

Antofagasta, 6 de septiembre de 2021  
S-MC-MB202-0921-0617

Señor  
Cristóbal de la Maza Guzman  
Superintendente del Medio Ambiente  
Ministerio del Medio ambiente  
Teatinos 280-Piso 8  
Santiago de Chile  
**PRESENTE**

**REF.:** Res Ex. 1538, de fecha 6 de julio de 2021, de la Superintendencia del Medio Ambiente, por la cual se ordenan Medidas Urgentes y Transitorias y requiere información según se indica.

**MAT:** Informe Etapa 1 del estudio de ingeniería que dé cuenta de las condiciones geológicas-geotécnicas de los suelos colindantes a la faena minera Mantos Blancos, que evalúe la(s) causa(s) de las deformaciones y grietas visibles en el tramo comprendido entre el km 1406.300 y el km 1407.125 aproximadamente. Medida c).

De mi consideración:

Giancarlo Bruno Lagomarsino, en representación de Mantos Copper S.A., me dirijo a usted en relación a las Res Ex. N°1538, de 6 de julio de 2021, que estableció medidas urgentes y transitorias a la faena minera Mantos Blancos, y conforme al Reporte presentado por esta parte, con fecha 13 de agosto del presente año.

En esa oportunidad, respecto de la medida c), relativa a *“Realizar un estudio de ingeniería que dé cuenta de las condiciones geológicas- geotécnicas de los suelos colindantes a la faena minera Mantos Blancos, que evalúe la(s) causa(s) de las deformaciones y grietas visibles en el tramo comprendido entre el km 1406.300 y el km 1407.125 aproximadamente, debiendo utilizar tecnología ad hoc para dicho objetivo, tales como sondajes SPT, Tomografía eléctrica, entre otras. Dicho estudio deberá ser gestionado y ejecutado por profesionales competentes y se deberá entregar un informe técnico con las primeras gestiones dentro del plazo entregado, informando en dicho documento la fecha estimada de la presentación de los resultados finales”*; se indicó que el estudio geológico - geotécnico comprende dos etapas, una de las cuales es eventual, dependiendo de los resultados de la primera.

La primera etapa consideraba la revisión de la información existente con que cuenta la empresa, su análisis y la actualización del modelo geológico para la faena de Mantos Blancos, la cual ha concluido el día 4 de septiembre.

En virtud de lo anterior, adjunto, en formato digital, el informe denominado **“Caracterización Geológica-Geotécnica De Suelos Sector Ruta 5 Norte Frente A Mina Mantos Blancos”**. Elaborado por la consultora Wood.

En particular, es preciso señalar que, de acuerdo a lo indicado en este informe, será necesario llevar a cabo una segunda etapa para evaluar las causas de las grietas y deformaciones en la ruta en el sector de estudio, ya que, como se desprende de dicho informe, las propiedades del suelo superficial han sido modificadas por elementos externos, entre ellos, el comportamiento del agua, siendo, por tanto, necesario el análisis de las características geomecánicas del suelo, que determine el nivel de afectación del mismo, para lo cual se requiere la realización de ensayos y sondajes que se proponen en el mismo informe.

Finalmente, se adjunta cronograma con el desarrollo de esta segunda etapa para el cumplimiento de la medida c) ordenada por esta Superintendencia.

De conformidad a ello, se cumple con lo comprometido para verificar el cumplimiento de lo ordenado por la SMA en su Res. Exta. N° 1538.

Sin otro particular, le saluda atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'G. Bruno', written over a horizontal line.

