chert. A la base calizas con rizomorfos y arcilitas verdes.		
					MIEMBRO INFERIOR		Intercalaciones arcilitas y calizas margosas, nódulos micríticos, ostracodas, bioclastos y rizomorfos. En la base calizas mudstone margosa, sedimentos volcanoclasticos y piroclásticos (tobas riclíticas).		
				FORMACION POCOBAMBA	CONGLOMERADO SHUCO		Brecha sedimentaria de clastos calcáreos sub redondeados a sub angulosos del chambara. Escasez niveles de areniscas, areniscas limosas.		
					MIEMBRO CACUAN			Arcilitas limosas, limolita roja, areniscas y brechas conglomeráticas clastos subangulares a subredondeados, cemento calcáreo.	
			MESOZOICO	CRETACEO	GRUPO PUCARA	PUCARA OCCIDENTAL	FM. CHAMBARA		Pucara Occidental.- Dolomías beige, brechas intraformacionales y dolomías secundarias.
				TRIASICO					Formación Chambara.- Calizas mudstone nodulares, intercalaciones de calcarenitas bioclasticas.
TRIASICO		Formación Chambara.- Calizas mudstone nodulares, intercalaciones de calcarenitas bioclasticas.							
PALEOZOICO	PERMIANO SUPERIOR	GRUPO MITU	ARENISCA MITU			Areniscas rojas con lentes de conglomerados.			
			CONGLOMERADO MITU			Conglomerados y brechas de color gris oscuro.			
	DEVONICO	GRUPO EXCELSIOR			Pímaras, filitas y cuarzosas.				
SOCIEDAD MINERA "EL BROCAL" S. A.A. Mina Colquijirca				DPTO. DE GEOLOGIA	GEOLOGIA : CARLOS ANGELES ACTUALIZACION : Marco Panes	FECHA : Enero 2005 FECHA : Agosto 2021			

Fuente: Tomada de INGEMMET

Figura 3 Mapa de geológico regional



Fuente: Tomado de Ángeles (1996)

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Caracterización geomecánica y estructural de los testigos de perforación de los geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte en Colquijirca

Programa de perforación

Este programa de perforación tiene la finalidad de recolectar información geotécnica y estructural para la caracterización del diseño del tajo.

Tabla 5 Características de diámetros de perforación

	Diámetro	Diámetro	Características
Línea	Sondeo (mm)	Testigos (mm)	Casing (mm)
HQ3	95.6	63.5	HW
NQ3	75.3	47.6	122

Sector Marcapunta Norte

Se programó dos sondeos geotécnicos de 200 metros de profundidad en el sector Marcapunta denominados Geotech_UG_005 y Geotech_UG_001, el cual fue un taladro positivo y el otro en negativo, respectivamente.

Estas perforaciones fueron diamantinas, con diámetro HQ3 orientados con un equipo de la firma DEVICOR. Estos taladros permitieron complementar información obtenida de estudios anteriores.

Tabla 6 *Coordenadas de las perforaciones geotécnicas subterráneas, RAMPERÚ 2021*

Ubicación	Máquina	Sondaje	Coordenadas propuestas, WGS 84					Coordenadas finales, WGS 84					Azimut final	Dip final
			Profundidad propuesta (m)	Profundidad final (m)	Este	Norte	Elevación (m.s.n.m.)	Azimut propuesto	Dip propuesto	Este	Norte	Elevación (m.s.n.m.)		
Subterránea	MUKY H400	GEOTECH_UG_005	200.00	200.30	361132.8	8808493.4	4126.9	210	50	361359.2766	8808856.142	4179.5606	210	50
	MUKY H400	GEOTECH_UG_001	200.00	200.15	361507.8	880839.3	3887	45	-80	361732.1375	8808675.977	3935.5726	45	-75
	TOTAL (m)		400.00	400.45										

De acuerdo a la Tabla 3-2, se muestra los datos preliminares y finales. Estas se hicieron el levantamiento topográfico realizado por SMEB, bajo la responsabilidad del área de geotecnia de SMEB.

Requerimiento y recursos

En las investigaciones geotécnicas en interior mina se hizo uso de la siguiente manera:

- Una máquina MUKY H400;
- Perforación 24 horas al día / 7 días a la semana;
- Avance promedio de 15 metros por día.

La supervisión de estos trabajos estuvo a cargo de la supervisión para los ambos turnos y garantizar los trabajos de investigaciones con fines geotécnicos.

Método de trabajo

- Perforación diamantina con triple tubo HQ3 sin aditivos;
- Logueo estructural al pie de máquina;
- Orientación de testigos de perforación con sistema DEVICOR por cada corrida;
- Logue geotécnico y Quick log en el Core Shack de RAMPERÚ ubicada en Esmelter;
- La descripción, ensayos y muestreo de mecánica de rocas siguiendo la metodología de SRK Consulting Perú.

Figura 4 Testigos de perforación en Marcapunta Geotech_UG_005 y Geotech_OP_001

	
Foto de la última corrida Geotech_UG_005	Foto de la última caja Geotech_UG_005
	
Foto de la última corrida Geotech_UG_001	Foto de la última caja Geotech_UG_001

Sector Tajo Norte

Para entender las características del geotécnicas superficial del Tajo Norte, se ejecutó seis (6) sondajes denominados Geotech_PO_001, Geotech_PO_002, Geotech_PO_003, Geotech_PO_006, Geotech_PO_007 y Geotech_PO_008.

Estas perforaciones fueron diamantinas, con diámetro HQ3 orientados con un equipo de la firma DEVICOR. Estos taladros permitirán complementar información obtenida de estudios anteriores.

Tabla 7 *Coordenadas de las perforaciones geotécnicas superficiales, RAMPERÚ 2021*

Ubicación	Máquina	Sondaje	Profundidad propuesta (m)	Profundidad final (m)	Coordenadas propuestas, WGS 84			Azimut propuesta	Dip propuesta	Coordenadas finales, WGS 84			Azimut final	Dip Final
					Este	Norte	Elevación (m.s.n.m.)			Este	Norte	Elevación (m.s.n.m.)		
Superficial	UDR650	GEOTECH_OP_01	200.00	220.20	361248	8809984	4318.7	270	-60	361225.601	8810001.731	4323.729	270	-65
	UDR650	GEOTECH_OP_02	110.00	130.45	361160	8809570	4272.8	270	-70	361149.829	8809583.794	4275.623	270	-70
	H600	GEOTECH_OP_03	250.00	210.30	361484.6	8809043.2	4229.2	210	-60	361492.8118	8809057.375	4219.6989	210	-60
	UDR650	GEOTECH_OP_06	300.00	300.20	360721.8	8808605.9	4358	60	-60	360721.8	8808605.916	4361.423	60	-65
	H600	GEOTECH_OP_07	200.00	180.00	360717	8809003	4298.6	100	-60	360797.874	8808991.565	4302.577	100	-60
	UDR650	GEOTECH_OP_08	120.00	130.30	360623	88039646	4254.6	60	-60	360688.0384	8809677.538	4269.490767	60	-60
TOTAL (m)			1180.00	1171.45										

De acuerdo a la Tabla 7, se muestra los datos preliminares y finales. Estas se hicieron el levantamiento topográfico realizado por SMEB, bajo la responsabilidad del área de geotecnia de SMEB.

Requerimiento y recursos

En las investigaciones geotécnicas en superficie se hizo uso de la siguiente forma:

- Se utilizó dos máquinas de perforación (UDR 650 / H 600);
- Perforación 24 horas al día / 7 días a la semana;
- Avance promedio de 15 metros por día.

La supervisión de estos trabajos estuvo a cargo de la supervisión para los ambos turnos y garantizar los trabajos de investigaciones geotécnicas e hidrogeológicas.

Método de trabajo

- Perforación diamantina con triple tubo HQ3 sin aditivos;
- Logueo estructural al pie de máquina;
- Orientación de testigos de perforación con sistema DEVICOR por cada corrida;
- Logue geotécnico y Quick log en el Core Shack de RP ubicada en Esmelter;
- Los ensayos de conductividad hidráulica se realizaron bajo los criterios de RAMPERU y la supervisión del área de Hidrogeología de SMEB;
- La instalación en profundidad de los sensores de cuerda vibrante, se basa de acuerdo a la ubicación del nivel de agua, registro litológico y ensayos de permeabilidad;
- La descripción, ensayos y muestreo de mecánica de rocas siguiendo la metodología por SRK Consulting Perú.

Cabe señalar que en estos sondajes solo se ejecutó ensayos de permeabilidad rocosa e instalación de piezómetros de cuerda vibrante, en los sondajes Geotech_OP_001, Geotech_OP_002, Geotech_OP_006 y

Geotech_OP_008. Los taladros Geotech_OP_003 y Geotech_OP_007, no se efectuó e instaló piezómetros por interceptar antiguas labores mineras. Esto se hizo bajo la coordinación del área de geotécnica de SMEB.

Figura 5 Testigos de perforación en Tajo Norte Geotech_UG_001, Geotech_UG_002 y Geotech_UG_003

	
Foto de la última corrida Geotech_OP_001	Foto de la última caja Geotech_OP_001
	
Foto de la primera caja Geotech_OP_002	Foto de la última caja Geotech_OP_002
	
Foto de la última corrida Geotech_OP_003	Foto de la última caja Geotech_OP_003

Figura 6 Testigos de perforación en Tajo Norte Geotech_UG_006,
Geotech_UG_007 y Geotech_UG_008

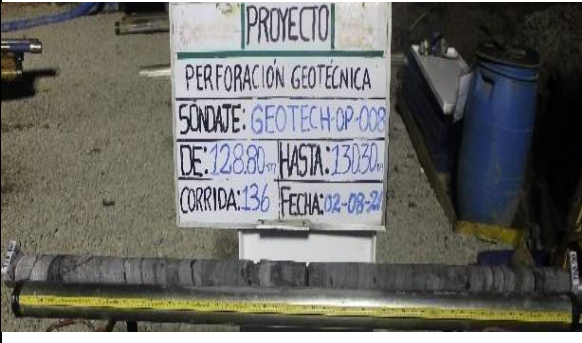
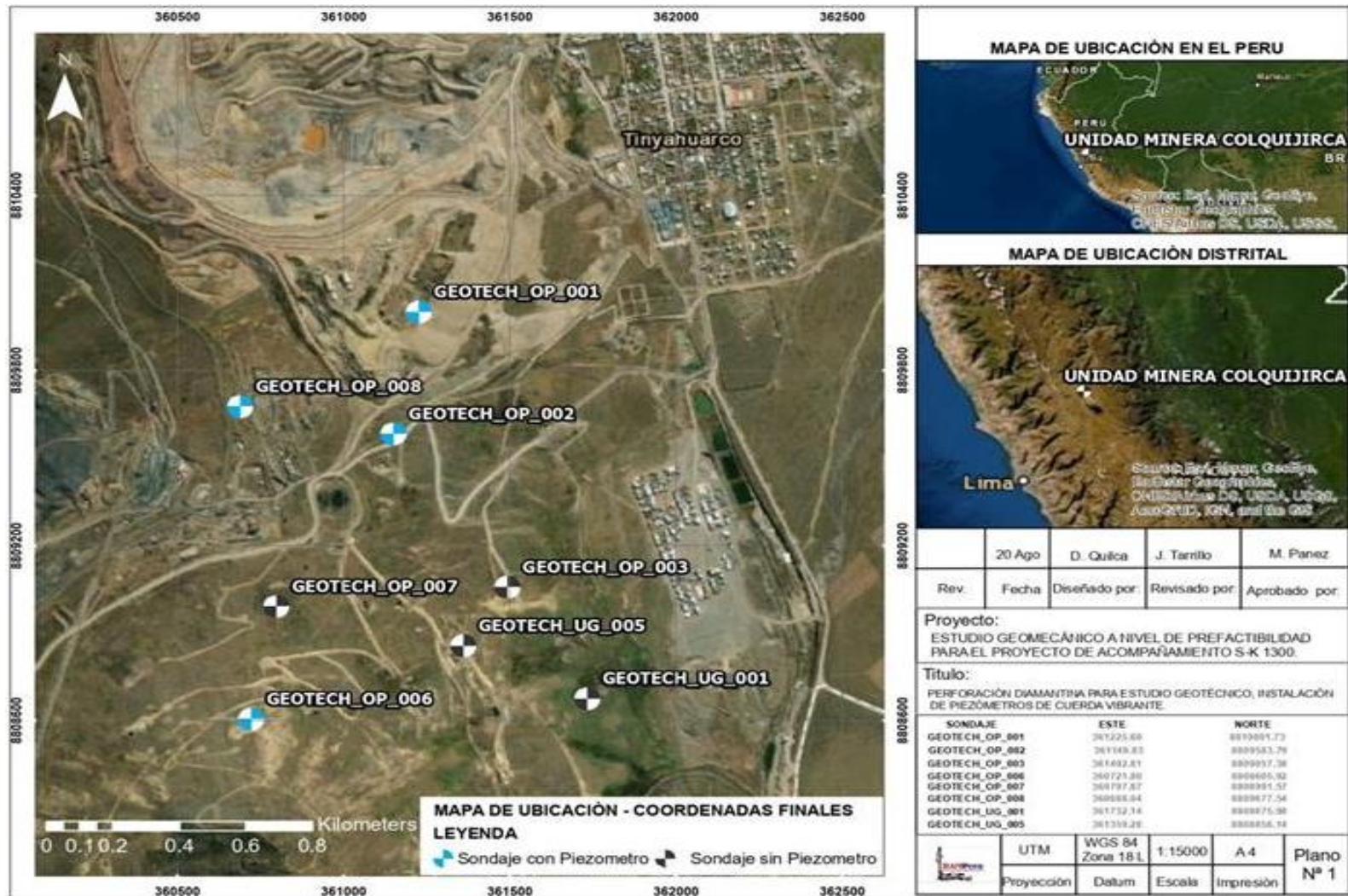
	
Foto de la última corrida Geotech_OP_006	Foto de la última caja Geotech_OP_006
	
Foto de la última corrida Geotech_OP_007	Foto de la última caja Geotech_OP_007
	
Foto de la última corrida Geotech_OP_008	Foto de la última caja Geotech_OP_008

Figura 7 Mapa de ubicación de sondajes geotécnicos



Geología de perforaciones

Taladro Geotech_UG_001

Tabla 8 Quick log Geotech_UG_001



PROYECTO:
SONDAJE N°:
NORTE:
ESTE:
COTA:

EL BROCAL
GEOTECH UG 001
8808675.977
361732.138
3835.573

AZIMUT : 45°
INCLINACION : -75
PROFUNDIDAD: 200.15
MAQUINA : MUKY H400

INICIO : 26/05/2021
TERMINO : 09/06/2021
EMPRESA : RAM PERU
DESCRITO POR : Marco Antonio Panez Limpe



		MODELO LITOLOGICO 2021		Litología logueo SMEB						
SERIE	UNIDAD	Code	Litología	Code	Abrev	Litología	INTERVALO PERFORADO	DESCRIPCION GEOLOGICA		
MIOCENO SUPERIOR	COMPLEJO VOLCANICO MARCAPUNTA		Complejo Marcapunta (miocénicos)				De 0.00 m a 21.80 m	Dacitas porfíricas con presencia de cristales notables de sanidina euhedrales y subhedrales de dimensiones centimétricas y milimétricas. La dacita se muestra fresca o con leve alteración filica.		
				200	DAPO	Dacitas porfíricas	De 21.80 m a 63.30 m	Dacitas porfíricas con alteración argílica avanzada en la cual se aprecia por tramos sílice coherosa. Asimismo por tramos ocurrencia de alunita reemplazando a los fenocristales de sanidina.		
EOCENO INFERIOR	MIEMBRO SHUCCO	60_Conglomerado_Shucco	Conglomerado Shuucco	301	CONG	Conglomerados	De 63.30 m a 68.45 m	Secuencia conglomerádica y brechosa correspondiente a la Formación Shuucco. Este se muestra polimíctica, con predominancia de clastos de rocas carbonatadas y ocasionales lítilos de areniscas y cuarzo lechoso. Se intercalan con estas unidades conglomerádicos, delgados horizontes tobáceos de textura fina.		
MIOCENO SUPERIOR	COMPLEJO VOLCANICO MARCAPUNTA		Complejo Marcapunta (miocénicos)	206	BXFM	Brecha Freatomagmática	De 68.45 m a 68.70 m	Dique delgado de brecha freatomagmática, polimíctica constituido por lítilos milimétricos y centimétricos de rocas carbonatadas, areniscas, dacita en matriz detrítica de textura areniscosa.		
EOCENO INFERIOR	MIEMBRO SHUCCO	60_Conglomerado_Shucco		Conglomerado Shuucco	301	CONG	Conglomerados	De 68.70 m a 69.85 m	Horizonte conglomerádico correspondiente a la Formación Shuucco similar al tramo de 63.30 m a 68.45 m de profundidad.	
MIOCENO SUPERIOR	COMPLEJO VOLCANICO MARCAPUNTA		Complejo Marcapunta (miocénicos)	206	BXFM	Brecha Freatomagmática	De 69.85 m a 80.70 m	Brecha Freatomagmática polimíctica en la cual se identifica lítilos de rocas carbonatadas (Calizas, Dolomías) correspondientes a la Formación Calera o Formación Shuucco, areniscas correspondientes al Grupo Mtu, cuarzos y cuarzo lechoso correspondiente al Grupo Excelisor, además de lítilos de dacitas de forma irregular típicos de estas Brechas. Se tiene como matriz de esta unidad relíctos finos (en el rango de areniscas) de todos los lítilos mencionados anteriormente.		
EOCENO INFERIOR	MIEMBRO SHUCCO	60_Conglomerado_Shucco		Conglomerado Shuucco	301	CONG	Conglomerados	De 80.70 m a 82.25 m	Horizonte conglomerádico correspondiente a la Formación Shuucco similar al tramo de 63.30 m a 68.45 m de profundidad.	
MIOCENO SUPERIOR	COMPLEJO VOLCANICO MARCAPUNTA		Complejo Marcapunta (miocénicos)	206	BXFM	Brecha Freatomagmática	De 82.25 m a 82.45 m	Dique delgado de brecha freatomagmática polimíctica, constituido por lítilos milimétricos y centimétricos de rocas carbonatadas, areniscas, dacita en matriz detrítica de textura areniscosa.		
EOCENO INFERIOR	MIEMBRO SHUCCO	60_Conglomerado_Shucco		Conglomerado Shuucco	301	CONG	Conglomerados	De 82.45 m a 94.75 m	Secuencia conglomerádica y brechosa correspondiente a la Formación Shuucco. Esta se muestra polimíctica, con predominancia de clastos de rocas carbonatadas y ocasionales lítilos de areniscas y cuarzo lechoso. Se intercalan con estas unidades conglomerádicos, delgados horizontes tobáceos de textura fina.	
MIOCENO SUPERIOR	COMPLEJO VOLCANICO MARCAPUNTA		Complejo Marcapunta (miocénicos)	206	BXFM	Brecha Freatomagmática	De 94.75 m a 95.05 m	Dique delgado de dacita porfírica, similar a la interceptada de 0.00 m a 21.80 m de profundidad.		
EOCENO INFERIOR	MIEMBRO SHUCCO	60_Conglomerado_Shucco		Conglomerado Shuucco	301	CONG	Conglomerados	De 95.05 m a 141.45 m	Secuencia conglomerádica y brechosa correspondiente a la Formación Shuucco, similar a la interceptada entre los 82.45 m a 94.75 m de profundidad, que se muestra alterada por silificación intensa de lítilos y matriz. Los horizontes tobáceos muestran silificación argílica intensa.	
PERMIANO SUPERIOR	GRUPO MTU	70_Mtu	Congl Mtu				De 141.45 m a 156.40 m	Secuencia areniscosa correspondiente al Grupo Mtu, de colores gris claro a gris blanquecina la cual se muestra craquelada a brechada por tramos, con ocurrencia de pinta como relleno intradacito. Esta arenisca se muestra con silificación intensa.		
				300	AREN	Arenisca				
				301	CONG	Conglomerados	De 156.40 m a 163.75 m	Secuencia Microconglomerádica polimíctica correspondiente al grupo Mtu, constituido por lítilos de cuarzos, areniscas, cuarzo lechoso, matriz soportados la cual se muestra en el rango de la arenisca gruesa a fina. Toda esta unidad muestra silificación intensa de alteración argílica avanzada.		
300	AREN			Arenisca	De 163.75 m a 165.15 m	Secuencia areniscosa correspondiente al Grupo Mtu de colores gris claro a gris blanquecina la cual se muestra con silificación moderada.				
200	DAPO			Dacitas porfíricas	De 165.15 m a 165.45 m	Dique delgado de Dacita porfírica similar a la interceptada de 94.75 m a 95.05 m de profundidad. Muestra alteración filica.				
300	AREN			Arenisca	De 165.45 m a 169.90 m	Secuencia areniscosa correspondiente al Grupo Mtu de colores gris claro a gris blanquecina la cual se muestra con silificación moderada.				
MIOCENO SUPERIOR	COMPLEJO VOLCANICO MARCAPUNTA					200	DAPO	Dacitas porfíricas	De 165.45 m a 180.00 m	Dacita porfírica con marcada ocurrencia de fenocristales de sanidina milimétricos y centimétricos, con alteración filica.
								De 180.00 m a 184.00 m	Dacita porfírica en la cual se observa el tránsito de alteración filica a alteración propilítica.	
MIOCENO SUPERIOR	GRUPO MTU						De 184.00 m a 194.40 m	Dacita porfírica con marcada ocurrencia de fenocristales de sanidina milimétricos y centimétricos, con alteración propilítica.		
PERMIANO SUPERIOR	GRUPO MTU			309	LIMO	Limolitas	De 194.40 m a 200.15 m	Limolitas correspondientes al Grupo Mtu, de colores gris verdoso, muy desmenuzables por tramos.		

Taladro Geotech_UG_005

Tabla 9 Quick log Geotech_UG_005



PROYECTO: EL BROCAL
 SONDAGE Nº: GEOTECH_UG_005
 NORTE: 8908856.142
 ESTE: 361359.277
 COTA: 4179.561
 AZIMUT: 210°
 INCLINACIÓN: 50°
 PROFUNDIDAD: 200.30
 MÁQUINA: MUKY H400

INICIO: 06/05/2021
 TERMINO: 20/05/2021
 EMPRESA: RAM PERU
 DESCRITO POR: Marco Antonio Paniz Limpe



SERIE	UNIDAD	MODELO LITOLÓGICO 2021		Litología logueo SMEB			INTERVALO PERFORADO	DESCRIPCIÓN GEOLOGICA
		Code	Litología	Code	Abrev	Litología		
MUCOSO SUPERIOR	COMPLEJO VOLCANICO MARGAPINTA	C0_Dac_por	Domo Dacítico	200	DAPO	Dacitas porfíticas	De 0.00 m a 5.60 m	Dacitas de textura porfítica con cristales entredudos y subcristales de dimensiones centimétricas a milimétricas de seridina. La unidad presenta alteración filica.
				205	BXFM	Brecha freatomagmática	De 5.60 m a 6.45 m	Brecha freatomagmática que a su vez se encuentra intruida por diques de guijarros y fufista hacia a base de la estructura al contacto con los aglomerados.
				203	AGLO	Aglomerado	De 6.45 m a 22.95 m	Aglomerado volcánico conformado por lílcos de formas angulosas, de tamaños desde 1 cm hasta 20 cm, monomíticos y ocasionalmente corrientes. lílcos de basamento.
				200	DAPO	Dacitas porfíticas	De 22.95 m a 29.40 m	Dacitas porfíticas con cristales de seridina de dimensiones milimétricas y centimétricas. La unidad presenta alteración filica.
				205	BXFM	Brecha freatomagmática	De 29.40 m a 30.50 m	Brecha freatomagmática constituida por dacitos carbonatados, parcialmente silificados, empastados entre el contacto de la dacita suroccidente y el aglomerado intrayacente (dacitos carbonatados de calizas y dolomita. litomorfología).
				203	AGLO	Aglomerado	De 30.50 m a 34.00 m	Aglomerado porfítico con textura dacito soportada, tiende a ser monomítica.
				202	DEPI	Depositos proclásticos	De 34.00 m a 37.90 m	Coladas productas porfíticas de textura dacito soportada hacia su tope en su base contiene lílcos de 2 mm a 1 cm de diámetro y del tope hacia la mitad de la secuencia los mismos son de dimensiones de 1 mm a 3 mm. Se muestra granocreciente y granocreciente, del tope al medio y de medio a tope de la secuencia respectivamente.
				203	AGLO	Aglomerado	De 37.90 m a 46.50 m	Aglomerado volcánico porfítico con predominancia de lílcos de dacita de tamaños desde 2 cm hasta 40 cm, de formas angulosas generalmente. Presenta textura dacito soportada en los tramos donde predominan los dacitos y matriz soportada donde es más polimítica. Los lílcos son de dimensiones desde 2 mm hasta 15 cm. Se advierte la alteración filica en la mitad esta secuencia.
				200	DAPO	Dacitas porfíticas	De 46.50 m a 50.30	Dacitas de grano fino con textura total por tramos, en mismo se muestra una colada por tramos, con ocurrencia de pita escasamente discriminada, se evidencia alteración filica.
				202	DEPI	Depositos proclásticos	De 50.30 m a 57.05 m	Colada producta, matriz soportada, con ocurrencias de los secuencias de textura granocreciente, cuyos lílcos tienen dimensiones de 3 mm hasta 45 mm, esta matriz está constituida por poco de roca de basamento.
							De 57.05 m a 64.50 m	Colada producta porfítica constituida por intercalación de lobos de grano grueso, lapilli, surge, porfíticas que incluye lílcos de basamento (Shuco, Cutare, Mui) y dacitos. Los tramos taboceros y lapillícos son de textura matriz soportada, en tanto que los surge son dacitos soportados.
							De 64.50 m a 69.60 m	Secuencia constituida por coladas productas de coloración gris medio, tobas gruesas y lobos de lapilli, porfíticas. Los tramos aglomerados que se muestra hacia a tope y hacia la mitad de la secuencia con textura dacito soportada, con predominancia de lílcos dacíticos (de 1.5 cm a 10 cm). Los coladas productas constituidas mayormente por lílcos de basamento (de 3 mm a 5 cm). Los tramos de lobos lapilli muestran matrices derivadas del basamento y de las dacitas.
				201	TOBA	Tobas	De 69.60 m a 73.70 m	Tobas gruesas a lobos de lapilli, que engloban ocasionales lílcos del basamento y de dacita, de dimensiones desde 5 mm hasta 3 cm. Presenta textura de matriz soportada de origen dacítico.
							De 73.70 m a 78.80 m	Intercalación de unidades surge por lobos de lapilli, ambos polimíticos, constituida por lílcos de basamento y dacitas, con morfologías subredondeadas en los tramos de surge. Presenta ocasionales fragmentos de botellas dacíticas (de 8 cm hasta 20 cm).
							De 78.80 m a 86.95 m	Intercalación de Tobas gruesas y lobos de lapilli, de color gris medio, con lílcos del basamento en mayor proporción y dacitos en menor proporción, presenta una textura matriz soportada.
				312	BX	Brechas	De 86.95 m a 87.60 m	Brecha proclástica polimítica constituida por lílcos de dacita y del basamento, predominantemente angulosos, de dimensiones de 1 cm a 5 cm.
				202	DEPI	Depositos proclásticos	De 87.60 m a 91.25 m	Lobos lapilli de color gris medio, polimítica. Presenta intercalaciones con delgados horizontes de coladas proclásticas hacia su tope, con predominancia de lílcos del basamento.
							De 91.25 m a 94.60 m	Coladas productas porfíticas constituidas por dacitos subangulosos con ligeros imbricaciones paralelas al sentido de las dacitas, con lílcos de 2 cm a 4 cm. Los lílcos muestran una composición de 60 % del basamento y 50 % de dacitas. Se intercalan con delgados horizontes de toba de lapilli.
				201	TOBA	Tobas	De 94.60 m a 108.80 m	Intercalación de lobos gruesos y lobos de lapilli, con ocasionales ocurrencias de delgados horizontes de surge con ligeros imbricaciones de sus componentes hacia el sur con toba depositación, predominan lílcos del basamento.
				312	BX	Brechas	De 108.80 m a 111.95 m	Surge polimítico constituido por lílcos de basamento y dacitos, con textura matriz soportada, cuyos dacitos se muestran subredondeados.
				201	TOBA	Tobas	De 111.95 m a 116.25 m	Intercalación de lobos gruesos, lobos de lapilli y surge, con alteración proclástica en los dacitos de dacitas, se componen polimítica, con gradación en los horizontes taboceros, con dimensiones de sus lílcos desde 0.5 cm hasta 3.0 cm.
							De 116.25 m a 120.80 m	Lobos gruesos y lobos de lapilli, con predominancia de lílcos del basamento del monorres desde 1 mm a 10 mm. Presente textura matriz soportada, con lílcos dacitos en menor proporción.
							De 120.80 m a 128.20 m	Tobas lapilli con marcada presencia de botellas de dacita, con tendencia monomítica cuyos dacitos son de dimensiones desde 0.5 cm a 15 cm, con intercalación de delgados horizontes de coladas proclásticas cuyos tramos se muestran subredondeados, con evidencia de alteración proclástica en los lílcos dacíticos.
				200	DAPO	Dacitas porfíticas	De 128.20 m a 131.00 m	Unidad dacítica en su base que en su parte media presenta vendidos de las tobas de lapilli. Asimismo, presenta dacitas esqueladas por tramos con de relleno delítico en las cavidades y fisuras intercaladas.
							De 131.00 m a 138.00 m	Dacitas porfíticas craqueladas por tramos, cuyo relleno intradacito se muestra de textura fina (brechamanto magmático). Con alteración filica en las dacitas, las cuales muestran marcada ocurrencia de seridina.
							De 138.00 m a 161.90 m	Dacitas porfíticas masivas, con ocasionales enclavamiento por tramos, con ocurrencia de renorables de seridina de hasta 5 cm. Toda la unidad muestra alteración filica.
							De 161.90 m a 188.00 m	Dacitas porfíticas con alteración filica, cortada en varios tramos por diques de guijarros (con espesores desde 6 cm a 10 cm) y taboceros (con espesores desde 2 cm a 3 cm), constituidos mayormente por lílcos de la propia dacita y en menor proporción por lílcos de basamento. Con alteración filica desde 151.50 m de profundidad hasta su base.
				202	DEPI	Depositos proclásticos	De 188.00 m a 188.70 m	Coladas proclásticas que se intercalan con delgados horizontes de surge, polimíticos de dacitos subredondeados, con fisuras en su base. Presenta textura dacito soportada en su tope y matriz soportada en su base con mayor contenido de lílcos del basamento.
							De 188.70 m a 198.50 m	Dacitas porfíticas cortadas por diques de guijarros y fufista de 6 cm hasta 10 cm de espesor. Con ocasionales lomo de lobos gruesos gris claros. Se evidencia alteración proclástica con menor intensidad en su base.
				312	BX	Brechas	De 198.50 m a 200.30 m	Brecha proclástica de dacita con lílcos de tamaños desde 5 mm hasta 7 cm, englobados en una matriz fina de lílcos angulosos a subangulosos, con alteración proclástica. En la mitad de la secuencia presenta coladas proclásticas con lílcos del basamento de dimensiones de hasta 10 cm. Presenta textura matriz soportada en los tramos brechados y dacito soportada en las coladas proclásticas.

Taladro Geotech_OP_001

Tabla 10 Quick log Geotech_UP_001



PROYECTO: EL BROCAL
 SONDAGE N°: GEOTECH_OP_001
 NORTE: 8810001.731
 ESTE: 361225.601
 COTA: 4323.729
 AZIMUT: 270°
 INCLINACION: -65
 PROFUNDIDAD: 200.20
 MAQUINA: UDR-650

INICIO: 28/05/2021
 TERMINO: 15/06/2021
 EMPRESA: RAM PERU
 DESCRITO POR: Marco Antonio Panes Limpe



		MODELO LITOLOGICO 2021		Litología logueo SMEB			INTERVALO PERFORADO	DESCRIPCIÓN GEOLOGICA
SERIE	UNIDAD	Code	Litología	Code	Abrev	Litología		
REGISTRO	COLUMBO ALUMAL		Suelo	401	QS	Cobertura/Suelo	De 0.00 m a 81.55 m	Material cuaternario artificial (botadero) en el cual se identifican bloques y bloques de rocas carbonatadas y chert englobados en matriz arcillosa, limosa y arenosa.
ECCENO INFERIOR	CALERA SUPERIOR	10_Calera_Sup	Calera superior	303	CLZA	Calizas	De 81.55 m a 93.10 m	Intercalacion de calizas de textura mudstone de colores gris medio, con delgados horizontes de margas pardo claras, estas ultimas tienen un espesor desde 20 cm hasta 80 cm. Se tienen nodulos de chert entre 85.55 m a 85.90 m de profundidad. Toda la secuencia presenta venillas de calcita y en oquedades de las calizas se presenta en agregados cristalinis diminutos.
							De 93.10 m a 102.05 m	Calizas de textura mudstone intercalada con delgados horizontes tobaceos y limoarcillicos hacia el tope de la secuencia. Los tobos se ubican entre los 93.15 m a 93.85 m de profundidad, seguidos de los tramos limoarcillicos gris oscuros (con espesores de hasta 20 cm). Se aprecian ocurrencias de calcita en venillas de espesores de 1 mm a 5 mm.
				305	CLVA	Caliza varvada	De 102.05 m a 104.30 m	Calizas varvadas de color gris medio que muestran ocurrencias de calcita como agregados concordantes a la estratificación.
				303	CLZA	Calizas	De 104.30 m a 121.30 m	Intercalaciones de calizas mudstone de color gris medio, con margas de color pardo amarillento (de espesores de 5 cm a 15 cm) y delgados horizontes de dolomias hacia la base de la secuencia, con espesores de 1 m de espesor que contienen nodulos de chert. Se aprecia en la secuencia ocurrencias de venillas de calcita de 1 mm a 1 cm de espesor.
				305	CLVA	Caliza varvada	De 121.30 m a 123.90 m	Calizas de incoiente textura varvada de color gris medio. En su tope contiene toba de 10 cm espesor, las limoarcillicas muestran espesor milimetrico. Toda la secuencia se muestra cortada por venillas de calcita.
				303	CLZA	Calizas	De 123.90 m a 127.60 m	Calizas intercaladas con delgados tramos margosos. Presenta vetilleo de calcita de espesores milimetricos. Asimismo se intercala con delgados horizontes de limoarcillicos gris oscuros de 1 cm a 2 cm de espesor.
				304	DOLO	Dolomias	De 127.60 m a 131.10 m	Intercalaciones de dolomias con calizas, ambas con presencia de nodulos de chert. Se tiene un delgado nivel de bioturbacion de 133.00 cm a 133.10 cm rellenados por calcita. Asimismo contiene la secuencia delgados tramos de margas gris amarillentas y ocasionales horizontes de limoarcillicas de 5 cm de espesor.
				310	LIAR	Limoarcillicas	De 131.10 m a 135.25 m	Intercalacion de calizas con limoarcillicas, ambas de espesores delgados.
							De 135.25 m a 138.05 m	Dolomias gris amarillentas de textura masiva fina.
				304	DOLO	Dolomias	De 138.05 m a 141.75 m	Dolomias gris amarillentas claras intercaladas con delgados horizontes limoarcillicos de color gris medio, con ocurrencias ocasionales de nodulos de chert.
				306	DLVA	Dolomias varvadas	De 141.75 m a 146.90 m	Dolomias gris parduscas de textura varvada, que se intercala con delgados horizontes de limoarcillicas gris oscuras.
				303	CLZA	Calizas	De 146.90 m a 151.80 m	Secuencia constituida por calizas gris amarillentas de textura oquerosa, la cual se intercala con horizontes limoarcillicos gris medio de similar espesor (20 cm), contiene la unidad nodulos de chert. Asimismo ocurrencias de calcita como desagregados concordantes a la estratificación.
				306	DLVA	Dolomias varvadas	De 151.80 m a 153.15 m	Dolomias varvadas intercaladas con delgados niveles limoarcillicos gris oscuros.
				201	TOBA	Tobas	De 153.15 m a 153.90 m	Toba gris blaquecina, redepositada, que muestra gradacion grano decreciente por tramos.
				306	DLVA	Dolomias varvadas	De 153.90 m a 156.40 m	Dolomias varvadas intercaladas por tramos con delgados horizontes limoarcillicos gris oscuros.
				307	MARG	Margas	De 156.40 m a 157.05 m	Marcador estratigrafico LMMS constituido por margas gris azuladas a los topes de la misma, tobaceas de grano grueso en medio de la misma. Separa la Formacion Calera Superior de la Formacion Calera Medio.
ECCENO INFERIOR	CALERA MEDIO	20_Calera_Mid	Calera medio	306	DLVA	Dolomias varvadas	De 157.05 m a 158.25 m	Dolomias varvadas pardo grisaceas claras, que se intercalan con delgados horizontes de limoarcillicas gris oscuras a negras.
				310	LIAR	Limoarcillicas	De 158.25 m a 159.40 m	Limoarcillicas gris oscuras a pardo grisaceas.
				201	TOBA	Tobas	De 159.40 m a 159.75 m	Marcador de mineralizacion, toba gruesa gris clara.
				304	DOLO	Dolomias	De 159.75 m a 167.40 m	Dolomias gris pardo oscuras, intercaladas con margas de color gris oscuras. Presenta niveles de tobas gris claras de similar potencia (10 cm de espesor).
				307	MARG	Margas	De 167.40 m a 168.05 m	Margas de color gris oscuras y amarillos ocre.
				306	DLVA	Dolomias varvadas	De 168.05 m a 169.70 m	Dolomias varvadas color gris amarillentas con inclusiones de calcita que ocurre como agregados granulares concordantes a la estratificación.
				310	LIAR	Limoarcillicas	De 169.70 m a 174.80 m	Limoarcillicas gris verdosas oscuras masivas al tope de la secuencia, intercalados con delgados tramos dolomitos varvados en el medio y gris oscuras a negras tambien masivas a la base de la unidad.
				304	DOLO	Dolomias	De 174.80 m a 181.40 m	Dolomias gris pardos claras, intercaladas con limoarcillicas gris oscuras a negras. Contienen ocasionales tramos tobaceos gris claros (con espesores de 5 cm a 10 cm).
				306	DLVA	Dolomias varvadas	De 181.40 m a 185.10 m	Dolomias gris pardos claras, varvadas por tramos, intercalados con limoarcillicas gris oscuras de 1 cm a 5 cm de espesor.
				304	DOLO	Dolomias	De 185.10 m a 188.70 m	Dolomias gris claras intercaladas con horizontes de limoarcillicas gris pardas, que tienen espesores desde 5 cm a 20 cm.
				304	DOLO	Dolomias	De 188.70 m a 196.75 m	Dolomias gris pardas intercaladas con ocasionales horizontes de limoarcillicas de espesor milimetrico y centimetrico a la base de la secuencia.
				304	DOLO	Dolomias	De 196.75 m a 200.20 m	Dolomias masivas intercaladas con ocasionales horizontes de limoarcillicas. Contiene nodulos de chert y ocurrencias de calcita como venillas y en oquedades como geodas y drusas.

Taladro Geotech_OP_002

Tabla 11 Quick log Geotech_OP_002



PROYECTO: EL BROCAL
 SONDAGE N°: GEOTECH_OP_002 AZIMUT: 270°
 NORTE: 8809583.794 INCLINACION: -70
 ESTE: 361149.829 PROFUNDIDAD: 130.45
 COTA: 4275.623 MAQUINA: MUKY H400
 INICIO: 27/06/2021
 TERMINO: 30/06/2021
 EMPRESA: RAM PERU
 DESCRITO POR: Marco Antonio Panes Limpe



SERIE	UNIDAD	MODELO LITOLÓGICO 2021		Litología logueo SMEB			INTERVALO PERFORADO	DESCRIPCION GEOLOGICA
		Code	Litología	Code	Abrev	Litología		
HOLOCENO	COLUINO ALUVIAL	Suelo	Suelo	401	QS	Cobertura/Suelo	De 0.00 m a 4.55 m	Sedimentos limosos de color amarillo naranja oscuro.
MIOCENO SUPERIOR	COMPLEJO VOLCANICO MARCAPUNTA	00_Dac_porf	Domo Dacítico	200	DAPO	Dacita porfírica	De 4.55 m a 34.50 m	Dacitas intensamente alteradas por hidratación, aunque se preserva la textura de la roca, esta se disgrega con facilidad al indentarla con la cuchilla. Muestra alteración propilítica moderada.
							De 34.50 m a 50.20 m	Dacitas con alteración intermitente de filica a propilítica alternadas irregularmente, que contienen además ocurrencias de py como disseminaciones asociada ocasionalmente a dickita.
							De 50.20 m a 61.40 m	Dacitas con alteración filica en la cual se tiene vetileo ocasional de calcita asociado a discontinuidades de cizallamientos. Además contiene disseminación leve de py.
							De 61.40 m a 84.00 m	Dacitas con alteración filica predominante, con ocurrencias alternadas irregulares de alteración propilítica, menos notables.
							De 84.00 m a 110.00 m	Dacitas con alteración filica predominante, con vetileo ocasional de calcita y disseminación leve de py.
							De 110.00 m a 130.45 m	Dacitas porfíricas con alteración propilítica

Tabla 12 Quick log Geotech OP 003

51

Taladro Geotech_OP_006

Tabla 13 Quick log Geotech OP 006

[illegible]

Taladro Geotech_OP_007

Tabla 14 Quick log Geotech_OP_007

		PROYECTO: BONGUEN N°:		EL BROCAL		INCID: 13670821			
		NORTE: ESTE: GOTA:		DETECT: OF 807 AZMUT: 150°		INCLINAC: 40°		TERMINO: 26/07/2021	
		360°/17.874		PROFUNDIDAD: 186.00		MARCA: 4000.577		EMPRESA: KUNA PERU	
								DESCRITO POR: Marco Antonio Pineda López	
		MODELO LITOLÓGICO 2021		Litología según SIBIS		INTERVALO PERFORADO		DESCRIPCION GEOLOGICA	
SERIE	UNIDAD	Código	Litología	Código	Abrev.	Litología			
EXCENAF 200A	CLAS. SUP	05	Suro	401	OS	Cotermos/Suro	De 0.00 m a 11.10 m:	Sedimentos cotermositas, limonolitas y limonolitas de color negro en medio oscuro	
				204	OSLO	Cotermos	De 11.10 m a 13.40 m:	Limonolitas, margas con limonolitas negras, limonolitas con limonolitas (De 11.10 m a 13.40 m) y limonolitas con limonolitas (De 11.10 m a 13.40 m)	
				206	SLVN	Cotermos varados	De 13.40 m a 33.55 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 13.40 m a 33.55 m) y limonolitas con limonolitas (De 13.40 m a 33.55 m)	
				206	SLVN	Cotermos varados	De 33.55 m a 44.65 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 33.55 m a 44.65 m) y limonolitas con limonolitas (De 33.55 m a 44.65 m)	
				207	NORNO	Margen	De 44.65 m a 45.65 m:	Margen limonolitas con limonolitas de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 44.65 m a 45.65 m) y limonolitas con limonolitas (De 44.65 m a 45.65 m)	
EXCENAF 200A	CLAS. MED	20_Catena_MedVard	Cotermos medio	207	NORNO	Limonolitas	De 45.65 m a 60.50 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 45.65 m a 60.50 m) y limonolitas con limonolitas (De 45.65 m a 60.50 m)	
				206	SLVN	Cotermos varados	De 60.50 m a 67.40 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 60.50 m a 67.40 m) y limonolitas con limonolitas (De 60.50 m a 67.40 m)	
				204	OSLO	Cotermos	De 67.40 m a 70.60 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 67.40 m a 70.60 m) y limonolitas con limonolitas (De 67.40 m a 70.60 m)	
				207	NORNO	Margen	De 70.60 m a 73.50 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 70.60 m a 73.50 m) y limonolitas con limonolitas (De 70.60 m a 73.50 m)	
				210	SLVN	Limonolitas	De 73.50 m a 82.80 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 73.50 m a 82.80 m) y limonolitas con limonolitas (De 73.50 m a 82.80 m)	
				206	OSLO	Cotermos	De 82.80 m a 87.40 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 82.80 m a 87.40 m) y limonolitas con limonolitas (De 82.80 m a 87.40 m)	
				206	OSLO	Cotermos	De 87.40 m a 95.80 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 87.40 m a 95.80 m) y limonolitas con limonolitas (De 87.40 m a 95.80 m)	
				210	SLVN	Limonolitas	De 95.80 m a 98.50 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 95.80 m a 98.50 m) y limonolitas con limonolitas (De 95.80 m a 98.50 m)	
				202	VLUC	Vitrocoluidos	De 98.50 m a 101.80 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 98.50 m a 101.80 m) y limonolitas con limonolitas (De 98.50 m a 101.80 m)	
				207	NORNO	Margen	De 101.80 m a 107.60 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 101.80 m a 107.60 m) y limonolitas con limonolitas (De 101.80 m a 107.60 m)	
				207	NORNO	Margen	De 107.60 m a 115.10 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 107.60 m a 115.10 m) y limonolitas con limonolitas (De 107.60 m a 115.10 m)	
				207	NORNO	Margen	De 115.10 m a 118.70 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 115.10 m a 118.70 m) y limonolitas con limonolitas (De 115.10 m a 118.70 m)	
				207	NORNO	Margen	De 118.70 m a 129.20 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 118.70 m a 129.20 m) y limonolitas con limonolitas (De 118.70 m a 129.20 m)	
				202	VLUC	Vitrocoluidos	De 129.20 m a 134.20 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 129.20 m a 134.20 m) y limonolitas con limonolitas (De 129.20 m a 134.20 m)	
				202	NORNO	Margen	De 134.20 m a 140.10 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 134.20 m a 140.10 m) y limonolitas con limonolitas (De 134.20 m a 140.10 m)	
EXCENAF 200A	CLAS. INF	20_Catena_InfVard	Cotermos inferior	202	VLUC	Vitrocoluidos	De 140.10 m a 155.30 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 140.10 m a 155.30 m) y limonolitas con limonolitas (De 140.10 m a 155.30 m)	
				406	V	Vitro	De 155.30 m a 158.80 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 155.30 m a 158.80 m) y limonolitas con limonolitas (De 155.30 m a 158.80 m)	
				201	TODA	Todas	De 158.80 m a 164.80 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 158.80 m a 164.80 m) y limonolitas con limonolitas (De 158.80 m a 164.80 m)	
				202	VLUC	Vitrocoluidos	De 164.80 m a 168.80 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 164.80 m a 168.80 m) y limonolitas con limonolitas (De 164.80 m a 168.80 m)	
				201	TODA	Todas	De 168.80 m a 167.30 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 168.80 m a 167.30 m) y limonolitas con limonolitas (De 168.80 m a 167.30 m)	
				406	V	Vitro	De 167.30 m a 168.80 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 167.30 m a 168.80 m) y limonolitas con limonolitas (De 167.30 m a 168.80 m)	
				201	TODA	Todas	De 168.80 m a 171.70 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 168.80 m a 171.70 m) y limonolitas con limonolitas (De 168.80 m a 171.70 m)	
				406	V	Vitro	De 171.70 m a 173.80 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 171.70 m a 173.80 m) y limonolitas con limonolitas (De 171.70 m a 173.80 m)	
				201	TODA	Todas	De 173.80 m a 186.00 m:	Sedimentos de color negro en medio oscuro, limonolitas con limonolitas (De 173.80 m a 186.00 m) y limonolitas con limonolitas (De 173.80 m a 186.00 m)	

Taladro Geotech_OP_008

Tabla 15 Quick log Geotech_OP_008

		PROYECTO SONDAJE N°		EL BROCAL GEOTECH OP 008		AZIMUT : 85 INCLINACION : 40 PROFUNDIDAD : 135.30 MAQUINA : UCR-400		INICIO : 20/07/2021 TERMINO : 02/08/2021 EMPRESA : RAM PERU DESCRITO POR : Marco Antonio Páez Limpe		
		MODELO LITOLÓGICO 2021		Litología loggeo SNEB						
SERIE	UNIDAD	Code	Litología	Code	Abrev	Litología	INTERVALO PERFORADO	DESCRIPCION GEOLOGICA		
EDIFICIO INTERIOR	CALERA MEDIO	Q5	Sudo	401	Q5	Cobertiza/Sudo	De 0.00 m a 4.00 m:	Sedimentos gris parduzco oscuro, derivado de la degradación de rocas margosas subyacentes, pues conserva su reactividad al ácido clorhídrico.		
				307	MARG	Margas	De 4.00 m a 11.75 m:	Intercalación de margas gris oscuras con limoarcillas gris parduzcas, ambas muy desagregadas. Se tienen ocasionalmente delgados niveles de dolomas muy frágiles.		
				307	MARG	Margas	De 11.75 m a 17.95 m:	Secuencia en la cual se intercalan margas gris pardo oscuras, con dolomas gris pardo claros, las primeras muy desmenuzables y las segundas muy frágiles. Desde 10.80 m a 17.95 m se tiene mala recuperación de testigos.		
				307	MARG	Margas	De 17.95 m a 26.85 m:	Secuencia margosa de fina estratificación, por tramos varada inapiente, que se intercala con tres horizontes dolomíticos gris pardo claros a gris muy claros. Las margas son muy desagregadas y desmenuzables. Se tiene mala recuperación en estas secuencias perforadas.		
				307	MARG	Margas	De 26.85 m a 35.60 m:	Secuencia margosa de colores gris pardo moderado y gris pardo oscuro, con estratificación fina por tramos. Se intercala con delgados horizontes tobáceos hacia el tope de la secuencia. Toda la unidad se muestra desmenuzable y desagregable y se tiene mala recuperación por tramos.		
				307	MARG	Margas	De 35.60 m a 39.05 m:	Secuencia en la cual se intercalan dolomas de fina estratificación a varadas gris pardo claras con margas gris pardo oscuras y limoarcillas negro verdusco oscuras, estas dos últimas muy desmenuzables y desagregadas.		
				307	MARG	Margas	De 39.05 m a 41.80 m:	Secuencia varada en la cual se intercalan finos horizontes de margas con limoarcillas, muy frágiles las primeras y desmenuzables las segundas.		
				304	DOLO	Dolomas	De 41.80 m a 46.00 m:	Secuencia en la cual se intercalan dolomas gris pardo claros con volcanodolitos de matriz margosa gris verdosa clara, frágiles estas últimas.		
				307	MARG	Margas	De 46.00 m a 53.40 m:	Secuencia en la cual se intercalan margas varadas con limoarcillas negro verdusco oscuras, las primeras muy frágiles y las segundas muy desmenuzables. Hacia la base de la unidad se aprecian delgados niveles tobáceos de grano fino gris azulado claros.		
				310	LIAR	Limoarcillas	De 53.40 m a 65.25 m:	Secuencia en la cual se intercalan limoarcillas masivas gris oscuras y negro parduzco oscuras con margas varadas gris pardo claras. Toda la unidad se muestra muy desagregable, desmenuzable y frágil. Al tope y base de la unidad se intercala con delgados horizontes tobáceos de grano fino y grano grueso respectivamente (De 54.95 m a 55.00 m y De 59.15 m a 59.45 m). También a su base se tiene dolomas masivas en delgados horizontes (10 cm a 25 cm).		
		20_Calera_Med/Va r)	Calera medio	306	DLVA	Dolomas	De 65.25 m a 71.85 m:	Secuencia en la cual se intercalan limolitas negro parduzco con limoarcillas gris oscuras y mas ocasionalmente delgados horizontes tobáceos gris claros de grano fino y medio hacia el tope y medio de la secuencia. Contienen a la base de la unidad, concreciones de calcita de origen diagenético, concordantes con la estratificación.		
				306	DLVA	Dolomas	De 71.85 m a 79.85 m:	Secuencia en la cual se intercalan dolomas gris amarillento pálido, masivas, con concreciones de dolomita y vetillo muy ocasional de cuarzo, pero mas comunmente como vetillo irregular de esta última. Con limoarcillas gris oscuras y negro parduzco, así como tobos muy delgados (de 5 cm a 10 cm), gris claros, de grano fino. Los tramos limoarcillosos se muestran muy desmenuzables. Se aprecia ocurrencias de py proxima a la base de la unidad, cuya ocurrencia es como corpusculos irregulares. Asimismo impregnaciones de hm y LHM en superficies de fracturamiento.		
				306	DLVA	Dolomas	De 79.85 m a 92.70 m:	Secuencia dolomítica alterada por oxidación, silificación leve y decarbonización ocasional. Muestra coloraciones naranja amarillento oscuro y naranja grisáceo por las LHM, que impregnan masivamente a la roca por tramos y en venadas intensidades. Asimismo impregnación de superficies de fracturamiento con LHM que muestra coloración negro parduzco y marrón moderado. También contiene esta dolomita por tramos nodulos de chert. Al tope de la unidad se tiene sulfatización y silificación de la roca (py). Toda la unidad muestra fracturamiento intenso.		
				308	CHER	Chert	De 92.70 m a 97.20 m:	Chert beleado gris oscuro a negro, muy fracturado, con marcada impregnación de limonitas (que le dan coloración naranja amarillento a estas superficies).		
				404	DRE	Desmoron / Reland	De 97.20 m a 99.75 m:	Refino dentro de galería subterránea oxidado y desagregable.		
				306	DLVA	Dolomas	De 99.75 m a 100.60 m:	Unidad dolomítica similar al tramo de 79.85 m a 92.70 m de profundidad, fracturada y con impregnación de oxido.		
				310	LIAR	Limoarcillas	De 100.60 m a 105.50 m:	Secuencia limoarcillosa gris pardo moderado, muy desmenuzable, que muestra impregnación de hematita hacia el tope de la unidad, así como diseminación de py al contacto con la unidad suprayacente.		
				201	TOGA	Tobas	De 105.50 m a 112.90 m:	Secuencia en la cual se intercalan tobos gris claros de grano grueso a fino con limoarcillas gris pardo claras, ambas muy desmenuzables por tramos.		
				307	MARG	Margas	De 112.90 m a 130.30 m:	Secuencia en la cual se intercalan margas gris pardo claras con limolitas negro parduzcas y ocasionales tramos de volcanodolitos de matriz margosa que se tornan a tobos delgados (no mayores a 10 cm) de color gris muy claro. A la base se tiene delgados tramos de margas varadas.		