**GIANCARLO BRUNO L.**

**pp. Mantos Cooper S.A.**

**MANTOS COPPER**  
**PROYECTO N° E40242**  
**CARACTERIZACIÓN SUELOS COLINDANTES**  
**A MINA MANTOS BLANCOS**

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS**  
**SECTOR RUTA 5 NORTE FRENTE A MINA MANTOS BLANCOS**

**E40242-1000-DT30-RPT-0001**

Preparado por

**Amec Foster Wheeler**

Aprobado por

Jefe de Proyecto: Cecilia Braem (CB)  
Administrador del Contrato: José A. Rodríguez (JARP)

Rev.	Fecha	Revisión	Preparado	Revisado	Aprobado
A	31-ago-2021	Coordinación Interna	CB-MH	FC	FC
B	03-sep-2021	Revisión Cliente	CB-MH	FC	FC
0	05-sep-2021	Apto para uso	CB-MH M#1	FC	FC
Comentarios:					

### **AVISO IMPORTANTE**

Este documento contiene la expresión de la opinión profesional de Amec Foster Wheeler, una empresa Wood plc. (Consultor), en las materias definidas en éste, usando su juicio profesional y el razonable cuidado, y está basado, en parte, en supuestos, datos, e información entregada por terceros. Este documento debe ser leído en el contexto del contrato entre el Consultor y el Cliente (Dueño) y la metodología, procedimientos y técnicas usadas, las hipótesis del Consultor, y las circunstancias y restricciones bajo las cuales este mandato fue ejecutado. Este documento fue escrito sólo para el propósito definido en el contrato del Servicio y está orientado a ser leído como un todo, por lo tanto, secciones o partes no deben ser leídos o interpretados fuera de contexto. Cualquier uso que terceras partes hagan de este documento o tomen decisiones basados en éste, será a su solo riesgo y responsabilidad.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.0</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>2.0</b>	<b>OBJETIVOS Y ALCANCES</b> .....	<b>8</b>
	2.1 Objetivos .....	8
	2.2 Alcances .....	8
<b>3.0</b>	<b>REVISIÓN DE ANTECEDENTES</b> .....	<b>9</b>
<b>4.0</b>	<b>CONTEXTO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO</b> .....	<b>11</b>
	4.1 Unidades Geológicas .....	11
	4.2 Estructuras Geológicas .....	15
	4.3 Geomorfología .....	17
<b>5.0</b>	<b>INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS</b> .....	<b>22</b>
<b>6.0</b>	<b>HIDROGEOLOGÍA</b> .....	<b>25</b>
	6.1 Hidrología.....	25
	6.2 Hidroquímica.....	26
	6.3 Isotopía .....	28
	6.4 Piezometría.....	29
	6.5 Unidades Hidrogeológicas .....	29
<b>7.0</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS</b> .....	<b>34</b>
	7.1 Aspectos Geológicos .....	34
	7.2 Aspectos Geotécnicos .....	35
<b>8.0</b>	<b>MECANISMO DE FALLA</b> .....	<b>42</b>
<b>9.0</b>	<b>CONCLUSIONES DE LA ETAPA 1 DE REVISIÓN DE ANTECEDENTES</b> .....	<b>44</b>
<b>10.0</b>	<b>RECOMENDACIONES PARA LA ETAPA 2</b> .....	<b>48</b>
<b>11.0</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA Y ANTECEDENTES CITADOS</b> .....	<b>50</b>
<b>12.0</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>57</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>- PLANO GENERAL DE UBICACIÓN DE SONDAJES Y CALICATAS</b>	
	<b>- PLANO LOCAL DE UBICACIÓN DE SONDAJES, CALICATAS Y GEOFÍSICA</b>	
<b>ANEXO B</b>	<b>- PLANILLA DE SONDAJES Y CALICATAS SELECCIONADOS PARA EL ESTUDIO</b>	