Pruebas de televiewer

Método utilizado

Un perfil geofísico de pozo consiste en un registro de mediciones continuas realizadas por sondas dentro del pozo. La sonda contiene sensores que responden a cambios en las propiedades físicas de la roca perforada.

Para los sondeos ejecutados en la zona de estudio, se utilizó dos métodos. El primero, Acústico de pozo y se utiliza cuando este presenta columna de agua, el cual ayuda a transmitir la onda acústica. El segundo, llamado Óptico de pozo y se emplea cuando no existe columna de agua.

El procesamiento de datos de un Televisor Óptico y/o Acústico, se ejecuta con software especializado que permiten procesar la imagen. La esencia del proceso de interpretación es la selección de atributos, principalmente abertura y continuidad de los planos de discontinuidad existentes. El intérprete es ayudado por el software en un ajuste de formas sinusoidales sobre los atributos de la imagen.

La descripción a detalle del método y resultados se encuentran en el Anexo 6.

Figura 8 *Secuencia de interpretación de datos*

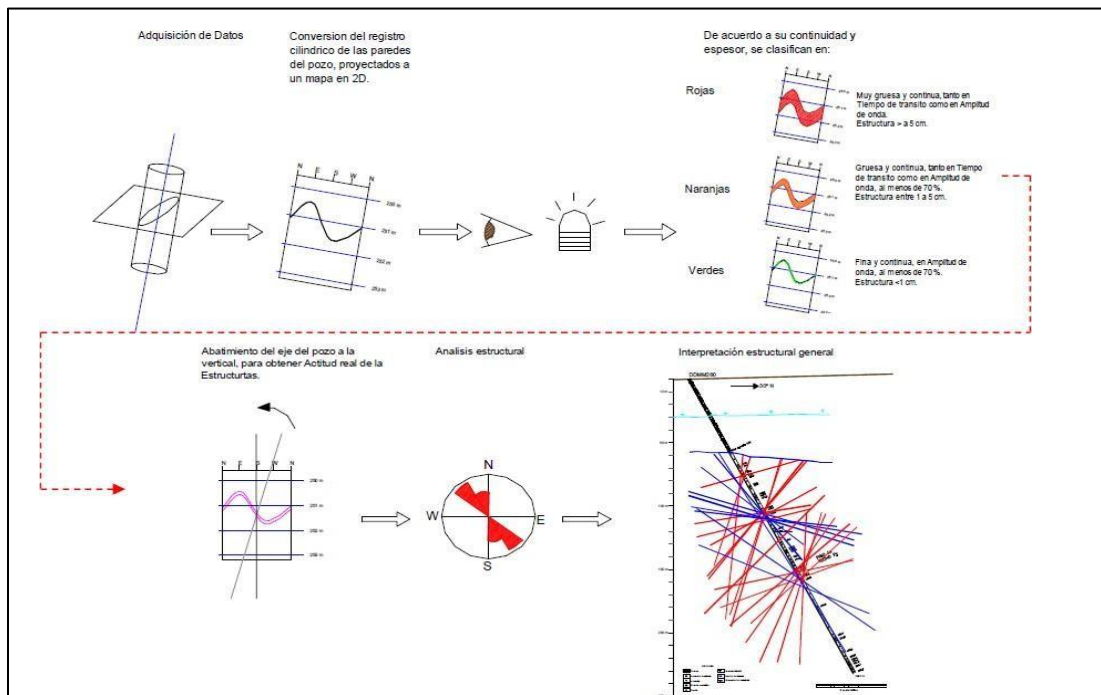


Tabla de clasificación de estructuras

A cada estructura encontrada a lo largo del escaneo del sondaje se les otorga un color el cual ya están definidos por parámetros, los cuales están descritos en las siguientes tablas.

Tabla 16 Clasificación de estructuras según su categoría en el registro de Televisor Acústico de pozos (HTAP) u Televisor Óptico de pozos (HTOP)

Categoría	Tipo	Color	Características	Observación
1	AZUL		Discontinuo menor a 1 (mm).	Discontinuidades intrínsecas de la roca, selladas
2	VERDE		Continuo menor a 10 (mm).	Discontinuidades menores, principalmente Diaclasas
3	NARANJA		Moderado entre 10 a 50 (mm).	Fracturas y Fallas menores
4	ROJO		Gruesa mayor a 50 (mm).	Principalmente Fallas
5	CYAN		Estructuras con relleno de mayor densidad que la roca de caja, sin considerar espesor, solo existencia.	Vetas rellenas, con densidad mayor que la roca de caja.
6	MAGENTA		Mayor a 5 (cm), definido por estructuras paralelas.	Estructuras / Zonas de material blando
7	NEGRO		Sin espesor, marca de contacto entre Litologías	Cambio Litológico

Resultados sobre la clasificación de estructuras Geotech_UG_005

Del análisis de la base de datos de las estructuras reales, mediante gráficas estructurales se deduce que:

Las estructuras presentan una orientación donde se puede observar un rumbo principal N70°E, además de una dirección de manto principal S – E.

Tabla 17 Resultados de la clasificación de estructuras Geotech_UG_005

Clasificación de estructuras	Cantidad de estructuras	Rank
Estructuras Selladas (azules)	304	1
Estructuras continuas (verdes)	92	2
Fallas y fracturas menores (Naranjas) menores a 5 cm	7	3
Fallas (rojas) mayores a 5 cm	12	4
Vetas y vetillas	311	5
Estruc / Zona de Material blando	0	6
Cambio Litológico	0	7
Total planos de discontinuidad	1749	

Conclusiones:

- Las estructuras en el Sondaje UG-005, muestran una tendencia principal de rumbo N70°E y una secundaria N20°W.
- Las direcciones manto muestran una dirección preferencial S-E, con una secundaria hacia el Oeste.
- Existen 19 estructuras abiertas, con potencial de ser fallas y zonas fracturadas, todas orientadas he identificadas.
- Existe 02 familia de estructuras abiertas:
 - N40°W / S-W
 - N70°E / S-E

Resultados sobre la clasificación de estructuras Geotech_UG_001

Del análisis de la base de datos de las estructuras reales, mediante gráficas estructurales se deduce que:

Las estructuras presentan una orientación donde se puede observar un rumbo principal N80°E, además de una dirección de manto principal Oeste. Las estructuras a lo largo del pozo se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18 Resultados de la clasificación de estructuras Geotech_UG_001

Clasificación de estructuras	Cantidad de estructuras	Rank
Estructuras Selladas (azules)	260	1
Estructuras continuas (verdes)	69	2
Fallas y fracturas menores (Naranjas) menores a 5 cm	1	3
Fallas (rojas) mayores a 5 cm	8	4
Vetas y vetillas	34	5
Estruc / Zona de Material blando	0	6
Cambio Litológico	0	7
Total planos de discontinuidad	372	

Conclusiones:

- Las estructuras en el Sondaje UG-001, muestran una tendencia principal de rumbo N80°E.
- Las direcciones manto muestran una dirección preferencial Oeste.
- Existen 9 estructuras abiertas, con potencial de ser fallas y zonas fracturadas, todas orientadas he identificadas.
- Existe 01 familia de estructuras abiertas:
- Norte / Oeste

Resultados sobre la clasificación de estructuras Geotech_OP_001

Del análisis de la base de datos de las estructuras reales, mediante gráficas estructurales se deduce que:

Las estructuras presentan una orientación donde se puede observar un rumbo principal N60°E, además de una dirección de manto principal S – E.

Las estructuras a lo largo del pozo se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19 Resultados de la clasificación de estructuras Geotech_OP_001

Clasificación de estructuras	Cantidad de estructuras	Rank
Estructuras Selladas (azules)	260	1
Estructuras continuas (verdes)	69	2
Fallas y fracturas menores (Naranjas) menores a 5 cm	1	3
Fallas (rojas) mayores a 5 cm	8	4
Vetas y vetillas	34	5
Estruc / Zona de Material blando	0	6
Cambio Litológico	0	7
Total planos de discontinuidad	372	

Conclusiones:

- Las estructuras en el Sondaje OP-001, muestran una tendencia principal de rumbo N60°E.
- Las direcciones manto muestran una dirección preferencial S – E.
- Existen 62 estructuras abiertas, con potencial de ser fallas y zonas fracturadas, todas orientadas he identificadas.
- Existe 01 familia de estructuras abiertas:
- N60°E / N - E

Resultados sobre la clasificación de estructuras Geotech_OP_002

Del análisis de la base de datos de las estructuras reales, mediante gráficas estructurales se deduce que:

Las estructuras presentan una orientación donde se puede observar un rumbo principal N70°E, además de una dirección de manto principal N – E.

Las estructuras a lo largo del pozo se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20 Resultados de la clasificación de estructuras Geotech_OP_002

Clasificación de estructuras	Cantidad de estructuras	Rank
Estructuras Selladas (azules)	206	1
Estructuras continuas (verdes)	116	2
Fallas y fracturas menores (Naranjas) menores a 5 cm	11	3
Fallas (rojas) mayores a 5 cm	6	4
Vetas y vetillas	34	5
Estruc / Zona de Material blando	0	6
Cambio Litológico	0	7
Total planos de discontinuidad	373	

Conclusiones:

- Las estructuras en el Sondaje OP-002, muestran una tendencia principal de rumbo N70°E.
- Las direcciones manto muestran una dirección preferencial N – E.
- Existen 17 estructuras abiertas, con potencial de ser fallas y zonas fracturadas, todas orientadas he identificadas.
- Existe 01 familia de estructuras abiertas:
- N60°E / N - E

Resultados sobre la clasificación de estructuras Geotech_OP_003

Del análisis de la base de datos de las estructuras reales, mediante gráficas estructurales se deduce que:

Las estructuras presentan una orientación donde se puede observar un rumbo principal N50°W, además de una dirección de manto principal N – E.

Las estructuras a lo largo del pozo se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21 Resultados de la clasificación de estructuras Geotech_OP_003

Clasificación de estructuras	Cantidad de estructuras	Rank
Estructuras Selladas (azules)	102	1
Estructuras continuas (verdes)	44	2
Fallas y fracturas menores (Naranjas) menores a 5 cm	5	3
Fallas (rojas) mayores a 5 cm	4	4
Vetas y vetillas	162	5
Estruc / Zona de Material blando	0	6
Cambio Litológico	0	7
Total planos de discontinuidad	317	

Conclusiones:

- Las estructuras en el Sondaje OP-003, muestran una tendencia principal de rumbo N50°W.
- Las direcciones manto muestran una dirección preferencial N – E.
- Existen 9 estructuras abiertas, con potencial de ser fallas y zonas fracturadas, todas orientadas he identificadas.
- Existe 02 familia de estructuras abiertas:
 - N40°W / N – E
 - N20°E / N – W

Resultados sobre la clasificación de estructuras Geotech_OP_006

Del análisis de la base de datos de las estructuras reales, mediante gráficas estructurales se deduce que:

Las estructuras presentan una orientación donde se puede observar un rumbo principal N70°W, además de una dirección de manto principal S – W.

Las estructuras a lo largo del pozo se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22 Resultados de la clasificación de estructuras Geotech_OP_006

Clasificación de estructuras	Cantidad de estructuras	Rank
Estructuras Selladas (azules)	102	1
Estructuras continuas (verdes)	44	2
Fallas y fracturas menores (Naranjas) menores a 5 cm	5	3
Fallas (rojas) mayores a 5 cm	4	4
Vetas y vetillas	162	5
Estruc / Zona de Material blando	0	6
Cambio Litológico	0	7
Total planos de discontinuidad	317	

Conclusiones:

- Las estructuras en el Sondaje OP-006, muestran una tendencia principal de rumbo N70°W.
- Las direcciones manto muestran una dirección preferencial S – W.
- Existen 30 estructuras abiertas, con potencial de ser fallas y zonas fracturadas, todas orientadas he identificadas.
- Existe 02 familia de estructuras abiertas:
- N70°W / N – E
- N50°E / N – W

Resultados sobre la clasificación de estructuras Geotech_OP_007

Del análisis de la base de datos de las estructuras reales, mediante gráficas estructurales se deduce que:

Las estructuras presentan una orientación donde se puede observar un rumbo principal N70°W, además de una dirección de manto principal N20°E.

Las estructuras a lo largo del pozo se muestran en la Tabla 23

Tabla 23 Resultados de la clasificación de estructuras Geotech_OP_007

Clasificación de estructuras	Cantidad de estructuras	Rank
Estructuras Selladas (azules)	337	1
Estructuras continuas (verdes)	102	2
Fallas y fracturas menores (Naranjas) menores a 5 cm	5	3
Fallas (rojas) mayores a 5 cm	10	4
Vetas y vetillas	216	5
Estruc / Zona de Material blando	0	6
Cambio Litológico	0	7
Total planos de discontinuidad	670	

Conclusiones:

- Las estructuras en el Sondaje OP-007, muestran una tendencia principal de rumbo N70°W.
- Las direcciones manto muestran una dirección preferencial N20°E.
- Existen 15 estructuras abiertas, con potencial de ser fallas y zonas fracturadas, todas orientadas he identificadas.
- Existe 01 familia de estructuras abiertas:
- N80°W / N – E

Resultados sobre la clasificación de estructuras Geotech_OP_008

Del análisis de la base de datos de las estructuras reales, mediante gráficas estructurales se deduce que:

Las estructuras presentan una orientación donde se puede observar un rumbo principal N30°W, además de una dirección de manto principal Oeste.

Las estructuras a lo largo del pozo se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24 Resultados de la clasificación de estructuras Geotech_OP_008

Clasificación de estructuras	Cantidad de estructuras	Rank
Estructuras Selladas (azules)	289	1
Estructuras continuas (verdes)	127	2
Fallas y fracturas menores (Naranjas) menores a 5 cm	13	3
Fallas (rojas) mayores a 5 cm	10	4
Vetas y vetillas	123	5
Estruc / Zona de Material blando	0	6
Cambio Litológico	0	7
Total planos de discontinuidad	562	

Conclusiones:

- Las estructuras en el Sondaje OP-008, muestran una tendencia principal de rumbo N30°W.
- Las direcciones manto muestran una dirección preferencial Oeste.
- Existen 23 estructuras abiertas, con potencial de ser fallas y zonas fracturadas, todas orientadas he identificadas.
- Existe 01 familia de estructuras abiertas:
- N50°E / N – W

Registros estructurales y características geomecánicas

Exclusivamente, en los testigos correspondientes a horizontes rocosos, fueron examinadas las características de fracturamiento y la caracterización geomecánica, siguiendo los criterios de Bieniawski (1989) y la información brindada por SRK antes de iniciar las investigaciones en campo.

El parámetro que resulta de esta evaluación es el Índice Rock Mass Rating (RMR) cuyos valores se consignan en los registros de perforación y en los cuadros de parámetros geomecánicos de los macizos rocosos. En relación a la evaluación del índice RQD fueron aplicados los criterios de Don U. Dier.

Los registros fotográficos de los testigos de perforación se encuentran en el Anexo 1. Seguidamente, se muestra las características geotécnicas de cada taladro perforado en la unidad minera.

Taladro Geotech_UG_001

Durante la perforación diamantina se ha obtenido testigos de perforación compuesta por rocas de composición dacitas porfíricas, conglomerados, brechas freatomagmáticas, areniscas y limolitas. La caracterización geomecánica ha servido para la elaboración de la columna perforada. En la Tabla 25 se muestra las características principales.

Tabla 25 Características geomecánicas según la perforación Geotech_UG_01

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
0.30	0.70	Dacitas porfiríticas	53	56	Regular
0.70	1.10	Dacitas porfiríticas	53	56	Regular
1.10	2.60	Dacitas porfiríticas	56	60	Regular
2.60	4.10	Dacitas porfiríticas	47	41	Mala
4.10	4.70	Dacitas porfiríticas	49	53	Regular
4.70	5.05	Dacitas porfiríticas	56	52	Regular
5.05	5.90	Dacitas porfiríticas	51	55	Regular
5.90	7.05	Dacitas porfiríticas	51	55	Regular
7.05	7.90	Dacitas porfiríticas	47	42	Mala
7.90	8.40	Dacitas porfiríticas	56	53	Regular
8.40	9.00	Dacitas porfiríticas	63	67	Regular
9.00	9.60	Dacitas porfiríticas	66	69	Regular
9.60	10.65	Dacitas porfiríticas	60	64	Regular
10.65	11.50	Dacitas porfiríticas	49	43	Mala
11.50	12.45	Dacitas porfiríticas	59	61	Regular
12.45	13.10	Dacitas porfiríticas	46	42	Mala
13.10	13.70	Dacitas porfiríticas	44	39	Mala
13.70	14.35	Dacitas porfiríticas	48	45	Mala
14.35	14.90	Dacitas porfiríticas	52	48	Regular
14.90	15.80	Dacitas porfiríticas	55	60	Regular
15.80	16.65	Dacitas porfiríticas	60	65	Regular
16.65	17.50	Dacitas porfiríticas	61	64	Regular
17.50	18.50	Dacitas porfiríticas	69	72	Buena
18.50	19.10	Dacitas porfiríticas	66	69	Buena
19.10	19.30	Dacitas porfiríticas	66	59	Buena
19.30	20.60	Dacitas porfiríticas	55	49	Regular
20.60	21.80	Dacitas porfiríticas	48	52	Regular
21.80	22.95	Dacitas porfiríticas	73	76	Buena
22.95	24.55	Dacitas porfiríticas	55	59	Regular
24.55	25.65	Dacitas porfiríticas	66	60	Regular
25.65	26.95	Dacitas porfiríticas	54	57	Regular
26.95	27.80	Dacitas porfiríticas	49	45	Mala
27.80	29.30	Dacitas porfiríticas	62	67	Regular
29.30	30.45	Dacitas porfiríticas	61	55	Regular
30.45	31.10	Dacitas porfiríticas	58	63	Regular

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
31.10	31.90	Dacitas porfíricas	56	60	Regular
31.90	32.10	Dacitas porfíricas	51	45	Regular
32.10	32.60	Dacitas porfíricas	71	73	Buena
32.60	33.75	Dacitas porfíricas	76	78	Buena
33.75	35.25	Dacitas porfíricas	76	78	Buena
35.25	36.75	Dacitas porfíricas	64	68	Buena
36.75	38.25	Dacitas porfíricas	66	70	Buena
38.25	39.80	Dacitas porfíricas	63	68	Buena
39.80	41.25	Dacitas porfíricas	60	64	Buena
41.25	42.85	Dacitas porfíricas	58	63	Buena
42.85	44.30	Dacitas porfíricas	62	66	Buena
44.30	45.90	Dacitas porfíricas	61	65	Buena
45.90	47.45	Dacitas porfíricas	62	67	Buena
47.45	49.00	Dacitas porfíricas	64	68	Buena
49.00	50.55	Dacitas porfíricas	63	67	Buena
50.55	52.15	Dacitas porfíricas	61	67	Buena
52.15	53.25	Dacitas porfíricas	63	67	Buena
53.25	53.45	Dacitas porfíricas	52	47	Regular
53.45	55.05	Dacitas porfíricas	59	64	Regular
55.05	56.60	Dacitas porfíricas	64	69	Regular
56.60	58.15	Dacitas porfíricas	69	74	Buena
58.15	59.25	Dacitas porfíricas	58	52	Regular
59.25	59.90	Dacitas porfíricas	73	76	Buena
59.90	61.20	Dacitas porfíricas	65	70	Buena
61.20	62.80	Dacitas porfíricas	77	79	Buena
62.80	63.90	Conglomerados	63	68	Buena
63.90	65.50	Conglomerados	62	66	Buena
65.50	67.05	Conglomerados	59	63	Buena
67.05	68.20	Conglomerados	55	50	Regular
68.20	68.75	Brechas freatomagmáticas	68	72	Buena
68.75	70.35	Conglomerados	73	76	Buena
70.35	71.85	Brechas freatomagmáticas	68	72	Buena
71.85	73.35	Brechas freatomagmáticas	60	64	Buena
73.35	74.85	Brechas freatomagmáticas	71	75	Buena
74.85	76.15	Brechas freatomagmáticas	66	70	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
76.15	77.75	Brechas freatomagmáticas	71	73	Buena
77.75	78.95	Brechas freatomagmáticas	68	70	Buena
78.95	79.75	Brechas freatomagmáticas	66	70	Buena
79.75	80.35	Brechas freatomagmáticas	75	77	Buena
80.35	81.95	Brechas freatomagmáticas	64	68	Buena
81.95	83.55	Conglomerados	58	52	Buena
83.55	85.15	Conglomerados	66	70	Buena
85.15	86.65	Conglomerados	66	70	Buena
86.65	88.10	Conglomerados	62	66	Buena
88.10	89.65	Conglomerados	61	65	Buena
89.65	91.15	Conglomerados	64	68	Buena
91.15	92.65	Conglomerados	68	72	Buena
92.65	94.15	Conglomerados	70	74	Buena
94.15	95.65	Brechas freatomagmáticas	62	56	Buena
95.65	97.15	Brechas freatomagmáticas	65	68	Buena
97.15	97.90	Brechas freatomagmáticas	72	75	Buena
97.90	98.60	Brechas freatomagmáticas	59	64	Buena
98.60	100.15	Brechas freatomagmáticas	77	80	Buena
100.15	101.55	Conglomerados	64	69	Buena
101.55	103.15	Conglomerados	70	75	Buena
103.15	104.60	Conglomerados	60	64	Buena
104.60	106.15	Conglomerados	70	74	Buena
106.15	107.65	Conglomerados	77	79	Buena
107.65	109.15	Conglomerados	61	65	Buena
109.15	110.65	Conglomerados	68	73	Buena
110.65	112.25	Conglomerados	64	68	Buena
112.25	113.70	Conglomerados	68	73	Buena
113.70	115.20	Conglomerados	65	70	Buena
115.20	116.70	Conglomerados	71	75	Buena
116.70	118.00	Conglomerados	65	70	Buena
118.00	119.60	Conglomerados	70	75	Buena
119.60	121.20	Conglomerados	65	69	Buena
121.20	122.70	Conglomerados	69	73	Buena
122.70	124.20	Conglomerados	72	77	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
124.20	125.70	Conglomerados	75	79	Buena
125.70	127.20	Conglomerados	71	76	Buena
127.20	128.70	Conglomerados	68	73	Buena
128.70	130.20	Conglomerados	68	73	Buena
130.20	131.70	Conglomerados	61	66	Regular
131.70	133.20	Conglomerados	55	60	Regular
133.20	134.60	Conglomerados	66	70	Buena
134.60	136.20	Conglomerados	67	72	Buena
136.20	137.70	Conglomerados	60	65	Buena
137.70	139.20	Conglomerados	71	76	Buena
139.20	140.60	Conglomerados	62	66	Buena
140.60	142.15	Conglomerados	82	83	Buena
142.15	143.65	Conglomerados	69	74	Buena
143.65	145.20	Conglomerados	64	69	Buena
145.20	146.70	Conglomerados	64	69	Buena
146.70	148.10	Conglomerados	64	69	Buena
148.10	149.60	Conglomerados	65	69	Buena
149.60	151.20	Arenisca	67	71	Buena
151.20	152.75	Arenisca	64	69	Buena
152.75	153.35	Arenisca	62	66	Buena
153.35	154.25	Arenisca	70	72	Buena
154.25	155.75	Arenisca	71	75	Buena
155.75	157.25	Arenisca	64	69	Buena
157.25	157.95	Conglomerados	75	77	Buena
157.95	158.80	Brechas freatomagmáticas	75	77	Buena
158.80	160.30	Conglomerados	80	82	Buena
160.30	161.75	Brechas freatomagmáticas	66	71	Buena

161.75	163.25	Conglomerados	79	81	Buena
163.25	164.75	Dacitas porfíricas	65	69	Buena
164.75	165.55	Arenisca	40	36	Mala
165.55	166.25	Dacitas porfíricas	62	56	Buena
166.25	167.75	Dacitas porfíricas	60	64	Buena
167.75	169.25	Dacitas porfíricas	56	50	Buena
169.25	170.75	Dacitas porfíricas	56	61	Buena
170.75	172.30	Dacitas porfíricas	60	64	Buena
172.30	173.80	Dacitas porfíricas	62	66	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
173.80	175.30	Dacitas porfíricas	59	63	Buena
175.30	176.80	Dacitas porfíricas	63	67	Buena
176.80	178.30	Dacitas porfíricas	57	61	Buena
178.30	179.80	Dacitas porfíricas	76	78	Buena
179.80	181.30	Dacitas porfíricas	78	80	Buena
181.30	182.80	Dacitas porfíricas	65	69	Buena
182.80	184.30	Dacitas porfíricas	78	80	Buena
184.30	185.80	Dacitas porfíricas	80	81	Buena
185.80	187.30	Dacitas porfíricas	80	81	Buena
187.30	188.80	Dacitas porfíricas	80	81	Buena
188.80	190.35	Dacitas porfíricas	74	77	Buena
190.35	191.85	Dacitas porfíricas	47	44	Mala
191.85	193.35	Dacitas porfíricas	54	50	Mala
193.35	194.85	Dacitas porfíricas	46	42	Mala
194.85	196.35	Limolitas	45	41	Mala
196.35	197.85	Limolitas	40	38	Mala
197.85	199.35	Limolitas	66	70	Buena
199.35	200.15	Limolitas	54	49	Regular

Taladro Geotech_UG_005

Durante la perforación diamantina se ha obtenido testigos de perforación compuestas por rocas de composición dacitas porfíricas, aglomerados, depósitos piroclásticos tobas y brechas en la base. La caracterización geomecánica ha servido para la elaboración de la columna perforada. En la Tabla 26 se muestra las características principales.