---

## FIGURAS

---

Figura 1-1: Ubicación de la faena Mantos Blancos .....	5
Figura 1-2: Ubicación de las obras en la zona de estudio (MB).....	7
Figura 4-1: Mapa Geológico del DMMB (Ref. 55) .....	12
Figura 4-2: Columna Estratigráfica Simplificada del DMMB (Ref. 55) .....	13
Figura 4-3: Perfil Geológico W-E (Ref. 55) .....	15
Figura 4-4: Esquema de Bloques Tectónicos (mod. de Ref. 56).....	16
Figura 4-5: Estructuras Geológicas Principales en el DMMB (mod. de Ref. 56) .....	18
Figura 4-6: Secuencia Fotográfica Histórica.....	21
Figura 6-1: Precipitación anual Estación Baquedano (Ref. 9).....	26
Figura 6-2: Ubicación Puntos Monitoreo Hidroquímico 2021 .....	27
Figura 6-3: Ubicación de Puntos de Monitoreo Isotópico 2021 .....	28
Figura 6-4: Ubicación de Perfiles Hidrogeológicos (Ref. 9).....	31
Figura 6-5: Perfil Hidrogeológico E-W (Ref. 9).....	32
Figura 6-6: Perfil Hidrogeológico N-S (Ref. 9) .....	33

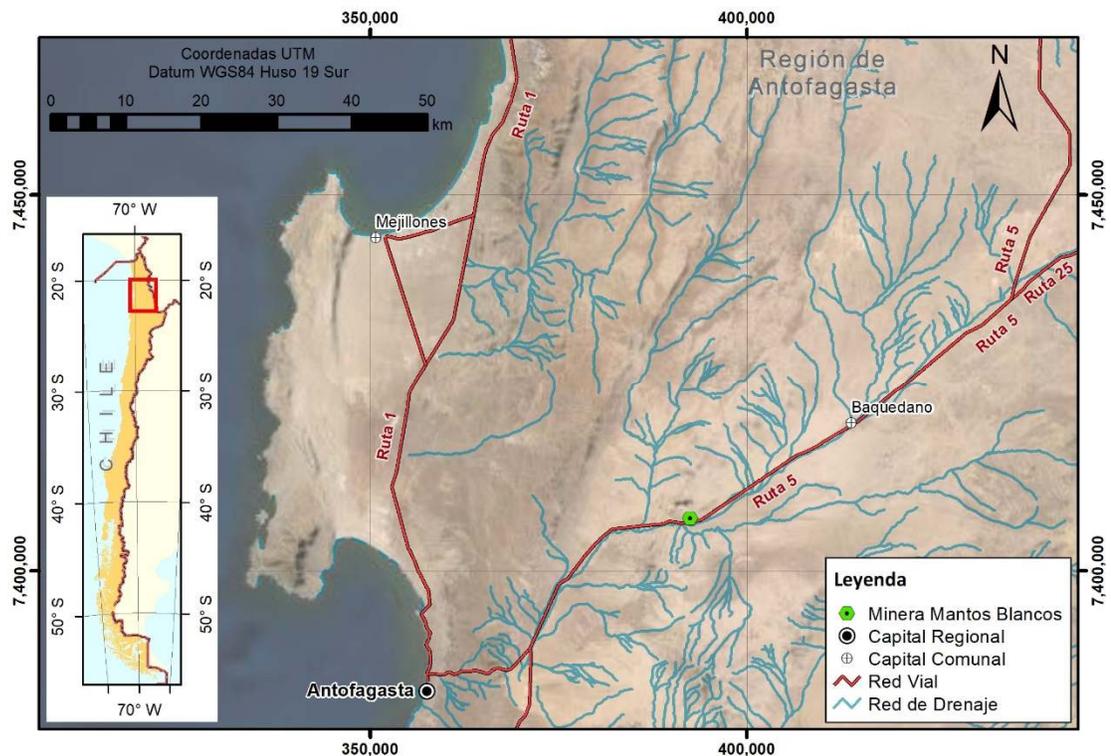
## TABLAS

---

Tabla 7-1: Información a partir de Sondajes.....	36
Tabla 7-2: Información a partir de Calicatas .....	37
Tabla 7-3: Resumen de Ensayos SPT .....	38
Tabla 7-4: Ensayos Lefranc .....	40
Tabla 7-5: Ensayos Densidad In Situ .....	41
Tabla 7-6: Ensayos de Infiltración Porchet.....	41

## 1.0 INTRODUCCIÓN

La operación Mantos Blancos (MB) es una mina a rajo abierto de cobre, mediante tratamiento de sulfuros y tratamiento de minerales oxidados<sup>5</sup> que comenzó su producción en 1960. La faena se ubica en la región de Antofagasta, a 45 km al norte de la ciudad de Antofagasta, en la provincia y comuna del mismo nombre, a una altura promedio de 900 m s.n.m. (Figura 1-1).



**Figura 1-1: Ubicación de la faena Mantos Blancos**

Actualmente la operación de MB procesa 4,2 Mton/año de mineral sulfurado y clasifica el relave con hidrociclones en relaves gruesos y relaves finos. Los relaves gruesos son conducidos a filtros de banda e hidro-escurridores, donde alcanzan una concentración de sólidos en peso de aproximadamente el 80%, mientras que los relaves finos son

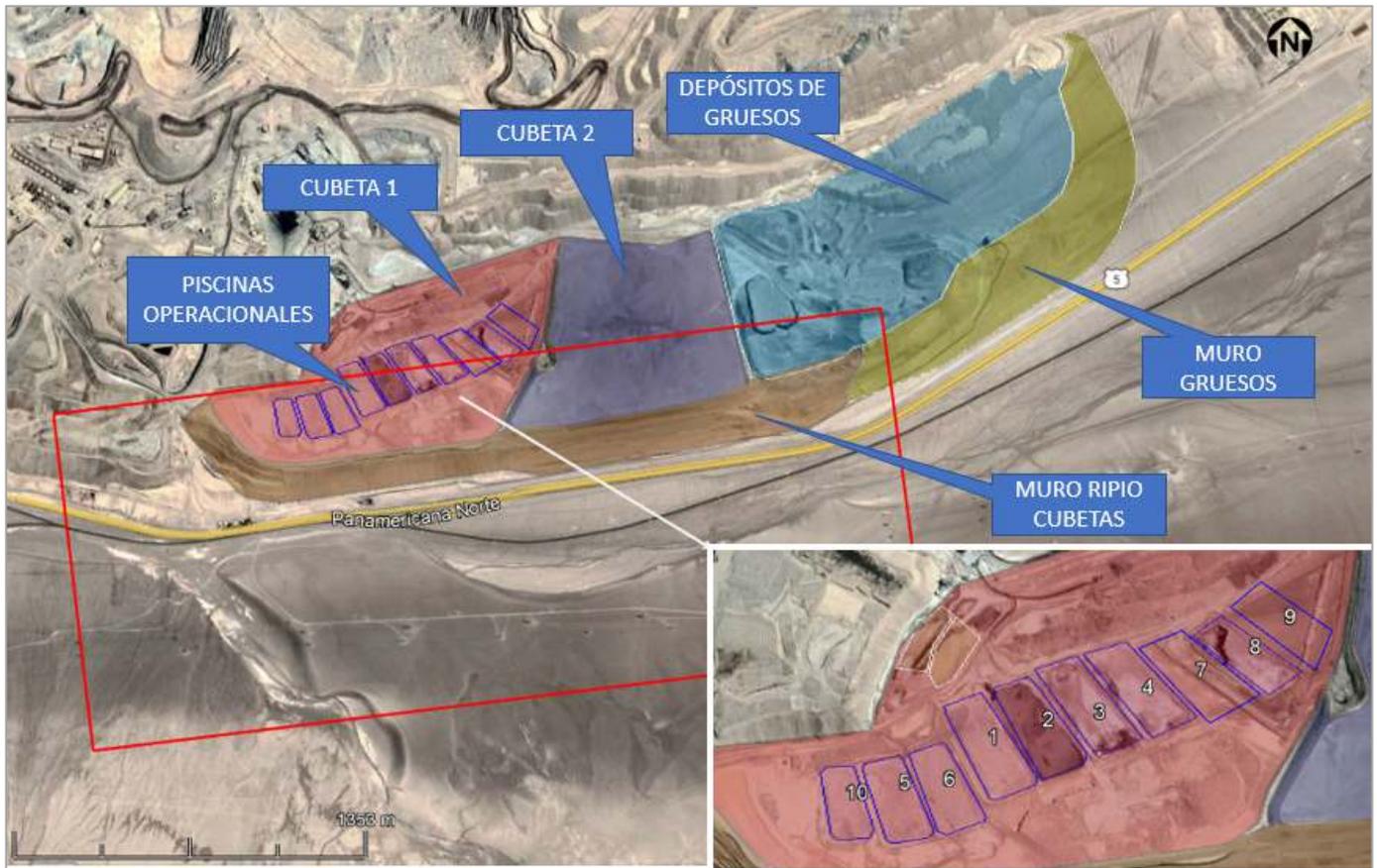
conducidos a dos espesadores que permiten alcanzar una concentración de sólidos en peso de aproximadamente 60%.