Tabla 26 Características geomecánicas según la perforación Geotech_UG_05

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
0.00	1.00	Dacitas porfíricas	42	41	Mala
1.00	2.60	Dacitas porfíricas	56	62	Regular
2.60	4.05	Dacitas porfíricas	63	59	Regular
4.05	5.55	Dacitas porfíricas	52	49	Regular
5.55	6.95	Brechas freatomagmáticas	45	41	Mala
6.95	8.50	Aglomerado	80	82	Buena
8.50	10.05	Aglomerado	69	71	Buena
10.05	11.55	Aglomerado	64	68	Buena
11.55	12.85	Aglomerado	81	83	Buena
12.85	14.35	Aglomerado	54	59	Regular
14.35	15.85	Aglomerado	80	82	Buena
15.85	17.45	Aglomerado	77	79	Buena
17.45	18.95	Aglomerado	65	68	Buena
18.95	20.45	Aglomerado	63	67	Buena
20.45	21.75	Aglomerado	76	78	Buena
21.75	22.95	Aglomerado	48	44	Mala
22.95	24.45	Dacitas porfíricas	34	31	Mala
24.45	26.00	Dacitas porfíricas	60	64	Regular
26.00	27.50	Dacitas porfíricas	51	47	Mala
27.50	29.00	Dacitas porfíricas	62	65	Regular
29.00	30.50	Dacitas porfíricas	49	46	Regular
30.50	32.00	Aglomerado	70	71	Buena
32.00	33.05	Dacitas porfíricas	*	*	*
33.05	34.60	Dacitas porfíricas	64	68	Buena
34.60	36.10	Depósitos piroclásticos	74	78	Buena

36.10	37.70	Depósitos piroclásticos	63	67	Buena
37.70	39.30	Aglomerado	68	72	Buena
39.30	40.90	Aglomerado	*	*	*
40.90	42.50	Aglomerado	74	78	Buena
42.50	44.10	Aglomerado	62	65	Regular
44.10	45.70	Aglomerado	*	*	*
45.70	47.20	Aglomerado	*	*	*
47.20	48.70	Dacitas porfíricas	*	*	*

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
48.70	50.20	Dacitas porfíricas	61	66	Regular
50.20	51.75	Depósitos piroclásticos	68	72	Buena
51.75	53.20	Depósitos piroclásticos	58	53	Regular
53.20	54.70	Depósitos piroclásticos	52	57	Regular
54.70	56.20	Depósitos piroclásticos	64	68	Regular
56.20	57.70	Depósitos piroclásticos	67	71	Buena
57.70	59.20	Depósitos piroclásticos	58	63	Buena
59.20	60.70	Depósitos piroclásticos	64	68	Regular
60.70	62.20	Depósitos piroclásticos	66	69	Regular
62.20	63.65	Depósitos piroclásticos	60	66	Regular
63.65	65.20	Depósitos piroclásticos	59	63	Regular
65.20	66.70	Depósitos piroclásticos	56	60	Regular
66.70	68.10	Depósitos piroclásticos	52	56	Regular
68.10	69.60	Depósitos piroclásticos	53	58	Regular
69.60	71.10	Tobas	*	*	*
71.10	72.70	Tobas	51	57	Buena
72.70	74.30	Tobas	55	60	Buena
74.30	75.70	Tobas	46	42	Mala
75.70	77.20	Tobas	58	63	Buena
77.20	78.80	Tobas	63	67	Buena
78.80	80.40	Tobas	43	40	Mala
80.40	81.90	Tobas	45	41	Mala
81.90	83.30	Tobas	41	39	Mala
83.30	84.60	Tobas	40	38	Mala

84.60	85.40	Tobas	54	58	Regular
85.40	87.00	Depósitos piroclásticos	60	64	Buena
87.00	88.10	Depósitos piroclásticos	75	77	Buena
88.10	89.60	Depósitos piroclásticos	78	80	Buena
89.60	91.20	Depósitos piroclásticos	62	57	Buena
91.20	92.60	Depósitos piroclásticos	65	69	Buena
92.60	93.80	Depósitos piroclásticos	62	67	Buena
93.80	95.20	Tobas	71	75	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
95.20	96.80	Depósitos piroclásticos	64	69	Buena
96.80	98.20	Depósitos piroclásticos	52	46	Buena
98.20	99.70	Depósitos piroclásticos	56	61	Buena
99.70	101.00	Depósitos piroclásticos	55	49	Regular
101.00	102.40	Depósitos piroclásticos	68	72	Buena
102.40	104.00	Depósitos piroclásticos	59	64	Buena
104.00	105.50	Depósitos piroclásticos	55	60	Regular
105.50	107.00	Depósitos piroclásticos	50	55	Regular
107.00	108.40	Depósitos piroclásticos	55	60	Regular
108.40	109.20	Brechas	46	51	Mala
109.20	110.70	Brechas	37	42	Buena
110.70	112.10	Brechas	53	58	Buena
112.10	113.70	Tobas	55	60	Regular
113.70	115.10	Tobas	46	41	Mala
115.10	116.60	Tobas	48	53	Mala
116.60	118.10	Tobas	53	58	Regular
118.10	119.55	Tobas	55	60	Regular
119.55	121.00	Tobas	46	51	Mala
121.00	122.50	Tobas	48	53	Mala
122.50	124.00	Tobas	44	49	Mala
124.00	125.60	Tobas	46	51	Mala
125.60	127.00	Tobas	42	47	Mala
127.00	127.80	Tobas	52	57	Regular
127.80	129.40	Dacitas porfíricas	51	56	Regular

129.40	130.40	Dacitas porfíricas	50	55	Regular
130.40	131.90	Dacitas porfíricas	62	67	Buena
131.90	133.50	Dacitas porfíricas	53	58	Regular
133.50	134.90	Dacitas porfíricas	62	67	Buena
134.90	136.40	Dacitas porfíricas	51	56	Regular
136.40	137.80	Dacitas porfíricas	31	28	Regular
137.80	139.30	Dacitas porfíricas	49	54	Regular
139.30	140.70	Dacitas porfíricas	51	56	Regular
140.70	142.20	Dacitas porfíricas	49	44	Mala
142.20	143.00	Dacitas porfíricas	49	54	Mala

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
143.00	144.60	Dacitas porfíricas	62	67	Buena
144.60	145.80	Dacitas porfíricas	53	58	Buena
145.80	147.20	Dacitas porfíricas	60	65	Buena
147.20	148.30	Dacitas porfíricas	62	67	Buena
148.30	148.90	Dacitas porfíricas	55	60	Buena
148.90	150.40	Dacitas porfíricas	47	44	Mala
150.40	151.70	Dacitas porfíricas	60	65	Regular
151.70	153.20	Dacitas porfíricas	55	60	Regular
153.20	154.70	Dacitas porfíricas	55	60	Regular
154.70	156.30	Dacitas porfíricas	62	67	Regular
156.30	157.80	Dacitas porfíricas	58	63	Regular
157.80	158.30	Dacitas porfíricas	55	60	Regular
158.30	159.90	Dacitas porfíricas	60	65	Regular
159.90	160.90	Dacitas porfíricas	62	67	Regular
160.90	162.40	Dacitas porfíricas	55	60	Regular
162.40	164.00	Dacitas porfíricas	60	65	Regular
164.00	165.55	Dacitas porfíricas	58	63	Regular
165.55	167.15	Dacitas porfíricas	60	65	Regular
167.15	168.10	Dacitas porfíricas	57	62	Regular
168.10	169.70	Dacitas porfíricas	60	65	Regular
169.70	171.20	Dacitas porfíricas	60	65	Regular
171.20	172.75	Dacitas porfíricas	62	67	Regular
172.75	174.30	Dacitas porfíricas	62	67	Regular
174.30	175.80	Dacitas porfíricas	53	58	Regular
175.80	176.55	Dacitas porfíricas	53	58	Regular

176.55	178.10	Dacitas porfíricas	60	65	Regular
178.10	179.70	Dacitas porfíricas	39	34	Mala
179.70	180.50	Dacitas porfíricas	53	58	Regular
180.50	182.00	Dacitas porfíricas	55	60	Regular
182.00	183.50	Dacitas porfíricas	47	52	Mala
183.50	185.00	Dacitas porfíricas	45	40	Mala
185.00	186.60	Dacitas porfíricas	48	53	Mala
186.60	188.10	Dacitas porfíricas	50	55	Regular
188.10	189.65	Depósitos piroclásticos	50	55	Regular
189.65	189.95	Depósitos piroclásticos	52	57	Regular
189.95	190.95	Depósitos piroclásticos	50	55	Regular

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
190.95	192.35	Depósitos piroclásticos	45	40	Mala
192.35	193.45	Depósitos piroclásticos	46	43	Mala
193.45	195.05	Depósitos piroclásticos	50	55	Regular
195.05	196.65	Depósitos piroclásticos	57	62	Regular
196.65	198.25	Depósitos piroclásticos	48	53	Mala
198.25	199.80	Depósitos piroclásticos	45	40	Mala
199.80	200.30	Brechas	49	54	Mala

Taladro Geotech_OP_001

Durante la perforación diamantina se ha obtenido testigos de perforación compuesta por rocas de composición dacitas porfíricas, calizas, calizas varvadas, dolomías, dolomías varvadas y limo arcillitas. La caracterización geomecánica ha servido para la elaboración de la columna perforada. En la Tabla 27 se muestra las características principales.

Tabla 27 Características geomecánicas según la perforación Geotech_OP_01

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
81.55	82.30	Dacitas porfíricas	64	68	Regular
81.55	83.80	Dacitas porfíricas	44	41	Mala
83.80	85.30	Dacitas porfíricas	48	45	Mala
85.30	85.80	Calizas	57	53	Regular
85.80	87.30	Calizas	49	48	Mala
87.30	87.40	Calizas	*	*	*
87.40	88.30	Calizas	51	48	Regular
88.30	89.80	Calizas	57	54	Regular
89.80	91.30	Calizas	55	51	Regular
91.30	92.80	Calizas	46	45	Mala
92.80	94.30	Calizas	52	48	Regular
94.30	95.80	Calizas	53	50	Regular
95.80	97.30	Calizas	63	68	Buena
97.30	97.80	Calizas	60	57	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
97.80	99.30	Calizas	64	59	Buena
99.30	99.70	Calizas	50	48	Mala
99.70	100.40	Calizas	64	59	Regular
100.40	101.60	Calizas	54	49	Regular
101.60	103.10	Caliza Varvada	51	45	Mala
103.10	104.60	Caliza Varvada	49	46	Mala
104.60	106.15	Calizas	47	44	Mala
106.15	107.60	Calizas	51	46	Mala
107.60	109.10	Calizas	43	42	Mala
109.10	110.10	Calizas	44	43	Mala
110.10	111.60	Calizas	46	42	Mala
111.60	112.30	Calizas	45	42	Mala
112.30	112.60	Calizas	61	56	Buena
112.60	114.10	Calizas	54	60	Regular
114.10	115.30	Calizas	55	49	Regular
115.30	116.80	Calizas	53	49	Regular
116.80	118.30	Calizas	55	51	Regular
118.30	119.00	Calizas	61	56	Regular
119.00	119.70	Calizas	50	47	Mala

119.70	120.10	Calizas	57	51	Regular
120.10	121.30	Calizas	55	49	Regular
121.30	122.80	Caliza Varvada	50	46	Mala
122.80	124.30	Calizas	50	47	Regular
124.30	125.80	Calizas	51	48	Regular
125.80	126.00	Calizas	63	57	Regular
126.00	127.30	Calizas	47	43	Mala
127.30	128.40	Dolomias	47	42	Mala
128.40	129.05	Dolomias	50	46	Mala
129.05	130.05	Dolomias	44	39	Mala
130.05	131.60	Dolomias	48	44	Mala
131.60	132.10	Limoarcillitas	47	44	Mala
132.10	133.40	Limoarcillitas	52	49	Mala
133.40	134.95	Limoarcillitas	48	45	Mala
134.95	135.60	Limoarcillitas	46	42	Mala
135.60	136.60	Dolomias	53	48	Mala
136.60	138.15	Dolomias	48	45	Mala

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
138.15	138.85	Dolomias	44	41	Mala
138.85	139.55	Dolomias	53	49	Mala
139.55	140.00	Dolomias	46	42	Mala
140.00	141.50	Dolomias	53	49	Mala
141.50	141.75	Dolomiasvarvadas	55	51	Mala
141.75	142.70	Dolomiasvarvadas	51	47	Mala
142.70	144.05	Dolomiasvarvadas	50	47	Mala
144.05	145.50	Dolomiasvarvadas	47	44	Mala
145.50	147.00	Dolomiasvarvadas	50	46	Mala
147.00	148.00	Calizas	51	46	Mala
148.00	149.50	Calizas	44	40	Mala
149.50	150.20	Calizas	43	40	Mala
150.20	151.70	Calizas	45	42	Mala
151.70	153.20	Dolomiasvarvadas	57	53	Mala
153.20	154.70	Tobas	55	51	Mala
154.70	155.70	Dolomiasvarvadas	44	40	Mala
155.70	157.20	Dolomias varvadas	46	42	Mala

157.20	158.70	Dolomias	50	46	Mala
158.70	160.20	Tobas	47	43	Mala
160.20	161.70	Dolomias	47	43	Mala
163.20	163.30	Dolomias	28	25	Muy mala
163.30	164.15	Dolomias	24	19	Muy mala
164.15	165.25	Dolomias	24	19	Muy mala
165.25	165.55	Dolomias	29	26	Muy mala
165.55	166.25	Dolomias	24	24	Muy mala
166.25	166.65	Margas	27	24	Muy mala
166.65	167.50	Margas	27	24	Muy mala
167.50	167.75	Dolomiasvarvadas	30	27	Muy mala
167.75	168.05	Limoarcillitas	27	24	Muy mala
168.05	169.55	Limoarcillitas	28	25	Muy mala
169.55	170.55	Limoarcillitas	33	30	Muy mala
170.55	171.55	Limoarcillitas	41	36	Muy mala
171.55	172.65	Limoarcillitas	38	33	Muy mala
172.65	174.15	Limoarcillitas	42	37	Muy mala

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
174.15	175.65	Dolomias	30	27	Muy mala
175.65	176.05	Dolomias	45	40	Muy mala
176.05	177.55	Dolomias	41	36	Muy mala
177.55	178.65	Dolomias	45	50	Muy mala
178.65	179.45	Dolomias	43	48	Muy mala
179.45	179.65	Dolomias	39	34	Muy mala
179.65	180.20	Dolomias	24	24	Muy mala
180.20	180.35	Dolomias	33	30	Muy mala
180.35	181.70	Dolomiasvarvadas	23	18	Muy mala
181.70	183.05	Dolomiasvarvadas	37	34	Muy mala
183.05	184.55	Dolomiasvarvadas	41	36	Muy mala
184.55	185.25	Dolomias varvadas	45	50	Mala
185.25	186.75	Dolomias	39	36	Muy mala
186.75	187.75	Dolomias	43	38	Muy mala
187.75	189.25	Dolomias	45	50	Mala
189.25	190.75	Dolomias	37	34	Mala
190.75	192.25	Dolomias	41	36	Mala

192.25	193.75	Dolomias	41	36	Mala
193.75	195.25	Dolomias	45	50	Mala
195.25	196.05	Dolomias	39	36	Mala
196.05	196.30	Dolomias	37	34	Mala
196.30	196.70	Dolomias	27	24	Muy mala
196.70	198.20	Dolomias	28	25	Mala
198.20	199.70	Dolomias	45	40	Mala
199.70	200.20	Dolomias	45	50	Mala

Taladro Geotech_OP_002

Durante la perforación diamantina se ha obtenido testigos de perforación compuesta solo de dacitas porfíricas. La caracterización geomecánica ha servido para la elaboración de la columna perforada. En la Tabla 28 se muestra las características principales.

Tabla 28 Características geomecánicas según la perforación Geotech_OP_02

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
4.55	5.15	Dacitas porfíricas	68	70	Buena
5.15	5.75	Dacitas porfíricas	68	70	Buena
5.75	6.35	Dacitas porfíricas	68	70	Buena
6.35	6.80	Dacitas porfíricas	55	60	Buena
6.80	7.25	Dacitas porfíricas	65	67	Buena
7.25	8.15	Dacitas porfíricas	68	70	Buena
8.15	9.55	Dacitas porfíricas	53	59	regular
9.55	10.00	Dacitas porfíricas	68	70	Buena
10.00	10.40	Dacitas porfíricas	69	71	Buena
10.40	11.95	Dacitas porfíricas	74	76	Buena
11.95	13.40	Dacitas porfíricas	53	57	Buena
13.40	14.90	Dacitas porfíricas	56	62	Buena
14.90	16.40	Dacitas porfíricas	58	63	Buena
16.40	17.90	Dacitas porfíricas	46	52	Buena
17.90	19.40	Dacitas porfíricas	65	70	Buena

19.40	20.90	Dacitas porfíricas	64	68	Buena
20.90	22.40	Dacitas porfíricas	55	59	Buena
22.40	23.90	Dacitas porfíricas	52	57	Buena
23.90	25.40	Dacitas porfíricas	63	67	Buena
25.40	26.90	Dacitas porfíricas	38	34	Buena
26.90	27.90	Dacitas porfíricas	43	40	Buena
27.90	28.40	Dacitas porfíricas	60	63	Buena
28.40	29.90	Dacitas porfíricas	65	70	Buena
29.90	31.40	Dacitas porfíricas	63	68	Buena
31.40	32.90	Dacitas porfíricas	59	65	Buena
32.90	34.40	Dacitas porfíricas	80	81	Buena
34.40	35.90	Dacitas porfíricas	63	69	Buena
35.90	37.40	Dacitas porfíricas	56	60	Buena
37.40	38.90	Dacitas porfíricas	79	80	Buena
38.90	40.40	Dacitas porfíricas	80	81	Buena
40.40	41.90	Dacitas porfíricas	81	82	Buena
41.90	43.40	Dacitas porfíricas	56	52	Buena
43.40	44.90	Dacitas porfíricas	68	71	Buena
44.90	46.40	Dacitas porfíricas	80	81	Buena
46.40	47.90	Dacitas porfíricas	75	77	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
47.90	49.40	Dacitas porfíricas	75	78	Buena
49.40	50.90	Dacitas porfíricas	53	58	Buena
50.90	52.40	Dacitas porfíricas	67	71	Buena
52.40	53.90	Dacitas porfíricas	76	78	Buena
53.90	55.40	Dacitas porfíricas	78	79	Buena
55.40	56.90	Dacitas porfíricas	62	67	Buena
56.90	58.40	Dacitas porfíricas	74	77	Buena
58.40	59.90	Dacitas porfíricas	69	73	Buena
59.90	61.40	Dacitas porfíricas	60	63	Buena
61.40	64.40	Dacitas porfíricas	53	57	Buena
64.40	65.90	Dacitas porfíricas	54	59	Buena
65.90	67.40	Dacitas porfíricas	51	47	Buena
67.40	68.90	Dacitas porfíricas	50	45	Buena
68.90	70.40	Dacitas porfíricas	51	56	Buena
70.40	71.90	Dacitas porfíricas	47	42	Mala

71.90	73.40	Dacitas porfíricas	48	43	Mala
73.40	74.90	Dacitas porfíricas	50	46	Mala
74.90	76.40	Dacitas porfíricas	61	65	Buena
76.40	77.90	Dacitas porfíricas	45	41	Mala
77.90	79.40	Dacitas porfíricas	45	41	Mala
79.40	80.90	Dacitas porfíricas	47	43	Mala
80.90	82.40	Dacitas porfíricas	42	38	Mala
82.40	83.90	Dacitas porfíricas	47	44	Mala
83.90	85.40	Dacitas porfíricas	55	49	Mala
85.40	86.90	Dacitas porfíricas	57	62	Regular
86.90	88.40	Dacitas porfíricas	58	52	Regular
88.40	89.90	Dacitas porfíricas	66	71	Buena
89.90	91.40	Dacitas porfíricas	55	60	Buena
91.40	92.90	Dacitas porfíricas	65	70	Buena
92.90	94.40	Dacitas porfíricas	65	70	Buena
94.40	95.90	Dacitas porfíricas	53	57	Regular
95.90	97.40	Dacitas porfíricas	49	44	Buena
97.40	98.90	Dacitas porfíricas	57	62	Buena
98.90	100.40	Dacitas porfíricas	60	65	Buena
100.40	101.90	Dacitas porfíricas	60	64	Buena
101.90	103.30	Dacitas porfíricas	41	36	Mala

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
103.30	104.80	Dacitas porfíricas	39	44	Buena
104.80	106.40	Dacitas porfíricas	41	46	Mala
106.40	107.90	Dacitas porfíricas	43	48	Mala
107.90	109.40	Dacitas porfíricas	41	46	Mala
109.40	110.00	Dacitas porfíricas	41	46	Mala
110.00	111.40	Dacitas porfíricas	45	50	Mala
111.40	112.40	Dacitas porfíricas	50	55	Mala
112.40	113.90	Dacitas porfíricas	45	50	Mala
113.90	114.55	Dacitas porfíricas	32	37	Mala
114.55	116.05	Dacitas porfíricas	32	37	Mala
116.05	117.10	Dacitas porfíricas	40	45	Mala
117.10	118.40	Dacitas porfíricas	44	49	Mala
118.40	119.90	Dacitas porfíricas	42	47	Mala
119.90	121.00	Dacitas porfíricas	34	29	Mala

121.00	122.50	Dacitas porfíricas	44	49	Mala
122.50	123.50	Dacitas porfíricas	40	35	Mala
123.50	125.00	Dacitas porfíricas	40	45	Mala
125.00	125.80	Dacitas porfíricas	42	47	Mala
125.80	127.35	Dacitas porfíricas	38	43	Mala
127.35	128.90	Dacitas porfíricas	44	49	Mala
128.90	130.45	Dacitas porfíricas	50	55	Regular

Taladro Geotech_OP_003

Durante la perforación diamantina se ha obtenido testigos de perforación compuesta por rocas de composición margas, conglomerados, volcanoclásticos, dacitas porfíricas y limoarcillitas. La caracterización geomecánica ha servido para la elaboración de la columna perforada. En la Tabla 29 se muestra las características principales.

Tabla 29 Características geomecánicas según la perforación Geotech_OP_03

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
19.85	20.85	Marga	54	49	Mala
20.85	22.05	Marga	51	47	Mala
22.05	23.60	Marga	55	60	Regular
23.60	25.00	Marga	62	66	Regular
25.00	26.60	Marga	59	64	Regular
26.60	28.05	Marga	61	65	Regular
28.05	29.65	Marga	73	76	Buena
29.65	31.05	Marga	65	69	Buena
31.05	32.65	Conglomerados	62	67	Buena
32.65	34.05	Volcanoclásticos	56	63	Regular
34.05	35.65	Volcanoclásticos	57	63	Regular
35.65	37.10	Conglomerados	68	72	Buena
37.10	38.70	Marga	64	67	Buena
38.70	40.20	Marga	78	79	Buena
40.20	41.80	Marga	59	65	Regular
41.80	43.20	Volcanoclásticos	59	55	Regular
43.20	44.80	Volcanoclásticos	59	64	Buena
44.80	46.20	Marga	68	70	Buena

46.20	47.70	Marga	78	79	Buena
47.70	49.20	Marga	62	66	Buena
49.20	50.70	Marga	68	70	Buena
50.70	52.20	Marga	78	79	Buena
52.20	53.80	Marga	68	70	Buena
53.80	55.20	Volcanoclásticos	73	76	Buena
55.20	56.80	Volcanoclásticos	64	66	Buena
56.80	58.15	Volcanoclásticos	79	80	Buena
58.15	59.65	Volcanoclásticos	74	76	Regular
59.65	61.15	Volcanoclásticos	60	64	Regular
61.15	62.65	Conglomerados	62	66	Buena
62.65	64.15	Marga	72	73	Buena
64.15	65.75	Marga	61	66	Buena
65.75	67.15	Marga	78	79	Buena
67.15	68.70	Conglomerados	61	65	Regular
68.70	70.15	Conglomerados	72	75	Regular
70.15	71.75	Conglomerados	76	79	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
71.75	73.15	Marga	80	81	Buena
73.15	74.75	Marga	74	75	Buena
74.75	76.20	Marga	72	74	Buena
76.20	77.80	Marga	79	80	Buena
77.80	79.30	Marga	61	65	Buena
79.30	80.90	Marga	58	63	Regular
80.90	82.20	Marga	69	72	Buena
82.20	83.80	Marga	76	78	Buena
83.80	85.25	Marga	60	65	Regular
85.25	86.75	Marga	60	65	Regular
86.75	88.25	Marga	71	74	Buena
88.25	89.75	Marga	74	76	Buena
89.75	91.25	Marga	65	69	Buena
91.25	92.85	Marga	60	64	Regular
92.85	94.25	Conglomerados	79	80	Buena
94.25	95.85	Conglomerados	63	57	Regular
95.85	97.35	Conglomerados	58	62	Regular
97.35	98.85	Conglomerados	61	66	Regular
98.85	100.35	Conglomerados	58	63	Regular

100.35	101.90	Volcanoclásticos	47	43	Mala
101.90	103.35	Volcanoclásticos	53	48	Mala
103.35	104.90	Volcanoclásticos	79	80	Buena
104.90	106.35	Volcanoclásticos	78	79	Buena
106.35	107.85	Volcanoclásticos	67	72	Buena
107.85	109.35	Volcanoclásticos	57	52	Regular
109.35	110.55	Volcanoclásticos	65	69	Buena
110.55	112.00	Volcanoclásticos	80	81	Buena
112.00	113.50	Volcanoclásticos	58	63	Regular
113.50	115.00	Conglomerados	62	66	Regular
115.00	116.50	Conglomerados	78	79	Buena
116.50	118.00	Conglomerados	78	79	Buena
118.00	119.50	Conglomerados	78	79	Buena
119.50	121.00	Conglomerados	67	70	Buena
121.00	122.50	Conglomerados	48	44	Mala
122.50	123.50	Conglomerados	43	42	Mala
123.50	124.65	Conglomerados	64	67	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
124.65	126.15	Conglomerados	46	43	Mala
126.15	127.65	Conglomerados	47	45	Mala
127.65	128.65	Conglomerados	79	80	Buena
128.65	130.00	Conglomerados	68	72	Buena
130.00	131.55	Volcanoclásticos	60	65	Buena
131.55	133.00	Volcanoclásticos	54	50	Regular
133.00	134.55	Volcanoclásticos	70	75	Buena
134.55	136.00	Conglomerados	61	66	Regular
136.00	137.50	Volcanoclásticos	52	48	Mala
137.50	139.00	Volcanoclásticos	64	57	Regular
139.00	140.50	Conglomerados	59	52	Regular
140.50	142.05	Conglomerados	65	70	Buena
142.05	143.45	Conglomerados	59	54	Regular
143.45	150.00	Vacio	*	*	*
150.00	150.30	Conglomerados	74	75	Buena
150.30	151.05	Conglomerados	57	52	Regular
151.05	152.25	Conglomerados	59	53	Regular
152.25	153.40	Conglomerados	56	50	Regular
153.40	154.90	Conglomerados	74	77	Buena

154.90	156.50	Conglomerados	59	53	Regular
156.50	158.00	Conglomerados	51	47	Mala
158.00	159.50	Conglomerados	65	69	Buena
159.50	161.00	Conglomerados	69	71	Buena
161.00	162.50	Conglomerados	59	53	Regular
162.50	162.70	Conglomerados	74	65	Buena
162.70	164.20	Conglomerados	52	49	Mala
164.20	164.90	Vacio	*	*	*
164.90	166.00	Conglomerados	51	48	Mala
166.00	167.50	Conglomerados	53	49	Mala
167.50	169.00	Conglomerados	56	51	Regular
169.00	170.50	Conglomerados	57	53	Regular
170.50	172.00	Conglomerados	63	67	Buena
172.00	173.50	Conglomerados	66	70	Buena
173.50	174.80	Conglomerados	54	49	Mala
174.80	175.60	Conglomerados	*	*	*
175.60	177.10	Conglomerados	69	72	Buena

Taladro Geotech_OP_006

Durante la perforación diamantina se ha obtenido testigos de perforación compuesta por rocas de composición dacitas porfíricas, depósitos piroclásticos y brechas freatomagmáticas. La caracterización geomecánica ha servido para la elaboración de la columna perforada. En la Tabla 30 se muestra las características principales.

Tabla 30 Características geomecánicas según la perforación Geotech_OP_06

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
21.90	23.50	Dacitas porfíricas	41	46	Mala
23.50	25.00	Dacitas porfíricas	44	49	Mala
25.00	26.40	Dacitas porfíricas	43	48	Mala
26.40	28.00	Dacitas porfíricas	52	57	Regular
28.00	29.50	Dacitas porfíricas	45	50	Mala
29.50	31.00	Dacitas porfíricas	46	42	Mala
31.00	32.50	Dacitas porfíricas	54	51	Regular
32.50	34.00	Dacitas porfíricas	33	39	Mala
34.00	35.50	Dacitas porfíricas	56	61	Buena

35.50	37.00	Dacitas porfíricas	43	38	Mala
37.00	38.50	Dacitas porfíricas	54	49	Mala
38.50	40.00	Dacitas porfíricas	56	51	Regular
40.00	41.50	Dacitas porfíricas	62	57	Regular
41.50	43.00	Dacitas porfíricas	58	63	Regular
43.00	44.50	Dacitas porfíricas	57	51	Regular
44.50	46.00	Dacitas porfíricas	48	46	Mala
46.00	47.55	Dacitas porfíricas	60	64	Regular
47.55	49.00	Dacitas porfíricas	60	66	Regular
49.00	50.50	Dacitas porfíricas	51	46	Regular
50.50	52.00	Dacitas porfíricas	52	58	Regular
52.00	53.15	Dacitas porfíricas	44	42	Mala
53.15	54.65	Dacitas porfíricas	48	44	Mala
54.65	56.15	Dacitas porfíricas	41	46	Mala
56.15	57.10	Dacitas porfíricas	44	49	Mala
57.10	58.70	Dacitas porfíricas	52	58	Regular
58.70	60.30	Dacitas porfíricas	46	52	Mala
60.30	61.90	Dacitas porfíricas	60	64	Regular
61.90	63.50	Dacitas porfíricas	56	61	Regular
63.50	65.10	Dacitas porfíricas	56	60	Regular
65.10	66.70	Dacitas porfíricas	55	60	Regular
66.70	68.20	Dacitas porfíricas	59	64	Buena
68.20	69.70	Dacitas porfíricas	62	66	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
69.70	71.20	Dacitas porfíricas	57	52	Regular
71.20	72.80	Dacitas porfíricas	51	45	Mala
72.80	74.30	Dacitas porfíricas	53	57	Regular
74.30	75.90	Dacitas porfíricas	72	74	Buena
75.90	77.50	Dacitas porfíricas	58	63	Buena
77.50	79.00	Dacitas porfíricas	60	65	Buena
79.00	80.50	Dacitas porfíricas	64	68	Buena
80.50	82.00	Dacitas porfíricas	73	74	Buena
82.00	83.50	Dacitas porfíricas	73	75	Buena
83.50	85.00	Dacitas porfíricas	75	77	Buena
85.00	86.50	Dacitas porfíricas	70	73	Buena
86.50	88.00	Dacitas porfíricas	77	79	Buena
88.00	89.50	Dacitas porfíricas	70	73	Buena

89.50	91.00	Dacitas porfíricas	69	72	Buena
91.00	92.50	Dacitas porfíricas	72	75	Buena
92.50	94.00	Dacitas porfíricas	67	70	Buena
94.00	95.50	Dacitas porfíricas	72	75	Buena
95.50	97.00	Dacitas porfíricas	72	75	Buena
97.00	98.50	Dacitas porfíricas	69	61	Buena
98.50	100.00	Dacitas porfíricas	65	69	Buena
100.00	101.50	Dacitas porfíricas	69	72	Buena
101.50	103.00	Dacitas porfíricas	74	77	Buena
103.00	104.10	Dacitas porfíricas	62	65	Buena
104.10	105.60	Dacitas porfíricas	67	71	Buena
105.60	107.10	Dacitas porfíricas	59	53	Buena
107.10	108.30	Dacitas porfíricas	51	45	Mala
108.30	109.55	Dacitas porfíricas	47	43	Mala
109.55	110.80	Dacitas porfíricas	45	42	Mala
110.80	111.90	Dacitas porfíricas	53	48	Mala
111.90	113.40	Dacitas porfíricas	68	70	Buena
113.40	114.90	Dacitas porfíricas	77	79	Buena
114.90	116.40	Dacitas porfíricas	76	78	Buena
116.40	117.90	Dacitas porfíricas	68	72	Buena
117.90	119.40	Dacitas porfíricas	67	70	Buena
119.40	120.90	Dacitas porfíricas	67	71	Buena
120.90	122.15	Dacitas porfíricas	68	72	Buena

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
122.15	123.65	Dacitas porfíricas	64	68	Buena
123.65	125.25	Dacitas porfíricas	58	62	Buena
125.25	126.85	Dacitas porfíricas	41	36	Mala
126.85	128.45	Dacitas porfíricas	36	31	Mala
128.45	130.00	Dacitas porfíricas	39	44	Mala
130.00	131.50	Dacitas porfíricas	37	42	Mala
131.50	133.00	Dacitas porfíricas	41	46	Mala
133.00	134.50	Dacitas porfíricas	45	50	Mala
134.50	136.00	Dacitas porfíricas	52	57	Regular
136.00	137.50	Dacitas porfíricas	47	52	Mala
137.50	138.25	Dacitas porfíricas	39	44	Mala
138.25	139.00	Dacitas porfíricas	45	50	Mala
139.00	140.50	Dacitas porfíricas	47	52	Mala

140.50	142.00	Dacitas porfíricas	47	52	Mala
142.00	143.50	Dacitas porfíricas	47	42	Mala
143.50	145.00	Dacitas porfíricas	52	57	Regular
145.00	146.50	Dacitas porfíricas	54	59	Regular
146.50	148.00	Dacitas porfíricas	47	52	Mala
148.00	149.50	Dacitas porfíricas	47	52	Mala
149.50	151.00	Dacitas porfíricas	54	59	Mala
151.00	152.50	Dacitas porfíricas	47	52	Mala
152.50	154.05	Dacitas porfíricas	43	48	Mala
154.05	155.55	Dacitas porfíricas	43	48	Mala
155.55	157.10	Dacitas porfíricas	45	50	Mala
157.10	158.60	Dacitas porfíricas	43	48	Mala
158.60	160.10	Dacitas porfíricas	37	42	Mala
160.10	161.60	Dacitas porfíricas	52	57	Regular
161.60	163.10	Dacitas porfíricas	45	40	Mala
163.10	164.60	Dacitas porfíricas	49	54	Mala
164.60	166.10	Dacitas porfíricas	52	57	Regular
166.10	167.60	Dacitas porfíricas	52	57	Regular
167.60	169.10	Dacitas porfíricas	43	48	Mala
169.10	170.60	Dacitas porfíricas	41	46	Mala
170.60	172.10	Dacitas porfíricas	45	50	Mala
172.10	173.60	Dacitas porfíricas	45	50	Mala
173.60	175.10	Dacitas porfíricas	45	40	Mala

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
175.10	176.60	Dacitas porfíricas	52	57	Regular
176.60	178.10	Dacitas porfíricas	54	59	Regular
178.10	179.60	Dacitas porfíricas	54	59	Regular
179.60	181.10	Dacitas porfíricas	54	59	Regular
181.10	182.60	Dacitas porfíricas	47	42	Mala
182.60	184.10	Dacitas porfíricas	47	52	Mala
184.10	185.60	Dacitas porfíricas	54	59	Regular
185.60	187.10	Dacitas porfíricas	54	59	Regular
187.10	188.60	Dacitas porfíricas	54	59	Regular
188.60	190.10	Dacitas porfíricas	54	59	Regular
190.10	191.60	Dacitas porfíricas	52	57	Regular
191.60	193.10	Dacitas porfíricas	54	59	Regular
193.10	194.60	Dacitas porfíricas	54	59	Regular

194.60	196.10	Dacitas porfíricas	54	59	Regular
196.10	197.60	Dacitas porfíricas	54	59	Regular
197.60	199.10	Dacitas porfíricas	47	52	Mala
199.10	200.60	Dacitas porfíricas	52	57	Regular
200.60	202.10	Dacitas porfíricas	52	57	Regular
202.10	203.60	Dacitas porfíricas	41	46	Mala
203.60	205.10	Brechas	45	50	Mala
205.10	206.60	Brechas	42	47	Mala
206.60	208.10	Brechas	47	52	Mala
208.10	209.60	Brechas	45	50	Mala
209.60	211.10	Brechas	45	50	Mala
211.10	212.60	Brechas	52	57	Regular
212.60	214.10	Brechas	50	55	Regular
214.10	215.60	Brechas	55	60	Regular
215.60	217.10	Brechas	57	62	Regular
217.10	218.60	Brechas	57	62	Regular
218.60	220.10	Brechas	55	60	Regular
220.10	221.60	Brechas	55	60	Regular
221.60	223.10	Brechas	57	62	Regular
223.10	224.60	Brechas	49	54	Regular
224.60	226.10	Brechas	55	60	Regular
226.10	227.60	Brechas	46	51	Mala
227.60	229.10	Dacitas porfíricas	50	55	Regular

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
229.10	230.60	Dacitas porfíricas	57	62	Regular
230.60	232.00	Dacitas porfíricas	52	57	Regular
232.00	233.60	Dacitas porfíricas	48	53	Mala
233.60	235.10	Dacitas porfíricas	55	60	Regular
235.10	236.60	Brecha freatomagmática	57	62	Regular
236.60	238.10	Brecha freatomagmática	48	53	Mala
238.10	239.60	Tobas	55	60	Regular
239.60	241.10	Tobas	50	55	Regular
241.10	242.60	Brecha freatomagmática	53	58	Regular
242.60	244.10	Tobas	44	49	Mala
244.10	245.60	Tobas	40	45	Mala
245.60	247.10	Tobas	53	58	Regular
247.10	248.60	Tobas	50	55	Regular

248.60	250.10	Depósitos piroclásticos	52	57	Regular
250.10	251.60	Depósitos piroclásticos	48	53	Regular
251.60	253.10	Depósitos piroclásticos	55	60	Regular
253.10	254.60	Depósitos piroclásticos	48	53	Mala
254.60	256.10	Depósitos piroclásticos	55	60	Regular
256.10	257.60	Depósitos piroclásticos	53	58	Regular
257.60	259.10	Depósitos piroclásticos	53	58	Regular
259.10	260.60	Depósitos piroclásticos	49	54	Mala
260.60	262.10	Depósitos piroclásticos	53	58	Regular
262.10	263.60	Depósitos piroclásticos	45	50	Mala
263.60	265.10	Depósitos piroclásticos	50	55	Mala
265.10	266.60	Depósitos piroclásticos	50	55	Mala
266.60	268.10	Depósitos piroclásticos	52	57	Mala
268.10	269.45	Depósitos piroclásticos	47	52	Mala
269.45	269.65	Depósitos piroclásticos	52	47	Mala
269.65	271.15	Depósitos piroclásticos	52	57	Regular
271.15	272.65	Depósitos piroclásticos	50	55	Regular
272.65	274.15	Depósitos piroclásticos	46	51	Mala
274.15	275.75	Depósitos piroclásticos	51	56	Regular

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
275.75	277.15	Depósitos piroclásticos	48	53	Mala
277.15	278.65	Depósitos piroclásticos	52	57	Regular
278.65	280.15	Depósitos piroclásticos	50	55	Regular
280.15	281.65	Depósitos piroclásticos	50	55	Regular
281.65	283.20	Depósitos piroclásticos	55	60	Regular
283.20	284.70	Depósitos piroclásticos	50	55	Regular
284.70	286.20	Depósitos piroclásticos	42	47	Mala
286.20	287.70	Depósitos piroclásticos	57	62	Regular
287.70	289.20	Depósitos piroclásticos	52	57	Regular
289.20	290.70	Depósitos piroclásticos	55	60	Regular
290.70	292.20	Depósitos piroclásticos	57	62	Regular

292.20	293.70	Depósitos piroclásticos	55	60	Regular
293.70	295.20	Depósitos piroclásticos	55	60	Regular
295.20	296.70	Brecha freatomagmática	55	60	Regular
296.70	298.20	Brecha freatomagmática	55	60	Regular
298.20	299.70	Brecha freatomagmática	55	60	Regular
299.70	300.20	Brecha freatomagmática	52	57	Regular

Taladro Geotech_OP_007

Durante la perforación diamantina se ha obtenido testigos de perforación compuesta por rocas de composición dolomías, dolomías varvadas, limo arcillitas, margas, tobas y volcanoclásticos. La caracterización geomecánica ha servido para la elaboración de la columna perforada. En la Tabla 31 se muestra las características principales.

Tabla 31 Características geomecánicas según la perforación Geotech_OP_07

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
11.10	12.30	Dolomias	53	46	Mala
12.30	13.40	Dacitas porfíricas	47	51	Mala
13.40	14.70	Dolomias varvadas	54	58	Mala
14.70	15.80	Dolomias varvadas	47	51	Regular
15.80	16.10	Dolomias varvadas	39	33	Mala
16.10	17.00	Dolomias varvadas	45	41	Mala
17.00	18.20	Dolomias varvadas	50	53	Regular
18.20	19.20	Dolomias varvadas	49	53	Mala
19.20	20.20	Dolomias varvadas	53	57	Buena
20.20	20.80	Dolomias varvadas	49	52	Mala
20.80	22.30	Dolomias varvadas	49	52	Mala
22.30	23.00	Dolomias varvadas	49	44	Regular
23.00	24.30	Dolomias varvadas	52	45	Regular
24.30	25.10	Dolomias varvadas	54	58	Regular
25.10	26.20	Dolomias varvadas	60	54	Regular
26.20	28.10	Dolomias varvadas	52	55	Mala
28.10	29.60	Dolomias varvadas	52	45	Regular
29.60	31.10	Dolomias varvadas	52	55	Regular

31.10	32.00	Dolomias varvadas	47	51	Regular
32.00	32.55	Dolomias varvadas	47	50	Regular
32.55	33.40	Dolomias varvadas	52	45	Mala
33.40	34.20	Dolomias varvadas	52	55	Mala
34.20	35.10	Dolomias varvadas	46	41	Mala
35.10	35.90	Dolomias varvadas	48	51	Mala
35.90	37.10	Dolomias varvadas	49	52	Regular
37.10	37.90	Dolomias varvadas	54	49	Mala
37.90	38.80	Dolomias varvadas	49	52	Regular
38.80	40.20	Dolomias varvadas	49	52	Regular
40.20	40.80	Dolomias varvadas	46	41	Regular
40.80	41.90	Dolomias varvadas	49	52	Regular
41.90	42.70	Dolomias varvadas	45	40	Buena
42.70	43.70	Dolomias varvadas	49	52	Buena
43.70	44.50	Dolomias varvadas	46	40	Regular
44.50	45.50	Margas	50	53	Mala
45.50	46.40	Limoarcillitas	47	40	Regular

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
46.40	47.50	Limoarcillitas	54	47	Buena
47.50	48.00	Limoarcillitas	47	50	Buena
48.00	48.90	Limoarcillitas	46	49	Buena
48.90	50.20	Limoarcillitas	43	39	Buena
50.20	51.40	Limoarcillitas	48	51	Buena
51.40	52.20	Limoarcillitas	48	41	Buena
52.20	53.45	Limoarcillitas	52	46	Buena
53.45	53.90	Limoarcillitas	49	42	Buena
53.90	55.10	Limoarcillitas	54	57	Buena
55.10	56.60	Limoarcillitas	47	51	Buena
56.60	57.70	Limoarcillitas	52	55	Buena
57.70	58.90	Limoarcillitas	48	51	Buena
58.90	59.40	Limoarcillitas	49	52	Buena
59.40	60.90	Limoarcillitas	47	42	Buena
60.90	62.45	Dolomias varvadas	45	40	Buena
62.45	63.50	Dolomias	48	43	Buena
63.50	65.05	Dolomias	46	41	Buena
65.05	66.60	Dolomias	48	42	Buena
66.60	68.20	Dolomias	53	47	Buena

68.20	69.70	Dolomias	46	40	Buena
69.70	71.30	Margas	48	44	Buena
71.30	72.90	Margas	51	44	Buena
72.90	74.30	Margas	55	58	Mala
74.30	75.25	Margas	53	56	Mala
75.25	76.00	Margas	58	61	Mala
76.00	76.70	Margas	58	59	Mala
76.70	77.40	Margas	55	50	Buena
77.40	78.40	Margas	55	48	Buena
78.40	79.60	Margas	59	62	Buena
79.60	80.50	Margas	53	47	Buena
80.50	81.50	Margas	57	60	Buena
81.50	82.50	Margas	62	66	Buena
82.50	83.50	Dolomias	56	50	Buena
83.50	84.50	Dolomias	56	61	Buena
84.50	86.00	Dolomias	55	59	Buena
86.00	87.50	Dolomias	59	63	Mala

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
87.50	88.85	Dolomias	49	44	Mala
88.85	90.45	Dolomias	60	52	Regular
90.45	91.05	Dolomias	52	48	Mala
91.05	92.10	Dolomias	59	52	Mala
92.10	93.70	Dolomias	57	51	Mala
93.70	94.10	Dolomias	65	59	Regular
94.10	95.60	Dolomias	61	55	Mala
95.60	97.00	Limoarcillitas	51	47	Mala
97.00	98.50	Limoarcillitas	55	51	Mala
98.50	100.00	Volcanoclástico	45	49	Mala
100.00	100.80	Margas	72	73	Buena
100.80	102.40	Margas	60	64	Mala
102.40	104.00	Margas	58	52	Regular
104.00	105.50	Margas	41	37	Mala
105.50	107.10	Margas	63	67	Regular
107.10	108.65	Margas	63	67	Regular
108.65	109.70	Margas	55	51	Regular
109.70	110.70	Margas	67	71	Regular
110.70	111.80	Margas	65	69	Regular

111.80	113.40	Margas	59	54	Mala
113.40	114.65	Margas	61	55	Regular
114.65	116.25	Margas	58	63	Mala
116.25	117.85	Margas	61	66	Buena
117.85	119.35	Margas	63	67	Buena
119.35	120.85	Margas	63	57	Buena
120.85	122.40	Margas	57	63	Mala
122.40	123.85	Margas	56	51	Regular
123.85	125.45	Margas	65	68	Regular
125.45	126.85	Margas	59	53	Mala
126.85	128.45	Margas	49	43	Mala
128.45	129.85	Volcanoclástico	46	42	Mala
129.85	131.45	Volcanoclástico	54	58	Mala
131.45	132.85	Volcanoclástico	59	53	Mala
132.85	134.45	Volcanoclástico	54	58	Regular
134.45	135.85	Margas	54	60	Regular
135.85	137.45	Margas	52	56	Regular

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
137.45	138.85	Margas	56	50	Regular
138.85	140.40	Margas	58	63	Regular
140.40	141.85	Margas	59	62	Regular
141.85	143.45	Margas	57	61	Regular
143.45	144.85	Margas	50	44	Regular
144.85	146.40	Margas	57	50	Regular
146.40	147.85	Margas	61	56	Regular
147.85	149.45	Margas	61	63	Regular
149.45	150.85	Margas	76	77	Buena
150.85	152.45	Margas	57	61	Regular
152.45	153.85	Margas	71	74	Buena
153.85	155.35	Margas	54	58	Regular
155.35	158.85	*	*	*	*
158.85	160.20	Tobas	56	57	Regular
160.20	161.70	Tobas	61	62	Regular
161.70	163.20	Tobas	61	62	Regular
163.20	164.40	*	*	*	*
164.40	165.35	Tobas	55	59	Regular
165.35	165.75	Tobas	56	59	Regular

165.75	167.35	Tobas	45	49	Mala
167.35	168.60	*	*	*	*
168.60	170.20	Tobas	61	62	Regular
170.20	171.70	Tobas	61	62	Regular
171.70	173.80	Tobas	*	*	*
173.80	180.00	Tobas	*	*	*

Taladro Geotech_OP_008

Durante la perforación diamantina se ha obtenido testigos de perforación compuesta por rocas de composición margas, limo arcillitas, dolomías y tobas. La caracterización geomecánica ha servido para la elaboración de la columna perforada. En la Tabla 32 se muestra las características principales.