El diseño y operación de MB, fue evaluado ambientalmente en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Santa Bárbara, aprobado ambientalmente de acuerdo con la RE-N° 165/95, el cual consideraba dos depósitos de relaves finos, denominados Cubeta 1 y Cubeta 2, y un depósito de relaves gruesos.

A partir del año 2017, MB inicia la operación del proyecto Optimización Disposición de Relaves Mantos Blancos, aprobado por la RCA N° 101/2016, el cual considera la implementación de un nuevo depósito de relaves de material fino en reemplazo de la Cubeta 2, ubicado en el ex rajo (pit) de la Fase 8, el que se encuentra dentro de la operación, en una zona intervenida, a una distancia de 1.300 m de la Ruta 5 Norte. Además, se requirió de la expansión hacia el oriente del depósito de relaves de material grueso, el cual se encuentra entre el borde del pie del talud aguas abajo del depósito de relaves gruesos y la Ruta 5 Norte.

En la Figura 1-2 se presenta la disposición general de la faena minera Mantos Blancos, en la cual se destacan los depósitos de relaves, antes indicados.

El presente documento presenta los resultados de los análisis de los antecedentes que puedan permitir caracterizar geológica y geotécnicamente los suelos colindantes a la faena minera Mantos Blancos, y así intentar explicar o sugerir una hipótesis del motivo de generación de los agrietamientos y deformaciones ocurridas en el sector de la Ruta 5 Norte frente a la faena minera.



**Figura 1-2: Ubicación de las obras en la zona de estudio (MB)**

---

## 2.0 OBJETIVOS Y ALCANCES

### 2.1 Objetivos

El objetivo general del estudio es la caracterización geológica y geotécnica de los suelos colindantes a la faena minera Mantos Blancos, sólo en base a los antecedentes tenidos a la vista, con el objetivo de determinar el origen de las deformaciones y grietas en la zona ubicada aproximadamente en el km 1.407 de la Ruta 5 Norte a la altura del Distrito Minero Mantos Blancos (DMMB).

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Realizar una revisión de antecedentes para caracterizar los suelos colindantes a la faena minera Mantos blancos.
- Identificar la(s) causa(s) y/o mecanismos de las deformaciones y agrietamientos que actualmente son visibles en el tramo comprendido aproximadamente entre el km 1.406 al km 1.408 de la Ruta 5 Norte.
- Si los resultados lo ameritan, plantear la ejecución de una segunda etapa (Etapa 2) que considere un programa de exploraciones y ensayos de laboratorio y de terreno.

### 2.2 Alcances

El presente estudio considera los siguientes alcances técnicos:

- Revisión de antecedentes relativos principalmente a geología, geotecnia, geomorfología, geología estructural e hidroquímica suministrados por Mantos Blancos e información disponible por Wood de estudios desarrollados para Mantos Blancos, así como otras referencias o literatura técnica trazables de organismos públicos (SERNAGEOMIN, SMA, DGA; etc.).
- Formular una hipótesis en relación con la causa de la generación de los agrietamientos y deformaciones del terreno y los elementos que pueden estar concurriendo para que ello ocurra.