Tabla 32 Características geomecánicas según la perforación Geotech_OP_08

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
4.00	4.90	Margas	49	44	Mala
4.90	5.50	Margas	67	70	Buena
5.50	6.20	Margas	53	49	Mala
6.20	6.90	Margas	44	36	Mala
6.90	7.60	Margas	42	39	Mala
7.60	8.80	Margas	52	46	Mala
8.80	9.20	Margas	49	40	Mala
9.20	9.90	Margas	45	38	Mala
9.90	10.80	Margas	48	43	Mala
10.80	10.90	Margas	47	39	Mala
10.90	11.85	Margas	47	39	Mala
11.85	12.55	Margas	48	40	Mala
12.55	13.30	Margas	47	39	Mala
13.30	13.90	Margas	49	41	Mala
13.90	14.60	Margas	47	39	Mala
14.60	15.40	Margas	49	41	Mala
15.40	16.30	Margas	47	39	Mala
16.30	16.50	Margas	45	38	Mala
16.50	16.95	Margas	45	38	Mala

16.95	17.95	Margas	45	43	Mala
17.95	19.30	Margas	48	43	Mala
19.30	20.80	Margas	48	43	Mala
20.80	22.30	Margas	48	43	Mala
22.30	23.80	Margas	48	43	Mala
23.80	25.30	Margas	50	45	Mala
25.30	26.10	Margas	45	38	Mala
26.10	26.85	Margas	45	38	Mala
26.85	28.30	Margas	48	43	Mala
28.30	29.25	Margas	49	43	Mala
29.25	29.55	Margas	53	48	Mala
29.55	29.85	Margas	46	37	Mala
29.85	30.35	Margas	54	47	Mala
30.35	30.45	Margas	50	43	Mala
30.45	31.35	Margas	47	40	Mala
31.35	32.85	Margas	50	45	Mala

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
32.85	34.10	Margas	53	48	Mala
34.10	35.60	Margas	51	46	Mala
35.60	36.85	Margas	49	44	Mala
36.85	37.55	Margas	45	38	Mala
37.55	39.05	Margas	49	44	Mala
39.05	40.30	Margas	49	44	Mala
40.30	41.80	Margas	48	43	Mala
41.80	42.65	Dolomias	45	38	Mala
42.65	43.30	Dolomias	50	43	Mala
43.30	44.70	Dolomias	48	43	Mala
44.70	45.70	Dolomias	48	46	Mala
45.70	46.10	Dolomias	45	38	Mala
46.10	46.80	Margas	47	40	Mala
46.80	47.80	Margas	45	43	Mala
47.80	48.70	Margas	45	38	Mala
48.70	49.20	Margas	45	38	Mala
49.20	50.00	Margas	45	38	Mala
50.00	51.50	Margas	48	43	Mala
51.50	52.50	Margas	45	43	Mala
52.50	53.70	Margas	48	43	Mala

53.70	54.80	Limoarcillitas	45	43	Mala
54.80	56.30	Limoarcillitas	48	43	Mala
56.30	57.20	Limoarcillitas	45	38	Mala
57.20	58.30	Limoarcillitas	46	44	Mala
58.30	59.80	Limoarcillitas	50	45	Mala
59.80	61.30	Limoarcillitas	48	43	Mala
61.30	62.75	Limoarcillitas	43	39	Mala
62.75	64.10	Limoarcillitas	40	36	Mala
64.10	65.30	Limoarcillitas	44	41	Mala
65.30	66.60	Dolomias	40	37	Mala
66.60	67.10	Dolomias	36	32	Mala
67.10	68.60	Dolomias	36	33	Mala
68.60	69.90	Dolomias	36	33	Mala
69.90	71.30	Dolomias	39	37	Mala
71.30	72.90	Dolomias	42	40	Mala
72.90	74.30	Dolomias	44	40	Mala

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
74.30	75.20	Dolomias	37	32	Buena
75.20	76.20	Dolomias	34	34	Mala
76.20	77.20	Dolomias	36	36	Mala
77.20	78.50	Dolomias	40	36	Mala
78.50	79.85	Dolomias	40	37	Mala
79.85	80.60	Dolomias	39	33	Mala
80.60	82.20	Dolomias	42	38	Mala
82.20	83.45	Dolomias	40	37	Mala
83.45	84.30	Dolomias	40	35	Mala
84.30	86.75	Dolomias	40	37	Mala
86.75	87.15	Dolomias	37	32	Mala
87.15	87.65	Dolomias	38	33	Mala
87.65	88.35	Dolomias	38	33	Mala
88.35	88.90	Dolomias	38	33	Mala
88.90	89.70	Dolomias	37	32	Mala
89.70	90.00	Dolomias	37	32	Mala
90.00	91.40	Dolomias	41	38	Mala
91.40	92.90	Dolomias	43	40	Mala
92.90	93.35	Chert	38	34	Mala
93.35	94.70	Desmonte /Relleno	42	40	Mala

94.70	95.20	Dolomias	39	35	Mala
95.20	95.65	Dolomias	39	35	Mala
95.65	95.80	Dolomias	37	33	Mala
95.80	96.20	Dolomias	39	35	Mala
96.20	96.70	Dolomias	41	36	Mala
96.70	97.20	Dolomias	41	36	Mala
97.20	98.85	Dolomias	48	42	Mala
98.85	99.25	Dolomias	45	37	Mala
99.25	99.75	Dolomias	44	36	Mala
99.75	100.30	Dolomias	40	35	Mala
100.30	100.60	Dolomias	40	35	Mala
100.60	101.60	Limoarcillitas	42	42	Mala
101.60	102.60	Limoarcillitas	47	42	Mala
102.60	102.90	Limoarcillitas	57	60	Mala
102.90	103.00	Limoarcillitas	65	59	Mala
103.00	103.40	Limoarcillitas	54	49	Mala

Profundidad		Litología	Características Geomecánicas		
De	A		RMR ⁸⁹	RMR ⁷⁶	Calidad
103.40	104.50	Limoarcillitas	47	42	Mala
104.50	106.00	Tobas	49	44	Mala
106.00	107.30	Tobas	40	37	Mala
107.30	108.10	Tobas	33	27	Mala
108.10	108.60	Tobas	35	30	Mala
108.60	109.00	Tobas	35	30	Mala
109.00	109.45	Tobas	35	30	Mala
109.45	109.95	Tobas	33	28	Mala
109.95	110.45	Tobas	36	31	Mala
110.45	111.80	Tobas	38	35	Mala
111.80	112.55	Tobas	33	28	Mala
112.55	113.05	Tobas	33	28	Mala
113.05	114.30	Tobas	42	39	Mala
114.30	115.25	Tobas	53	49	Mala
115.25	116.75	Tobas	61	65	Regular
116.75	118.30	Tobas	63	67	Regular
118.30	119.80	Tobas	52	46	Regular
119.80	121.30	Tobas	58	52	Regular
121.30	122.80	Tobas	54	58	Regular
122.80	124.30	Tobas	57	61	Regular

124.30	125.80	Tobas	53	47	Mala
125.80	127.30	Tobas	59	63	Regular
127.30	128.80	Tobas	51	48	Mala
128.80	130.30	Tobas	59	53	Regular

(*) representa vacíos, muestra muy deleznable, zonas de falla, roca muy meteorizada o alterada.

De acuerdo a los resultados mostrados en las tablas por cada sondeaje perforado, los taladros con muestras mala calidad son Geotech_OP_001, seguido por el sondeaje

Geotech_OP_008. Por otro lado, los sondajes que presentan regular calidad Geotech_OP_003, Geotech_OP_007 y Geotech_OP_006. Finalmente, el de mejor calidad de roca son Geotech_UG_001 y Geotech_UG_005.

Analizar los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras de los geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte en Colquijirca

Suelo

Las muestras obtenidas de los pozos se analizaron en cuanto a métricas y clasificación para caracterizar y clasificar estos materiales de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Los resultados obtenidos de las pruebas se resumen en la Tabla 8-1, incluido la granulometría, límites de Atterberg, contenido de humedad, densidad y peso específico de sólidos.

Tabla 33 Resumen de resultados de los ensayos índice

Calicata	Profundidad		SUCS	Granulometría			Límites Atterberg			W (%)	P.E.S
	De(m)	Hasta(m)		Grava (%)	Arena (%)	Finos(%)	LL	LP	IP		
GEOTECH-OP-001	60.8	62.6	MH	0	2.64	97.36	80.04	41.16	38.88	44.16	2.706
GEOTECH-OP-002	1.2	2.6	MH	0	6.43	93.57	53.21	31.31	21.9	31.06	2.715
GEOTECH-OP-003	6.3	6.85	CH	0	25.97	74.03	52.48	25.14	27.34	37.75	2.698
GEOTECH-OP-006	4.2	4.75	ML	0	43	57	41.47	31.98	9.49	25.16	2.736
GEOTECH-OP-007	5.5	6.1	ML	0	28.11	71.89	46.12	30.8	15.32	41.92	2.726

Notas:

SUCS: Sistema unificado de clasificación de suelos

LL: Límite líquido

LP: Límite plástico

IP: Índice plástico

C.H: Contenido de humedad

Gs: Gravedad específica de sólidos.

P.E.S: Peso específico de solido

Se han desarrollado 5 pruebas de corte triaxial no consolidado no drenado (CU) de 2 de diámetro. Los ensayos desarrollados permitieron caracterizar los distintos materiales identificados. El objetivo de estos ensayos ha sido determinar los parámetros de resistencia cortante totales y efectivos de los materiales. Estas pruebas se realizaron de acuerdo con el procedimiento con los de la norma ASTM D-4767. En la Tabla 2 se presenta el resumen de estos ensayos.

Tabla 34 Resumen de resultados del resultado Triaxial UU

Muestra	Profundidad		SUCS	Esfuerzos Efectivos		Esfuerzos Totales	
	De (m)	Hasta (m)		C' (kg/cm2)	ϕ' (°)	C (kg/cm2)	ϕ (°)
GEOTECH_OP_001	60.8	62.6	MH	0.28	8.91	0.3	6.8
GEOTECH_OP_002	1.2	1.75	MH	0.37	7.12	0.4	5.8
GEOTECH_OP_003	2	6.85	CH	0.4	8.53	0.4	6.4
GEOTECH_OP_006	4.2	4.75	ML	0.25	18.35	0.3	15.2
GEOTECH_OP_007	5.5	6.1	ML	0.28	11.49	0.3	9.2

Los resultados del ensayo triaxial UU muestra que le valor de cohesión varía en el rango de 0.3 kg/cm2 y 0.4 kg/cm2, con un valor medio a 0.3 kg/cm2. En el caso del del ángulo de fricción presenta 5.8° hasta 15.2° con un valor de media igual 8.7°.

Roca

Ensayo de Constantes Elásticas

Se tienen 08 muestras, pertenecientes a sondajes. Las muestras fueron clasificadas con litología tipo Caliza, Conglomerados, Dolomías, Depósitos piroclásticos y Dacitas. Los valores de los módulos elásticos de la roca intacta para los Conglomerados tienen los siguientes valores promedios: la resistencia a compresión entre 188.5 MPa, sus módulos de Young de 29.7 y la relación de Poisson de 0.09. En el caso de las Dacitas la resistencia a compresión entre 60.7 MPa, sus módulos de Young de 8.7, la relación de Poisson de 0.12.

Se presenta un resumen de los ensayos en la Tabla 35.

Tabla 35 Resumen de resultados del resultado Triaxial UU

Muestra	Litología	Profundidad		Resistencia compresiva (MPa)	Modulo Young E (GPa)	Relación de Poisson(V)
		De (m)	Hasta(m)			
GEOTECH-OP-001 UCS-02	Calizas	106.15	106.46	120.49	18.27	0.13
GEOTECH-OP-001 UCS-04	Dolomías	198.00	198.00	86.85	18.73	0.1
GEOTECH-UG-001 UCS-04	Conglomerados	110.74	110.99	271.23	34.1	0.08
GEOTECH-UG-001 UCS-05	Conglomerados	137.70	138.07	182.91	29.29	0.07
GEOTECH-UG-001 UCS-06	Conglomerados	160.64	160.96	111.37	25.85	0.14
GEOTECH-UG-005 UCS-04	Depósitos piroclásticos.	93.56	93.80	43.76	8.47	0.14
GEOTECH-UG-005 UCS-06	Dacitas Porfírica	143.39	143.60	56.25	8.52	0.14
GEOTECH-UG-005 UCS-07	Dacitas Porfírica	163.68	164.00	65.14	8.86	0.1

Ensayo de Propiedades Físicas

Se tienen 20 muestras para ensayos de propiedades físicas, pertenecientes a sondajes. Las muestras fueron clasificadas con litología tipo Piroclásticos, Dacitas, Margas, Volcanoclásticos, Tobas y Brechas. Los resultados de los ensayos de propiedades físicas indican que la densidad humedad de para las dolomías presentan un valor de mediana igual a

2.4 kN/m³, los margas de 2.61 kN/m³ y las dacitas de 2.51 kN/m³.

Se presenta un resumen de los ensayos en la Tabla 36.

Tabla 36 Resumen de propiedades físicas

Muestra	Profundidad		Litología	Densidad seca (kN/m3)	Densidad húmeda (kN/m3)	Porosidad aparente (%)	Humedad (%)
	De(m)	hasta(m)					
GEOTECH-OP-001 PF-02	-	-	Dolomías	2.26	2.43	16.58	6.83
GEOTECH-OP-001 PF-03	-	-	Dolomías	2.52	2.6	7.88	3.02
GEOTECH-UG-001 PF-04	-	-	Arenisca	2.49	2.56	6.12	2.38
GEOTECH-UG-001 PF-06	-	-	Limolitas	2.56	2.63	6.94	2.63
GEOTECH-UG-005 PF-01	-	-	Dacitas Porfírica	2.48	2.53	5.2	2.05
GEOTECH-UG-005 PF-04	-	-	Depósitos piroclásticos.	2.25	2.42	17.3	7.14
GEOTECH-UG-005 PF-03	-	-	Dacitas Porfírica	2.37	2.47	9.48	3.83
GEOTECH_OP_003 PF-01(B)	24.68	25.56	Margas	2.52	2.58	6.38	2.46
GEOTECH_OP_003 PF-02 (A)	33.75	34.05	Volcanoclásticos	2.58	2.62	4.68	1.77
GEOTECH_OP_003 PF-03 (A)	60.65	60.98	Conglomerados	2.66	2.67	0.97	0.35
GEOTECH_OP_003 PF-04	98.85	99.2	Marga	2.61	2.66	4.98	1.86
GEOTECH_OP_003 PF-05	141.57	141.89	Conglomerados	2.57	2.61	4.77	1.81
GEOTECH-OP-006-3C	182.6	182.99	Dacita porfírica	2.43	2.54	11.14	1.98
GEOTECH-OP-006-4B	245.6	245.88	Tobas	2.69	2.73	3.46	1.26
GEOTECH-OP-006-5	296.46	296.7	Brecha Freatomagmáticas	2.41	2.53	12.85	5.06
GEOTECH-OP-007-1C	17.23	17.53	Dolomías varvadas	2.2	2.33	21.03	4.38
GEOTECH-OP-007-2B	65.61	65.91	Dolomías	2.54	2.62	8.41	3.20
GEOTECH-OP-007-4	117.85	118.03	Margas	2.54	2.59	5.16	5.29
GEOTECH-OP-008-3A	83.83	84.03	Dolomías	1.97	2.21	24.05	10.89
GEOTECH-OP-008-4A	110.95	111.3	Tobas	2.32	2.45	12.97	9.05

Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple (UCS)

Se tienen 17 muestras tipo UCS, pertenecientes a sondajes. Las muestras fueron clasificadas con litología tipo Caliza, Limo arcillitas, Dacitas, Conglomerado, Aglomerado y Tobas. Los resultados de la resistencia a la compresión uniaxial para las Dacitas varían en un rango desde 51 hasta 155.8 MPa, con un valor de mediana igual a 83.6 MPa. En el caso de las Dolomías varia en un rango desde 27.4 MPa. Se presenta un resumen de los ensayos en la Tabla 37.

Tabla 37 Resumen de propiedades físicas

Muestra	Profundidad		Litología	UCS (MPa)
	De (m)	Hasta (m)		
GEOTECH-OP-001 UCS-01	60.7	145.9	Calizas	111.6
GEOTECH-OP-001 UCS-03	60.9	145.7	Limoarcillitas	144.3
GEOTECH-UG-001 UCS-02	60.6	147.5	Dacitas Porfíricas	53.3
GEOTECH-UG-001 UCS-03	60.5	145.7	Conglomerados	190.1
GEOTECH-UG-005 UCS-01	60.8	145.9	Aglomerado	63.4
GEOTECH-UG-005 UCS-03	60.7	146.2	Tobas	40.4
GEOTECH-OP-006 UCS-01	60.6	145.5	Dacitas Porfíricas	79.1
GEOTECH-OP-006 UCS-02	60.6	144.7	Dacitas Porfíricas	76.6
GEOTECH-OP-006 UCS-03	60.6	145.3	Dacitas Porfíricas	71.7
GEOTECH-OP-006 UCS-04	61.1	144.4	Dacitas Porfíricas	81.2
GEOTECH-OP-006 UCS-05	61.1	145.1	Dacitas Porfíricas	51.0
GEOTECH-OP-006 UCS-06	61.1	145.2	Dacitas Porfíricas	78.3
GEOTECH-OP-006 UCS-07	61.1	146.8	Dacitas Porfíricas	155.8
GEOTECH-OP-006 UCS-08	60.8	144.9	Dacitas Porfírica	105.5
GEOTECH-OP-007 UCS-02	61.1	145.5	Dolomías/Limoarcillitas/Margas	27.4
GEOTECH-OP-007 UCS-03	60.8	145.8	Dolomías/Limoarcillitas/Margas	35.7
GEOTECH-OP-008 UCS-1	60.8	119.1	Dolomías	28.6

Nota: U.C.S: Uniaxial Compressive Strength

Ensayo de Resistencia a la Tracción Indirecta (brasileño)

La base de datos recibida comprende 21 muestras tipo brasileño, provenientes de sondajes, las muestras fueron clasificadas con litología Caliza, Dolomías, Dacitas, Conglomerados Volcanoclásticos, Tobas y Brechas, los resultados de resistencia a la tracción para las Dacitas varía de 2.8 hasta 10.1 MPa, con el valor de la mediana de 6.1 MPa. Para los Volcanoclásticos varía desde 3.4 hasta 5.8 MPa, con el valor de la mediana de 4.8 MPa. Los Resultados se resumen en la Tabla 38.

Tabla 38 Resultados de ensayos de resistencia a la tracción indirecta

Muestra	Profundidad		Litología	Resistencia a la tracción indirecta (MPa)
	De	Hasta		
GEOTECH-OP-001 TI-01	82.3	82.69	Calizas	4.3
GEOTECH-OP-001 TI-03 (A)	175.23	175.39	Dolomías	8.0
GEOTECH-UG-001 TI-01 (A)	49.31	49.54	Dacitas Porfíricas	3.9
GEOTECH-UG-001 TI-03	103.15	103.41	Conglomerados.	7.1
GEOTECH-UG-001 TI-04	161.75	162.15	Conglomerados.	5.7
GEOTECH-UG-005 TI-02	102.02	102.4	Tobas	4.7
GEOTECH-UG-005 TI-03	131.9	132.31	Dacitas Porfíricas	5.6
GEOTECH-OP-002-TI-01	32.9	33.29	Dacitas Porfírica	2.9
GEOTECH-OP-002-TI-02	118.48	118.79	Dacitas Porfírica	2.8
GEOTECH-OP-003-TI-01	35.65	35.95	Volcanoclásticos	5.8

Muestra	Profundidad		Litología	Resistencia a la tracción indirecta (MPa)
	De	Hasta		
GEOTECH-OP-003-TI-02A	81.1	82.56	Margas	5.2
GEOTECH-OP-003-TI-03	108.69	109.03	Volcanoclásticos	5.1
GEOTECH-OP-003-TI-04B	132.43	132.65	Volcanoclásticos	4.9
GEOTECH - OP - 006 - TI -01	79.93	82	Dacitas porfíricas	10.1
GEOTECH - OP - 006 - TI -02	119.56	120	Dacitas porfíricas	8.2
GEOTECH - OP - 006 - TI -03	188.6	189.07	Dacitas porfíricas	8.8
GEOTECH - OP - 006 - TI -04	247.1	247.46	Tobas	12.1
GEOTECH - OP - 006 - TI -05	296.06	296.45	Brecha Freatomagmáticas	7.7
GEOTECH - OP - 007 - TI -01	111.65	112.49	Margas	9.8
GEOTECH - OP - 007 - TI -02	150.24	152.31	Volcanoclásticos	3.4
GEOTECH - OP - 008 - TI -01	123.16	123.58	Margas	10.0

Ensayo de corte directo

Los ensayos de corte directo comprenden en 31 muestras, descritas con litología tipo Calizas, Dolomías, Conglomerados, Tobas, Areniscas, Dacitas, Volcanoclásticos, Margas y Brechas, pertenecientes a sondajes, los ensayos fueron realizados en discontinuidades naturales obteniendo resultados de ángulo de fricción para Dacitas que varía desde 24.8° hasta 44° con una media de 36.9°, y valores de cohesión desde 0.1 a 0.4 MPa con una media de 0.1 MPa. En el caso de Margas ángulo de fricción varía desde 32.2° hasta 39.5° con una media de 36.9°, valores de cohesión desde 0.0a 0.1 MPa con una media de 0.1 MPa. Los resultados se resumen en la Tabla 39

Tabla 39 Resumen de resultados ensayo de corte directo

Muestra	Profundidad		Litología	CohesiónC (MPa)	Angulo de fricción residual ϕ (°)
	De (m)	Hasta (m)			
GEOTECH- OP-001 CD-02	123.54	123.79	Calizas	0.0	32.2
GEOTECH- OP-001 CD-04	194.73	194.91	Dolomías	0.0	34.0
GEOTECH- UG-001 CD-03	133.8	134.05	Conglomerados	0.1	27.0
GEOTECH- UG- 005CD-02	55.45	55.67	Depósitos piroclásticos	0.1	29.2
GEOTECH- UG-005 CD-03	95.31	95.62	Tobas	0.1	32.4
GEOTECH- UG-005 CD-05	179.7	180	Dacita porfirítica	0.1	32.6
GEOTECH- OP-001 CD-01	100.65	100.89	Calizas	0.3	39.8
GEOTECH- UG-001 CD-01	37.75	37.86	Dacita porfirítica	0.1	43.0
GEOTECH- UG-001 CD-02	101.15	101.43	Conglomerados	0.1	48.0
GEOTECH- UG-001 CD-04	146.88	147.12	Arenisca	0.1	48.0
GEOTECH- UG-005 CD-04	140.77	141.01	Dacita porfirítica	0.2	43.3
GEOTECH_OP_002 CD-01	104.21	104.55	Dacita porfirítica	0.1	24.8
GEOTECH_OP_003 CD-01	25.34	25.56	Marga	0.1	36.1
GEOTECH_OP_003 CD-02	43.31	43.55	Volcanoclásticos	0.1	33.3

Muestra	Profundidad		Litología	CohesiónC (MPa)	Angulo de fricción residual ϕ (°)
	De (m)	Hasta (m)			
GEOTECH_OP_003 CD-03	48.53	48.75	Marga	0.1	39.5
GEOTECH_OP_003 CD-04	94.4	94.7	Dacita porfirítica	0.0	39.7
GEOTECH- OP-006 CD-01	40.13	40.45	Dacita porfirítica	0.1	34.0
GEOTECH- OP-006 CD-02	68.88	69.18	Dacita porfirítica	0.0	33.8
GEOTECH- OP-006 CD-03	92.5	92.8	Dacita porfirítica	0.4	34.1
GEOTECH- OP-006 CD-04	114.69	114.9	Dacita porfirítica	0.2	44.0
GEOTECH- OP-006 CD-05	138.48	138.68	Dacita porfirítica	0.2	37.1
GEOTECH- OP-006 CD-06	179.6	179.94	Dacita porfirítica	0.0	40.1
GEOTECH- OP-006 CD-07	233.6	233.83	Dacita porfirítica	0.1	36.5
GEOTECH- OP-006 CD-08	248.6	248.89	Depósitos piroclásticos	0.0	38.0
GEOTECH- OP-006 CD-09	278.77	279.08	Depósitos piroclásticos	0.3	46.3
GEOTECH- OP-006 CD-10	298.66	299.03	Brecha Freatomagmáticas	0.5	34.9
GEOTECH- OP-007 CD-01	111.2	111.4	Margas	0.0	32.2
GEOTECH- OP-007 CD-02	126.85	127.1	Marga	0.1	36.9
GEOTECH- OP-007 CD-03	131.54	131.75	Volcanoclásticos	0.2	17.8
GEOTECH- OP-008 CD-01	114.87	115.12	Marga	0.1	38.8
GEOTECH- OP-008 CD-02	128.18	128.43	Marga	0.0	37.8

Ensayo de Resistencia a la Compresión Triaxial

Se obtuvieron 17 muestras triaxiales, pertenecientes a sondajes, las muestras fueron identificadas con litología tipo Caliza, Conglomerados, Tobas, Dacitas, Margas, Volcanoclásticos y Brechas. De acuerdo con los resultados se tiene que los valores de la resistencia compresiva para Dacitas que se encuentran entre 17.8 MPa a 87.8 MPa, el valor de μ es entre 14.3 y 26.8. La cohesión de la roca intacta es de 3.8 MPa 14.7 MPa, el ángulo de fricción interna se encuentra entre 43.9 a 55.1°. Los resultados de los ensayos se resumen en el Tabla 40.

Tabla 40 Resultados ensayos de Compresión triaxial

Muestra	Profundidad		Litología	Resistencia compresiva (MPa)	μ	Cohesión (MPa)	Angulo de fricción interno (°)
	De	Hasta					
GEOTECH-OP-001-TX-01	-	-	Calizas	48.23	15.31	9.68	47.66
GEOTECH-UG-001 TX-01 (A, B)	-	-	Dacita porfírica	87.78	26.84	14.68	55.07
GEOTECH-UG-001 TX-03- (A, B, C)	-	-	Conglomerados	193.67	28.66	28.95	57.64
GEOTECH-UG-001-TX-04 (A)	-	-	Conglomerados	62.73	17.39	13.98	46.29
GEOTECH-UG-005-TX-02	-	-	Tobas	44.29	15.17	9.07	47.13

Muestra	Profundidad		Litología	Resistencia compresiva (MPa)	μ	Cohesión (MPa)	Angulo de fricción interno (°)
	De	Hasta					
GEOTECH-UG-005-TX-03 (A)	-	-	Dacita porfírica	47.29	21.74	9.49	50.09
GEOTECH_OP_002 TX-01	33.65	34.3	Dacita porfírica	17.82	16.81	3.77	47.06
GEOTECH_OP_002 TX-02	109.19	112.76	Dacita porfírica	23.96	20.15	6.51	44.08
GEOTECH_OP_003 TX-01	23.84	24.46	Marga	54.39	24.5	8.04	57.29
GEOTECH_OP_003 TX-02	36.48	37	Conglomerados	57.29	26.21	8.59	57.18
GEOTECH_OP_003 TX-03	76.75	78.1	Marga	100.98	15.99	18.66	50.01
GEOTECH_OP_003 TX-04	105.85	107.63	Volcanoclásticos	92.46	23.48	15.33	54.45
GEOTECH_OP_003 TX-05	130.93	131.23	Volcanoclásticos	75.82	8.15	18.62	38.49
GEOTECH_OP_006 TX-01	75.45	78.16	Dacita porfírica	79.92	20.36	14.01	52.49
GEOTECH_OP_006 TX-02	117.9	118.46	Dacita porfírica	56.73	15.16	11.75	46.84
GEOTECH_OP_006 TX-03	189.35	189.9	Dacita porfírica	55.86	14.3	12.91	43.89
GEOTECH_OP_006 TX-05	294.86	295.63	Brecha Freatomagmáticas	103.22	11.69	22.2	44.32

Ensayo de Carga Puntual

La base de datos de ensayos PLT consiste en 58 muestras para ejecución de ensayos PLT axial y diametral.

Se ejecutaron 32 ensayos PLT axiales en muestras clasificadas como caliza, Limo arcillitas, Dolomías, Dacita, Conglomerado, Tobas, Volcanoclásticos, Brecha, Marga y Piroclásticos.

Los resultados del ensayo PLT axial para las Dacitas varían en un rango desde 15 MPa hasta 155.55 MPa, con el valor de la mediana de 67.5 MPa. En el caso de los Conglomerados varia un rango desde 36.9 MPa hasta 225.98 MPa con una mediana de 133.6 MPa. Los resultados de los ensayos se resumen en la Tabla 41.

Tabla 41 Resumen de resultados ensayos de carga puntual axial

Muestra	Profundidad		Material	Is(50) (MPa)	σ_c (MPa)
	De (m)	Hasta (m)			
GEOTECH-UG-001 CP(a)-05	134.98	135.32	Conglomerados	6.76	148.8
GEOTECH-UG-001 CP(a)-06	158.8	159.13	Conglomerados	7.08	155.73
GEOTECH-UG-005 CP(a)-01	13.260	13.6	Aglomerados	2.4	52.88
GEOTECH-UG-005 CP(a)-03	72.800	73.13	Tobas	0.78	17.13
GEOTECH-UG-005 CP(a)-04	93.8	94.16	Depósitos piroclásticos	1.9	41.78
GEOTECH-UG-005 CP(a)-06	144.600	144.98	Dacita porfírica	2.56	56.18
GEOTECH-UG-005 CP(a)-07	166.170	166.5	Dacita porfírica	3.35	73.55
GEOTECH-OP-002-CP(a)-01	40.770	41.07	Dacita porfírica	0.6	15.01
GEOTECH-OP-002-CP(a)-02	92.550	92.9	Dacita porfírica	0.94	20.74
GEOTECH-OP-002-CP(a)-03	125.020	125.33	Dacita porfírica	1.36	36.5
GEOTECH-OP-003-CP(a)-01	23.390	23.65	Marga	2.34	51.47
GEOTECH-OP-003-CP(a)-02	32.260	32.6	Conglomerados	1.68	36.9
GEOTECH-OP-003-CP(a)-03	49.77	50.14	Marga	2.35	51.58
GEOTECH-OP-003-CP(a)-04	68.7	69.04	Conglomerados	4.58	100.87
GEOTECH-OP-003-CP(a)-05	90.51	90.88	Marga	3.98	87.56
GEOTECH-OP-003-CP(a)-06	110.55	110.97	Volcanoclásticos	2.57	56.46
GEOTECH-OP-003-CP(a)-07	132.65	133	Volcanoclásticos	2.76	60.77
GEOTECH-OP-006 CP(a)-01	76.15	76.55	Dacita porfírica	4.86	107.03
GEOTECH-OP-006 CP(a)-02	96.11	95.47	Dacita porfírica	4.23	93.03
GEOTECH-OP-006 CP(a)-03	122.15	122.51	Dacita porfírica	5.25	115.55
GEOTECH-OP-006 CP(a)-04	157.54	157.84	Dacita porfírica	2.57	56.46

GEOTECH-OP-006 CP(a)-05	187.87	188.17	Dacita porfírica	4.66	102.48
GEOTECH-OP-006 CP(a)-06	214.64	214.98	Brechas	5.66	124.47
GEOTECH-OP-006 CP(a)-07	250.1	250.5	Depósitos piroclásticos	10.38	228.35
GEOTECH-OP-006 CP(a)-08	285.65	286.04	Depósitos piroclásticos	4.36	95.87

Muestra	Profundidad		Material	Is(50) (MPa)	σ_c (MPa)
	De (m)	Hasta (m)			
GEOTECH-OP-001 CP(a)-01	87	87.3	Calizas	1.61	35.49
GEOTECH-OP-001 CP(a)-02	106.15	106.46	Calizas	4.52	99.32
GEOTECH-OP-001 CP(a)-03	134.38	134.58	Limoarcillitas	3.52	77.56
GEOTECH-OP-001 CP(a)-04	198	198	Dolomías	4.07	89.58
GEOTECH-UG-001 CP(a)-01	12.05	12.4	Dacita porfírica	2.50	54.96
GEOTECH-UG-001 CP(a)-02	50.05	50.4	Dacita porfírica	3.61	79.4
GEOTECH-UG-001 CP(a)-04	110.25	110.61	Conglomerados	10.27	225.98

Respecto a los ensayos PLT diametral se ejecutaron 26 ensayos en muestras clasificadas como Caliza, Dolomías, Dacita, Conglomerados, Volcanoclásticos, Brecha, Marga y Piroclastos. Los resultados del ensayo PLT diametral para las Dacitas varían en un rango desde 1 MPa hasta 3.87 MPa, con el valor de la mediana de 2.58 MPa. En el caso de los Conglomerados varia un rango desde 2.45 MPa hasta 9.05 MPa con una mediana de 5.1 MPa. Los resultados de los ensayos se resumen en la Tabla 42.

Tabla 42 Resumen de los ensayos de carga puntual diametral

Muestra	Profundidad		Litología	Is(50) (MPa)	σ_c (MPa)
	De	Hasta			
GEOTECH-OP-001 CP(d)-01	90.77	91.17	Calizas	7.05	155.16
GEOTECH-OP-001 CP(d)-04	199.27	199.7	Dolomías	4.06	89.36
GEOTECH-UG-001 CP(d)-01	9	9.42	Dacita porfírica	2.97	65.35
GEOTECH-UG-001 CP(d)-04	111.21	111.63	Conglomerados	9.05	199.01
GEOTECH-UG-001 CP(d)-05	140.1	140.56	Conglomerados	6.5	143.04
GEOTECH-UG-001 CP(d)-07	179.36	179.8	Dacita porfírica	2.53	55.61
GEOTECH-UG-005 CP(d)-02	35.23	35.69	Depósitos piroclásticos	2.71	59.66
GEOTECH-UG-005 CP(d)-06	142.5	143	Dacita porfírica	3.37	74.18
GEOTECH-OP-002-CP(d)-01	39.94	40.4	Dacita porfírica	1.05	23.08

GEOTECH-OP-002-CP(d)-02	89.48	89.9	Dacita porfírica	1	21.9
GEOTECH-OP-002-CP(d)-03	130	130.45	Dacita porfírica	1.79	39.31
GEOTECH-OP-003-CP(d)-01	22.05	23.03	Marga	1.36	29.86
GEOTECH-OP-003-CP(d)-02	33.03	33.54	Conglomerados	2.89	81.77
GEOTECH-OP-003-CP(d)-03	51.44	51.83	Marga	2.33	51.15
GEOTECH-OP-003-CP(d)-04	71.07	71.48	Conglomerados	4.93	130
GEOTECH-OP-003-CP(d)-05	92.06	92.56	Marga	4.4	96.88
GEOTECH-OP-003-CP(d)-06	109.9	110.37	Volcanoclásticos	3.88	85.4
GEOTECH-OP-003-CP(d)-07	134.45	134.55	Conglomerados	2.45	53.98
GEOTECH-OP-006 CP(d)-01	80.65	81.1	Dacita porfírica	3.36	73.9
GEOTECH-OP-006 CP(d)-02	97.16	97.61	Dacita porfírica	3.87	85.04
GEOTECH-OP-006 CP(d)-03	120.9	121.35	Dacita porfírica	2.06	45.41
GEOTECH-OP-006 CP(d)-04	156.22	156.62	Dacita porfírica	2.19	48.24
GEOTECH-OP-006 CP(d)-05	188.17	188.6	Dacita porfírica	3.55	78.06
GEOTECH-OP-006 CP(d)-06	215.96	216.4	Brechas	7.96	175.2
GEOTECH-OP-006 CP(d)-07	251.92	252.27	Depósitos piroclásticos	3.52	77.42
GEOTECH-OP-006 CP(d)-08	287.7	288.13	Depósitos piroclásticos	4.19	92.28

Ensayo de Carga Puntual en campo

La prueba de carga puntual o PLT diametral, por sus siglas en inglés, es una de las pruebas índice más usadas para la determinación de la RCS. Este ensayo permite obtener el índice de carga puntual I_s (50) mediante la aplicación de una carga a una muestra cilíndrica de roca concentrada en dos puntas cónicas metálicas.

El índice de resistencia de carga puntual “ I_s (50)”, de una roca, se define como el valor de I_s que se obtendría para la misma muestra con un diámetro equivalente de 50 mm; el resultado se expresa en MPa. Se realizaron 222 ensayos PLT validos en in situ en 8 sondajes ejecutados con valores de I_s (50) que varían entre 0.114 a 15.114MPa.

Se observó que las muestras PLI fueron obtenidas a partir de testigos con longitudes aproximadas a 100 a 200 mm y con diámetro de 61mm. La Tabla 43 muestra los valores resultantes del muestreo de los sondajes.

+ Índice Carga Puntual

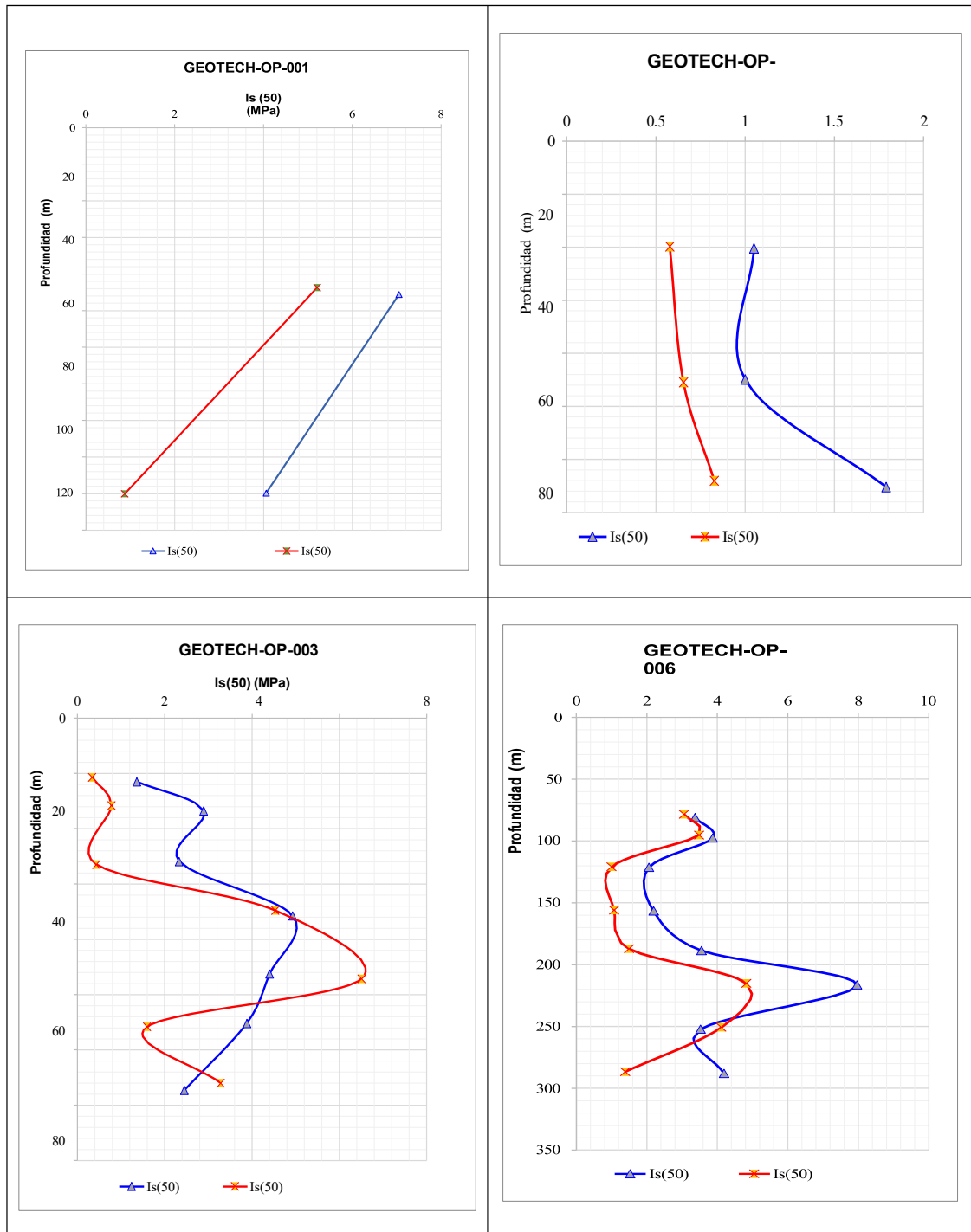
Perforación	Cantidad de datos	Is (50)
GEOTECH OP 001	21	0.254 - 5.07
GEOTECH-OP-002-	20	0.063 – 1.307
GEOTECH-OP-003	23	0.065 – 6.506
GEOTECH-OP-006	52	0.379 – 6.731
GEOTECH-OP-007	15	0.170 – 3.102
GEOTECH-OP-008	12	0.391 – 15.114
GEOTECH-UG-001	41	0.114 – 9.109
GEOTECH-UG-005	38	0.153 – 3.803

Comparación de resultados

Se hizo una comparación entre los resultados obtenidos en los ensayos PLT de campo y laboratorio. Los resultados muestran una tendencia. Los valores de Is50 obtenidos en campo son menores a los Is50 de laboratorio como se observa en el sondaje GEOTECH-OP-001, OP-002, OP-006 y UG-005.

Se observa casos puntuales donde el Is50 de campo se presenta mayor a laboratorio como son los casos de la GEOTECH-OP-003 a los 90m, la GEOTECH-UG-001 a los 15m y 140m.

Figura 9 Comparación de $I_s(50)$



De la figura anterior se concluye sobre los ensayos:

Los ensayos triaxiales en roca las calizas presentan una cohesión de 9.68 MPa y fricción de 47.66° . Las dacitas presentan una cohesión entre 3.8 MPa a 14.7 MPa con una fricción entre 43.09 y 55.1 . El Conglomerado presenta una cohesión entre 8.59 y 28.95 MPa con una fricción entre 46.29 a 57.64° . La toba presenta una cohesión de 9 MPa con una fricción de 47° . La marga presenta una cohesión entre 8 a 18.7 MPa con una fricción entre 50 y 57° . Los volcanoclásticos presenta una cohesión entre 15 y 18.6 MPa con un ángulo de fricción entre 38.5 y 54.5° . La brecha presenta una cohesión de 22.2 MPa y una fricción de 44.32° .

4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Prueba de hipótesis específicas

La primera hipótesis específica de esta investigación plantea que la caracterización geomecánica y estructural de los testigos de perforación de los geomateriales en Marcapunta Norte y Tajo Norte proporciona datos fundamentales sobre sus características geológicas. Para validar esta hipótesis, se realizaron registros detallados mediante logueo geotécnico y estructural, empleando formatos estandarizados que incluyeron la descripción litológica y su análisis correspondiente. Las características del fracturamiento y los parámetros geomecánicos de los materiales fueron evaluados siguiendo los criterios de Bieniawski (1989), lo que permitió determinar el Índice Rock Mass Rating (RMR). Adicionalmente, el Índice de Calidad de la Roca (RQD) se calculó aplicando los criterios de Deere. Como complemento, se utilizó la técnica de televiewer, que permitió obtener información estructural detallada de las discontinuidades y orientaciones de las fracturas, fortaleciendo así el análisis

geomecánico.

La segunda hipótesis específica postuló que los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte proveen datos cruciales para determinar sus propiedades físicas y mecánicas. Para los suelos, se llevó a cabo una clasificación basada en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), considerando parámetros como granulometría, límites de Atterberg, contenido de humedad, densidad y peso específico de sólidos. Además, se ejecutaron cinco ensayos de corte triaxial no consolidado no drenado (UU), con probetas de 2 pulgadas de diámetro, que permitieron caracterizar la resistencia al corte de los materiales.

En el caso de las rocas, se llevaron a cabo ensayos específicos que incluyeron:

- Constantes elásticas para determinar los módulos de deformación.
- Propiedades físicas, como densidad y porosidad.
- Resistencia a la compresión simple (UCS) y resistencia a la tracción indirecta.
- Ensayos de corte directo y resistencia a la compresión triaxial.
- Ensayo de carga puntual, tanto en laboratorio como en campo.

Los valores obtenidos en cada uno de estos ensayos fueron fundamentales para caracterizar de manera precisa los materiales presentes en la zona de estudio. Esta caracterización es indispensable para mejorar y optimizar el diseño de taludes y garantizar la estabilidad de excavaciones mineras, confirmando así la hipótesis planteada. Los datos recolectados no solo aportan al entendimiento de las propiedades físicas y mecánicas de los geomateriales, sino que también contribuyen significativamente al diseño técnico y seguro de las operaciones

mineras.

4.3.2. Prueba de hipótesis general

La hipótesis general de la presente investigación establece que la caracterización geotécnica de los geomateriales en las zonas de Marcapunta Norte y Tajo Norte, mediante perforación diamantina, proporciona información precisa y detallada que es fundamental para mejorar la estabilidad de taludes y optimizar el diseño de excavaciones mineras en el distrito minero de Colquijirca.

El proceso de caracterización geotécnica permitió obtener datos críticos relacionados con las propiedades mecánicas y estructurales de los geomateriales presentes en las áreas de estudio. En particular, se identificaron propiedades clave, como la cohesión y el ángulo de fricción interna, a través de análisis detallados basados en ensayos de laboratorio y mediciones in situ. Estos parámetros fueron utilizados para calcular factores de seguridad adecuados que garantizaran la estabilidad de taludes en las zonas de Marcapunta Norte y Tajo Norte. Además, se analizaron las condiciones de fracturamiento, orientación de discontinuidades y características de los macizos rocosos, aspectos determinantes en el diseño y estabilidad de las excavaciones mineras.

La perforación diamantina no solo facilitó la obtención de muestras intactas para el análisis en laboratorio, sino que también permitió una evaluación más precisa del comportamiento geotécnico de los geomateriales bajo diferentes condiciones de carga y confinamiento. Este enfoque metodológico contribuyó significativamente a comprender la interacción entre las propiedades mecánicas del terreno y los diseños estructurales de las excavaciones, lo que permitió ajustar las recomendaciones de diseño para garantizar la seguridad y eficiencia operativa.

En conclusión, los resultados obtenidos validan la hipótesis general,

demostrando que la caracterización geotécnica mediante perforación diamantina es una herramienta indispensable para la minería moderna. La información proporcionada permite no solo mejorar la estabilidad de taludes, reduciendo riesgos asociados a fallos estructurales, sino también optimizar los diseños de excavación, minimizando costos operativos y maximizando la seguridad en las operaciones mineras de Colquijirca. Este estudio contribuye al avance del conocimiento geotécnico aplicado a la minería, estableciendo un modelo de referencia para caracterizaciones futuras en terrenos geológicamente complejos.

4.4. Discusión de resultados

La presente investigación tiene como objetivo general caracterizar geotécnicamente los geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte mediante perforación diamantina para mejorar la estabilidad de taludes y optimizar el diseño de las excavaciones mineras en Colquijirca. En este estudio los resultados obtenidos se muestran en las tablas por cada sondaje perforado, encontrándose que los taladros con muestras mala calidad son Geotech_OP_001, seguido por el sondaje Geotech_OP_008. Por otro lado, los sondajes que presentan regular calidad Geotech_OP_003, Geotech_OP_007 y Geotech_OP_006. Finalmente, el de mejor calidad de roca son Geotech_UG_001 y Geotech_UG_005. Estos resultados están respaldados por Mamani (2022) quien realizó el análisis y clasificación en función al RMR y determinó que varía entre 32 a 60 y con estos datos se recomienda realizar el sostenimiento, esto quiere decir que el instrumento RMR es consistente, y hay fiabilidad. Contrastando con los resultados de nuestra investigación la mayoría de los RMR son de regular a buena los que nos indica un nivel aceptable de fiabilidad. Los resultados de las pruebas de Televiwer, poseen una buena correlación con la data obtenida en campo de los sondajes

desarrollados, excepto en el sondaje Geotech_OP_001. Esto puede deberse a que la geología que se visualiza en este taladro presenta calizas y dolomia varvadas y que, por la experiencia, son susceptibles a ser rotados por la rotación de la máquina de perforación.

Por otra parte, los ensayos triaxiales en roca las calizas presentan una cohesión de 9.68 MPa y fricción de 47.66° . Las dacitas presentan una cohesión entre 3.8 MPa a 14.7 MPa con una fricción entre 43.09 y 55.1 . El Conglomerado presenta una cohesión entre 8.59 y 28.95 MPa con una fricción entre 46.29 a 57.64° . La toba presenta una cohesión de 9 MPa con una fricción de 47° . La marga presenta una cohesión entre 8 a 18.7 MPa con una fricción entre 50 y 57° . Los volcanoclásticos presenta una cohesión entre 15 y 18.6 MPa con un ángulo de fricción entre 38.5 y 54.5° . La brecha presenta una cohesión de 22.2 MPa y una fricción de 44.32° . Los resultados obtenidos están sustentados por Chumpitaz (2007) donde indica la importancia de un estudio geotécnico para conocer sus propiedades físicas y mecánicas, su composición litológica y perfil estratigráfico, hasta la profundidad perforada. Estos resultados coinciden con el propósito de la presente investigación, puesto se busca mejorar la estabilidad de taludes y optimizar el diseño de las excavaciones mineras en Colquijirca.

CONCLUSIONES

1. La caracterización geotécnica permitió identificar tres categorías de calidad en los macizos rocosos: mala, regular y buena. Los sondeos Geotech_OP_001 y Geotech_OP_008 presentaron las peores condiciones geotécnicas, mientras que Geotech_UG_001 y Geotech_UG_005 destacaron por su alta calidad. Los valores de RMR, que oscilaron entre 32 y 60, indican una calidad geotécnica que varía de regular a buena. Estos resultados son consistentes con investigaciones previas, confirmando la fiabilidad del sistema RMR como herramienta para la evaluación de taludes.
2. La técnica de Televiwer mostró una buena correlación con los datos de campo en la mayoría de los sondeos, validándose como una herramienta eficaz para analizar la orientación y características estructurales del macizo rocoso. Las discrepancias observadas en el sondeo Geotech_OP_001 se atribuyen a la geología local, particularmente a la presencia de calizas y dolomías varvadas, que son susceptibles a alteraciones durante el proceso de perforación.
3. Los ensayos triaxiales proporcionaron datos clave sobre cohesión y ángulo de fricción, fundamentales para evaluar la resistencia y estabilidad de los geomateriales. Los valores obtenidos para diferentes litologías, como calizas, dacitas, conglomerados, y brechas, reflejan una amplia variabilidad en las propiedades mecánicas, resaltando la importancia de un análisis detallado para el diseño de excavaciones.
4. La integración de la perforación diamantina con técnicas avanzadas como el Televiwer y ensayos triaxiales validó su efectividad como una metodología robusta para la caracterización geotécnica de los geomateriales en contextos mineros.
5. Los resultados de las pruebas de Televiwer, muestran que se tiene una buena

correlación con la data obtenida en campo de los sondeos desarrollados, excepto en el sondeo Geotech_OP_001. Esto puede deberse a que la geología que se visualiza en este taladro presenta calizas y dolomía varvadas y que, por la experiencia, son susceptibles a ser rotados por la rotación de la máquina de perforación.