### 3.0 REVISIÓN DE ANTECEDENTES

Se tuvieron a la vista un conjunto de casi 500 antecedentes, los cuales fueron revisados con la perspectiva del estudio; en el Capítulo 11 se incluye una lista reducida de los principales documentos seleccionados, la mayor parte de ellos, citados como referencia durante el desarrollo del presente informe.

Los antecedentes, en su mayor parte, fueron aportados por MB, en formatos digitales. Otros fueron obtenidos de fuentes públicas, como también internas de proyectos desarrollados por Wood.

Los antecedentes acogidos a lugar fueron ordenados por áreas temáticas y, dentro de ellas, en orden cronológico. De esta manera, se establecieron las siguientes divisiones:

- A. Actuales: Relativas a las objetivos y alcances del presente estudio.
- B. Hidrogeología: Antecedentes relacionados con el movimiento del agua subterránea en la zona de la faena y terreno colindante, con el fin de evaluar en forma conceptual si existe una relación entre la formación de grietas y deformaciones en la ruta y el agua subterránea. Incluye perfiles hidrogeológicos, mapas de piezometría obtenidos tanto con datos de niveles medidos en terreno como con modelos de simulación, modelo Leapfrog de la zona en estudio e informes hidrogeológicos y/o hidro-geoquímicos hechos y/o en desarrollo.
- C. Hidroquímica: Apéndice del punto anterior. Se refiere a antecedentes que incluyen datos de piezometría, hidroquímica e isotopía con el objeto de verificar la presencia de algunos mecanismos o elementos que alteren las condiciones geológicas-geotécnicas y el comportamiento de suelos colindantes a la faena, tales como mezcla o precipitación-disolución de sales u otros, y bases de datos hidroquímica e isotopía.
- D. Registros Meteorológicos: Registros históricos de precipitaciones en la cuenca hidrogeológica de Sierra Gorda.
- E. Geología y Geotecnia: Informes y modelos geológicos, litológicos y estructurales, y resultados de las campañas de exploraciones mediante sondajes y calicatas. Identificación de las exploraciones con información útil al proyecto y construcción de la base de datos respectiva.
- F. Geofísica: Resultados de las campañas de exploraciones geofísicas por diferentes métodos, tales como REMI, MASW, GPR, etc.

- G. Informes de Construcción de Pozos: Principalmente se refiere a informe de habilitación de pozos con piezómetros convencionales (Casagrande).
- H. Fotografías Históricas: Conjunto de fotografías aéreas y satelitales que abarcan el periodo 1955 a 2017. Incluye imágenes Hycon, IKONOS, vuelos UAV, etc.
- I. Topografía: Modelos topográficos del sector.
- J. Medioambiente: Incluye diferentes estudios de carácter medioambiental tales como la actualización de la línea de base ambiental, adendas y DIA.
- K. Varios: Incluye variada documentación respecto principalmente de los depósitos de relaves, caracterización geotécnica de los relaves o materiales de estériles, informes técnicos de depósitos de gruesos y de depósitos de finos, y layout de las instalaciones y registros o informes técnicos diversos

La mayor parte de los archivos recibidos fueron editables, tipo kmz, shp, dxf, dwg, csv, xls, pl3, ara, lfm, Word y Excel.

En la lista reducida incluida en el Capítulo 11 se muestra la nomenclatura doble utilizada en las referencias, esto es, el número correlativo de la referencia de acuerdo cómo fue citado en el texto y, entre paréntesis corchetes, el número interno referido a cada materia específica de acuerdo cómo se describió en los párrafos anteriores.