6. De acuerdo a los datos de carga puntual (PLT) realizados en Esmelter y laboratorio presenta una tendencia. Los valores de I_{s50} obtenidos en campo son menores a los I_{s50} de laboratorio como se observa en el sondeo GEOTECH-OP-001, OP-002, OP-006 y UG-005.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar los valores de cohesión y fricción obtenidos para recalcular los factores de seguridad y ajustar el diseño de las excavaciones en zonas críticas
2. Integrar métodos geofísicos no destructivos para mejorar la caracterización del macizo rocoso y obtener datos complementarios sobre las condiciones estructurales y litológicas hasta mayores profundidades.
3. Brindar formación continua al personal técnico en el uso de herramientas avanzadas como el Televiewer y en la interpretación de datos geomecánicos para garantizar la consistencia y calidad de los análisis futuros.
4. Realizar estudios adicionales en áreas con litologías complejas, como calizas y dolomías varvadas, para minimizar errores en la interpretación de los datos y mejorar la precisión de los diseños estructurales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ángeles, C. (1993). *Geología de Colquijirca y Alrededores*. Sociedad Minea El Brocal S.A.
- Ángeles, C. (1999). *Revisión de la Geología de Algunos Sectores del Distrito de Colquijirca*. Sociedad Minea El Brocal S.A.
- Bendezu, R. (2007). *Shallow polymetallic and precious metal mineralization associated with a Miocene diatreme-dome complex: Colquijirca district in the Peruvian Andes*.
- Chumpitaz, C. (2007). Estudio geotécnico y geognóstico del subsuelo mediante perforación diamantina. [Tesis de Pre grado, Ingeniería Civil, Universidad Ricardo Palma. Facultad de Ingeniería.] Repositorio institucional.
- Mamani, M.(2021). Evaluación geotécnica de voladura para el control de daño de taludes en minería superficial - mina Toquepala. [Tesis de Pre grado, Ingeniería Geológica Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa] Repositorio institucional.
- Mamani, M. (2022). Evaluación geotécnica según los métodos RMR y Q de Barton en la construcción del túnel trasandino en el distrito de San Bartolomé – Lima. [Tesis de Pre grado, Ingeniería Geológica Universidad Nacional del altiplano] Repositorio institucional.
- Mamani, E. (2022). Evaluación geológica y geotécnica para la construcción de la represa Pichcaccocha Lucanas – Ayacucho. [Tesis de Pre grado, Ingeniería Geológica Universidad Nacional del altiplano] Repositorio institucional.
- Molina, M. (2019). Evaluación geomecánica y determinación de ángulos de talud en los proyectos mineros. [Tesis de Pre grado, Ingeniería de Minas Universidad Nacional del altiplano, Facultad de Ingeniería de Minas] Repositorio institucional.

- Rodríguez, R.; Cueva, E. & Carlotto, V. (2011). *Geología del cuadrángulo de Cerro de Pasco, hoja 22-k, escala 1:50,000*. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 144, 160 p, 4 mapas.
- SRK Consulting Perú S.A. (2021). *Logueo de taladros geomecánico orientados*. Sociedad Minera el Brocal.
- SRK Consulting Perú S.A. (2021). *Metodología para la caracterización geotécnica de los testigos de perforación diamantina – Protocolo de logueo geotécnico*. Emitido para Sociedad Minera el Brocal.
- SRK Consulting Perú S.A. (2021). *Metodología para la descripción de suelos en el terreno – Protocolo de descripción de suelos*. Emitido para Sociedad Minera el Brocal.
- SRK Consulting Perú S.A. (2021). *Protocolo de toma de muestras para ensayos de mecánica de rocas en núcleos o testigos de roca – Protocolo de muestreo*. Sociedad Minera el Brocal.
- Villaroel, R. Merino, L. Leyva, G Sánchez, G (2016). Metodología de caracterización geotécnica a partir de testigos de sondaje diamantina en rocas alteradas y su aplicación en minería a rajo abierto y subterránea. [Tesis de posgrado, Departamento de Ingeniería de Minas Universidad de Chile] Repositorio institucional.

ANEXOS:

Anexo 1. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Resultados de ensayo de propiedades físicas – PF

LITOLOGÍA	SONDAJE	MUESTRA	DIÁMETRO "d" (cm)	ALTURA "h" (cm)	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3)	PESO ESPECÍFICO APARENTE (kN/m3)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	POROSIDAD APARENTE (%)
Dolomías	TA-02	PF-01	6.04	1.57	2.63	2.67	26.16	1.23	3.32
			6.03	1.97	2.66	2.69	26.40	1.06	2.89
			6.03	1.94	2.64	2.68	26.24	1.21	3.28
		Promedio			2.65	2.68	26.27	1.17	3.17
-	F12-01	PF-01	5.99	3.00	2.43	2.57	25.23	5.61	14.47
			5.99	3.05	2.41	2.56	25.06	5.74	14.70
			5.99	3.12	2.41	2.55	24.96	5.36	13.67
		Promedio			2.42	2.56	25.08	5.57	14.28
-	F12-02	PF-01	6.05	2.96	2.63	2.68	26.28	1.96	5.27
			6.05	2.93	2.60	2.67	26.13	2.52	6.74
			6.05	3.01	2.58	2.65	25.95	2.36	6.28
		Promedio			2.60	2.66	26.12	2.28	6.10
Limoarcilitas	F12-03	PF-01	6.04	3.09	2.33	2.50	24.48	6.57	16.43
			6.04	2.90	2.34	2.51	24.65	7.09	17.85
			6.04	3.01	2.33	2.52	24.75	7.50	18.96
		Promedio			2.33	2.51	24.63	7.05	17.75
-	F14-01	PF-01	6.05	2.93	2.42	2.48	24.30	2.39	5.96
			6.02	2.88	1.93	2.06	20.18	6.34	13.08
			6.01	3.18	1.89	2.04	20.03	7.52	15.39
		Promedio			2.08	2.19	21.50	5.42	11.48
-	F14-01	PF-02	5.90	2.80	2.62	2.69	26.34	2.35	6.35
			5.90	2.74	2.59	2.67	26.21	3.13	8.39
			5.90	2.90	2.58	2.66	26.11	3.21	8.58
		Promedio			2.60	2.67	26.22	2.90	7.78

LITOLOGÍA	SONDAJE	N° DE MUESTRA	PESO SECO "md" (gr)	PESO SATURADO "ms" (gr)	PESO SUMERGIDO "mh" (gr)	ABSORCIÓN (%)	GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE
Dolomías	TA-01	PF-01_A	177.72	179.06	65.74	0.75	1.57
		PF-01_B	410.05	412.03	208.91	0.48	2.02
		PF-01_C	492.91	495.36	257.24	0.50	2.07
		PF-01_D	566.01	568.67	305.62	0.47	2.15
PROMEDIO						0.55	1.95

Anexo 2. Resultados de Ensayo de Resistencia a la Compresión Uniaxial

LITOLOGÍA	SONDAJE	CÓDIGO DE MUESTRA	DIÁ. "d" (mm)	ALT. "h" (mm)	CARGA (kN)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL - UCS(d) (MPa)	TIPO DE ROTURA	TIEMPO (s)
limolitas	TA-02	UCS-01	60.4	140.4	259.19	90.46	I/MATRIZ	172.0
Limoarcilitas	F12-01	UCS-01	60.4	139.3	151.19	52.77	II/MATRIZ	105.3
Dacita	F12-01	UCS-02	60.6	140.4	139.30	48.30	II/MATRIZ	89.2
-	F12-02	UCS-01	60.6	140.1	143.95	49.91	IV/MATRIZ	92.4
-	F12-02	UCS-02	60.6	141.7	128.58	44.58	IV/MATRIZ	89.2
Dacita	F12-03	UCS-01	60.6	141.0	213.18	73.91	II/MATRIZ	139.5
Bx Freatomagm.	F12-03	UCS-02	60.6	141.5	77.67	26.93	II/MATRIZ	46.7
-	F14-01	UCS-01	60.8	139.8	210.85	72.62	II/MATRIZ	338.6
-	F14-01	UCS-02	58.6	137.2	103.51	38.39	I/MATRIZ	167.2
-	F14-01	UCS-03	59.0	135.8	79.86	29.21	II/MATRIZ	48.7
-	F14-01	UCS-04	59.0	141.5	91.42	33.44	II/MATRIZ	53.3

R.E.: Relación de Esbeltez = $h/d < 2.0$

Velocidad de Ensayo conforme lo Indican las normas ASTM y recomendaciones del ISRM: 0.5 MPa/s (constante – Servo-controlado), y se cumple con los tiempos aproximados de duración de los Ensayos (2 – 15min.).

***Nota 1:** El/Los valore(s) de UCS(d) mostrados en este cuadro, son al diámetro directo del testigo ensayado, no existe corrección al diámetro UCS(50). Si el cliente lo requiere, tendría que usar alguna formulación como "Hoek-Brown Diagram for UCS Corrections, 1980", "Hawkins, Relation between UCS and size (core), 1998" u otras como:*

Anexo 3. Resultados de Ensayo de Resistencia a la Compresión Triaxial

LITOLOGÍA	SONDAJE	CÓDIGO DE MUESTRA	DÍA. "d" (mm)	ALT. "h" (mm)	CONF. σ_3 (MPa)	ESFUERZO COMP. (MPa)	TIPO DE ROTURA	HOEK BROWN		MOHR COULOMB	
								RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAxIAL – UCS(t) (MPa)	CONSTANTE "mi"	COHESIÓN (MPa) (*)	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNO (°) (*)
Dolomías	TA-02	TX-01	60.0	121.8	1.0	43.04	IV/MATRIZ	38.485	5.281	10.676	32.244
			60.4	123.2	3.0	46.50	IV/MATRIZ				
			59.0	122.0	5.0	56.19	IV/MATRIZ				
Caliza	F12-01	TX-01 (A)	60.6	124.8	1.0	64.55	IV/MATRIZ	-	-	-	-
Dacita		TX-01 (B)	60.5	123.1	3.0	185.82	II/MATRIZ				
Limoarcilitas		TX-01 (C)	60.5	124.5	5.0	110.32	II/MATRIZ				
-	F12-02	TX-01 (A)	60.5	121.0	1.0	130.73	IV/MATRIZ	-	-	-	-
		TX-01 (A)	60.5	122.7	3.0	90.17	IV/MATRIZ				
		TX-01 (B)	60.5	119.6	5.0	140.83	II/MATRIZ				
Dacita	F12-03	TX-01 (A)	60.5	123.4	1.0	51.13	IV/MATRIZ	42.273	19.970	8.387	49.645
		TX-01 (B)	60.4	123.0	3.0	71.71	IV/MATRIZ				
		TX-01 (B)	60.4	116.7	5.0	80.75	II/MATRIZ				
-	F14-01	TX-01 (A)	59.1	120.9	1.0	131.93	II/MATRIZ	124.694	10.877	25.794	45.204
		TX-01 (B)	59.1	121.6	3.0	141.10	IV/MATRIZ				
		TX-01 (C)	59.1	122.9	5.0	155.48	IV/MATRIZ				

R.E.: Relación de Esbeltez = $h/d=2.0$

Conf. = Confinamiento Lateral (σ_3)

Esfuerzo Comp. = Esfuerzo de Compresión, de Rotura, Vertical (MPa)

UCS(t) = Resistencia a la Compresión Uniaxial, teórico (valor indirecto, tomado de las formulaciones para el cálculo de las constantes "mi", Cohesión y Fricción). No es un parámetro Directo como si lo es el ensayo UCS(d) o UCS(50).

(*) Parámetros Conforme el Criterio de Mohr Coulomb. Demás parámetros (mi), conforme Criterio de Hoek-Brown.

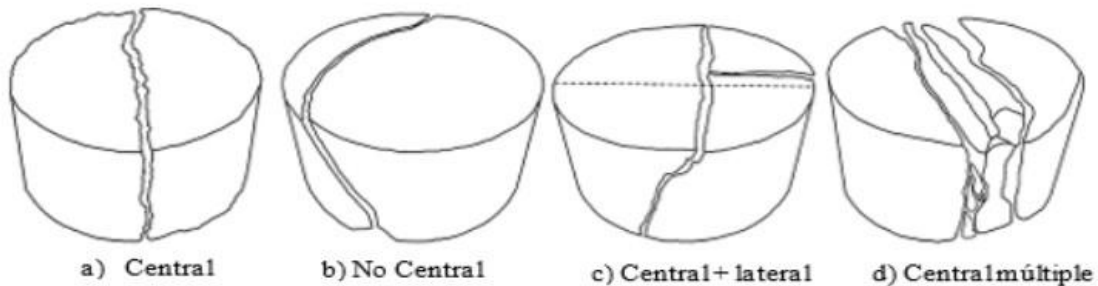
Valores marcados en ROJO, pueden ser considerados valores anómalos/errados, depende del cliente considerarlo o no.

Anexo 4. Resultados de Ensayo de Resistencia a la Tracción Indirecta

LITOLOGÍA	SONDAJE	CÓDIGO DE MUESTRA	DIÁ. "d" (mm)	ALT. "h" (mm)	CARGA (kN)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (MPa)	PROMEDIO RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (MPa)	TIPO DE ROTURA
Dolomías	TA-02	TI-01 (A)	60.5	30.0	19.46	6.83	7.00	Central Múltiple
			60.5	28.5	19.99	7.38		Central
			60.5	30.4	19.59	6.78		Central
Dacita	F12-01	TI-01	60.6	30.4	28.66	9.90	9.37	Central
			60.6	31.2	23.50	7.91		Central
			60.6	30.3	29.65	10.28		Central Lateral
-	F12-02	TI-01	60.5	31.3	12.82	4.31	5.72	Central
			60.5	30.2	22.11	7.70		No Central
			60.5	29.7	14.56	5.16		Central
Dacita Bx Freatomagm.	F12-03	TI-01	60.6	30.6	13.79	4.73	5.34	Central Múltiple
			60.6	30.2	16.98	5.91		Central
			60.6	29.4	15.04	5.37		Central
-	F14-01	TI-01	59.1	28.7	53.22	19.97	15.74	Central Múltiple
			59.1	30.1	56.35	20.17		Central
			59.1	30.0	19.71	7.08		Central Múltiple (Fragmentado)

R.E.: Relación de Esbeltez = $h/d \approx 0.5$

Nota 3: Representación esquemática de los diferentes modos de falla en los ensayos de Tracción Indirecta (método brasileño).
(Tavallali and Vervoort 2010).



Anexo 5. Resultados de Ensayo de Resistencia al Corte Directo-Testigos – ASTM/ISRM

LITOLOGÍA	SONDAJE	CÓDIGO DE MUESTRA	ANCHO "w" (mm)	LARGO "l" (mm)	TIPO DE DISCONT.	FUERZA NORMAL (kN)	FUERZA DE CORTE (kN)	ESFUERZO NORMAL (kPa)	ESFUERZO DE CORTE (kPa)	ISRM Suggested Method		JRC
										COHESIÓN (MPa)	ANGULO DE FRICCIÓN RESIDUAL(°)	
Dolomías varvadas	TA-02	CD-01	60.90	82.30	D. Natural (a=66°)	1.00	0.73	254.03	184.89	0.02	33.12	2.0
						2.00	1.47	508.07	372.57			
						3.00	1.89	762.10	480.28			
						4.00	2.76	1016.14	701.52			
Caliza	F12-03	CD-01	60.90	71.10	D. Natural (a=28°)	1.00	0.87	294.05	257.18	0.07	33.37	4.0
						2.00	1.55	588.10	456.51			
						3.00	2.37	882.15	695.78			
						4.00	2.80	1176.21	823.02			

Nota 4: El diámetro para Ensayo de Resistencia al Corte Directo recomendado conforme ASTM e ISRM es: 54mm a más. Los resultados de las muestras que no cumplan esta condición, se sugieren deben ser tomados como Referenciales.

Nota 5: Esfuerzo de corte aplicado con Consola Independiente SERCOMP 7 de sistema Presión constante Servo-Controlado.

Nota 6: Ángulo respecto a la horizontal, de la discontinuidad Natural o Simulada (a).

Nota 7: Los Esfuerzos Normales y Cizallantes, se calcularon sobre el área inicial, sin tomar en consideración la variación del área a lo largo del ensayo.

Nota 8: La cohesión en el criterio de resistencia lineal de Mohr-Coulomb, es la resistencia al corte a carga normal cero y es independiente del nivel de tensión normal. Las discontinuidades de rocas abiertas (con resistencia a la tracción cero) no tienen verdadera cohesión. La verdadera cohesión ocurre cuando la discontinuidad tiene cierta resistencia a la tracción, por ejemplo, cuando la discontinuidad es incipiente o cuando la mineralización secundaria cementa las dos mitades de la discontinuidad. Para discontinuidades simuladas los valores de Cohesión no son representativos, depende del cliente considerarlo o no.

JRC: joint roughness coefficient

Anexo 6. Resultados de Ensayo de Resistencia al Corte Directo – H&R (Hencher y Richards)

LITOLOGÍA	SONDAJE	CÓDIGO DE MUESTRA	ANCHO "W" (mm)	LARGO "l" (mm)	TIPO DE DISCONT.	FUERZA NORMAL (kN)	UPPER		S.R. Hencher L.R. Richards		JRC
							ESFUERZO NORMAL (kPa)	ESFUERZO DE CORTE (kPa)	UPPER		
									COHESIÓN (MPa)	ANGULO DE FRICCIÓN RESIDUAL(°)	
Dolomías varvadas	TA-02	CD-01	60.90	82.30	D. Natural (a=66°)	1.00	313.63	228.26	0.03	33.08	2.0
						2.00	624.41	457.53			
						3.00	938.16	590.88			
						4.00	1239.75	855.89			
Caliza	F12-03	CD-01	60.90	71.10	D. Natural (a=28°)		337.57	280.35	0.06	34.14	4.0
						2.00	677.21	510.04			
						3.00	1030.95	813.14			
						4.00	1369.17	958.04			

Nota 9: Los Esfuerzos Normales y Cizallantes, se calcularon sobre el área de contacto de las muestras ensayadas a lo largo de cada etapa de prueba. (Ecuación de Corrección del área de Hencher y Richards, 1989.)

Nota 10: Los valores de Cohesión y ángulo de Fricción (UPPER) fueron hallados aplicando la metodología de Hencher y Richards, cabe resaltar que estos valores no han sido corregidos por el efecto de dilatación. (Assessing the shear Strength of Rock Discontinuities at Laboratory and Field Scales, Hencher y Richards, August 2014.)

Nota 8: La cohesión en el criterio de resistencia lineal de Mohr-Coulomb, es la resistencia al corte a carga normal cero y es independiente del nivel de tensión normal. Las discontinuidades de rocas abiertas (con resistencia a la tracción cero) no tienen verdadera cohesión. La verdadera cohesión ocurre cuando la discontinuidad tiene cierta resistencia a la tracción, por ejemplo, cuando la discontinuidad es incipiente o cuando la mineralización secundaria cementa las dos mitades de la discontinuidad. Para discontinuidades simuladas los valores de Cohesión no son representativos, depende del cliente considerarlo o no.

JRC: joint roughness coefficient

Anexo 7. Resultado de Ensayo de Resistencia a la Carga Puntual-Axial

LITOLOGÍA	SONDAJE	CÓDIGO DE MUESTRA	DIÁ. "d" (mm)	(*) ALT. "h" (mm)	ALT. "h" (mm)	CARGA (kN)	Is	Is(50)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)	PROMEDIO DE LA COMPRESIÓN (MPa)
Limoarcilitas	TA-01	TA-01	60.60	29.59	30.40	5.96	2.61	2.56	56.27	52.31
			60.60	27.69	28.60	4.24	1.98	1.92	42.14	
			60.60	30.71	31.70	6.38	2.69	2.66	58.52	
Dolomías	TA-02	CP(a)-01	60.60	30.68	31.50	7.61	3.21	3.18	69.86	81.53
			60.60	28.62	29.80	8.15	3.69	3.59	78.96	
			60.60	28.67	30.50	9.90	4.48	4.35	95.78	
Limoarcilitas	TA-02	CP(a)-02	60.60	30.60	31.50	2.42	1.02	1.01	22.26	18.80
			60.60	30.42	30.90	2.74	1.17	1.15	25.32	
			60.60	30.30	30.60	0.95	0.41	0.40	8.81	
-	F12-01	CP(a)-01	59.30	29.37	30.20	6.17	2.78	2.71	59.58	59.14
			59.30	29.50	30.50	6.69	3.00	2.93	64.38	
			59.30	29.05	29.90	5.49	2.50	2.43	53.47	
-	F12-02	CP(a)-01	60.60	28.48	29.50	7.77	3.54	3.43	75.56	72.94
			60.60	30.33	31.60	12.38	5.29	5.21	114.66	
			60.60	29.49	30.40	3.02	1.33	1.30	28.59	
-	F12-02	CP(a)-02	60.60	28.72	29.60	6.47	2.92	2.84	62.51	62.62
			60.60	29.61	30.60	6.45	2.82	2.77	60.86	
			60.60	27.27	28.20	6.41	3.05	2.93	64.47	
Limoarcilitas	F12-03	CP(a)-01	60.60	28.04	28.80	5.37	2.48	2.40	52.86	40.07
			60.60	29.65	30.10	2.75	1.20	1.18	25.92	
			60.60	29.34	30.00	4.36	1.93	1.88	41.43	
-	F14-01	CP(a)-01	60.80	29.47	30.30	6.85	3.00	2.94	64.71	90.33
			60.80	27.50	28.80	11.38	5.35	5.16	113.42	
			60.80	28.82	30.00	9.66	4.33	4.22	92.85	
-	F14-01	CP(a)-02	58.80	29.78	30.50	5.80	2.60	2.54	55.78	44.97
			58.80	30.11	31.10	3.09	1.37	1.34	29.46	
			58.80	28.48	29.20	4.99	2.34	2.26	49.67	

Ensayo Tipo = Axial (en discos de Roca).

R.E.: Relación de Esbeltez = $h/d > 0.5$

Valor de "h", corresponde a la altura de la Muestra antes de ser sometida al ensayo. (Espesor del Disco a Ensayar)

*** Valor de "h", corresponde al espesor corregido con respecto a la distancia entre las puntas cónicas después de ejercer la Carga puntual.**

Valor de la Constante "k" para convertir el Is(50) a MPa = 22 (de cuadro generalizado de Bieniawski, Z.T. para muestras con diámetro cercano al 50mm).

Para la corrección del Is a Is(50), (Fórmula: $Is(50) = Is \times (De / 50)^a$), el valor de "a" = 0.45.

Is(50) = Índice de Carga Puntual corregido a 50mm de diámetro.

Anexo 8. Resultado de Ensayo de Resistencia a la Carga Puntual- Diametral

LITOLOGÍA	SONDAJE	CÓDIGO DE MUESTRA	DIÁ. "d" (mm)	CARGA (kN)	Is	Is(50)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)	PROMEDIO DE LA COMPRESIÓN (MPa)
Dolomías	TA-04	TA-01	60.90	9.97	2.69	2.94	64.63	69.75
			60.90	12.30	3.32	3.62	79.73	
			60.90	10.01	2.70	2.95	64.89	
Dolomías	TA-02	CP(d)-01	60.60	15.41	4.20	4.58	100.66	88.60
			60.60	13.28	3.62	3.94	86.75	
			60.60	12.00	3.27	3.56	78.39	
Limolitas	TA-02	CP(d)-02	60.40	14.10	3.86	4.21	92.58	80.12
			60.40	13.58	3.72	4.05	89.16	
			60.40	8.93	2.45	2.67	58.63	
Dacita	F12-01	CP(d)-01	60.40	14.12	3.87	4.21	92.71	72.00
			60.40	12.13	3.32	3.62	79.64	
			60.40	6.65	1.82	1.98	43.66	
-	F12-02	CP(d)-01	60.80	7.72	2.09	2.28	50.17	51.08
			60.80	8.00	2.16	2.36	51.99	
			60.80	0.33	0.09	0.10	2.14	
Dacita	F12-03	CP(d)-01	60.60	1.49	0.41	0.44	9.73	18.99
			60.60	3.13	0.85	0.93	20.45	
			60.60	4.10	1.12	1.22	26.78	
-	F14-01	CP(d)-01	59.00	10.90	3.13	3.37	74.22	99.48
			59.00	16.74	4.81	5.18	113.98	
			59.00	16.19	4.65	5.01	110.23	

Ensayo Tipo = Diametral (en discos de Roca).

R.E.: Relación de Esbeltez = $L > 0.5 \cdot D$

Valor de "h", corresponde a la altura de la Muestra antes de ser sometida al ensayo. (Espesor del Disco a Ensayar)

* Valor de "h", corresponde al espesor corregido con respecto a la distancia entre las puntas cónicas después de ejercer la Carga puntual.

Valor de la Constante "k" para convertir el Is(50) a MPa = 22 (de cuadro generalizado de Bieniawski, Z.T. para muestras con diámetro cercano al 50mm).

Para la corrección del Is a Is(50), (Fórmula: $Is(50) = Is \times (De / 50)^a$), el valor de "a" = 0.45.

Is(50) = Índice de Carga Puntual corregido a 50mm de diámetro.

Anexo 9. Panel Fotográfico

- **LOGUEO GEOMECANICO Y MUESTRO DE ENSAYOS:** (Propiedades Físicas(PF), Resistencia a la Compresión Uniaxial(UCS), Resistencia a la Compresión Triaxial(TX), Resistencia a la Tracción Indirecta(TI), Resistencia al Corte Directo(CD), Resistencia a la Carga Puntual(PLT)).