## **4.0 CONTEXTO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO**

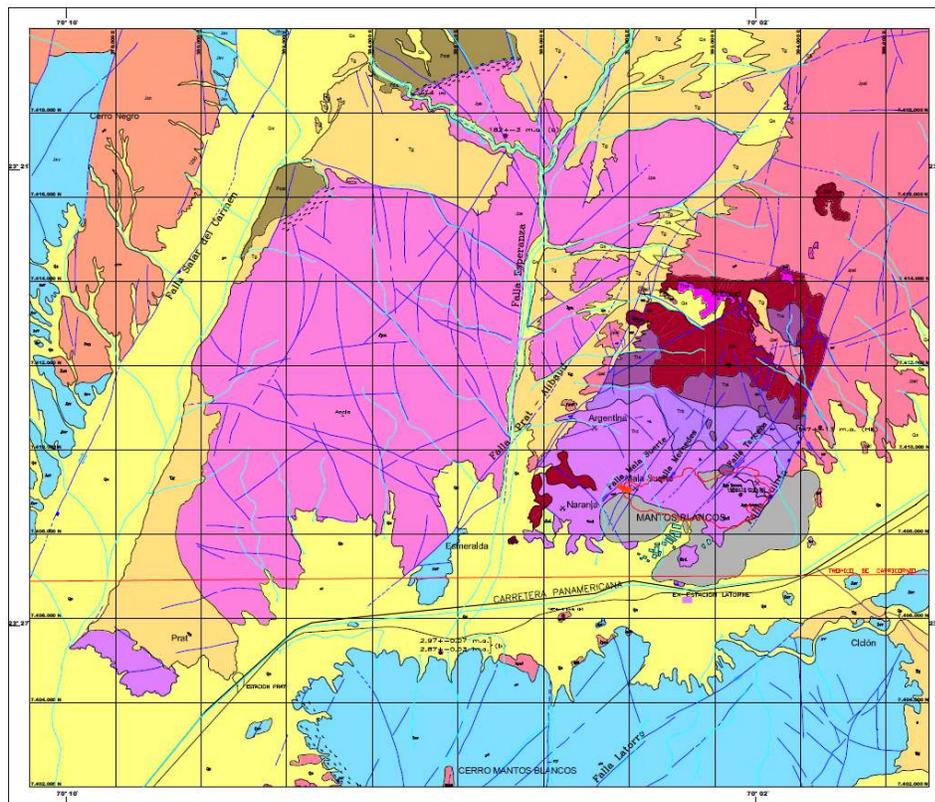
### **4.1 Unidades Geológicas**

De manera resumida, en el distrito minero Mantos Blancos afloran rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas de edad mesozoica (Ref. 4). Estas rocas corresponden principalmente a rocas volcánicas pertenecientes a la secuencia volcánica de Mantos Blancos (SVMB) y a la Formación La Negra (FLN), las cuales son un relicto de un paleo-arco volcánico desarrollado durante el Jurásico. Estas rocas están intruidas por cuerpos granodioríticos, monzograníticos y tonalíticos conocidos bajo el nombre de Complejo Plutónico Alibaud-Esperanza (Ref. 56), y cuerpos de rocas intrusivas de algunas decenas de metros que afloran típicamente dentro del yacimiento mismo de Mantos Blancos, denominadas localmente como Pórfido Andesítico y Diorita (o Andesita Porfídica) y unidades intrusivas que cortan toda la secuencia, que corresponden a diques de composición granodiorítica a diorítica. En la Figura 4-1 se muestra el mapa geológico del Distrito Minero Mantos Blancos (DMMB), y en la Figura 4-2, la columna estratigráfica generalizada. En esta última figura se ha destacado mediante un recuadro de color rojo, las unidades sedimentarias de relleno de cuenca que son de interés para este proyecto.

En el área de estudio, la unidad geológica más importantes corresponde a la de los rellenos sedimentarios, los cuales corresponden, de más antiguos a más nuevos, a los siguientes (Ref. 56).

#### **4.1.1 Sedimentos Aterrazados del Oligoceno-Plioceno**

Unidad sedimentaria constituida por la coalescencia de abanicos aluviales soleventados, cuyos depósitos se encuentran conformados por gravas arenas y limos, los que se distribuyen ampliamente en el distrito. Se encuentra constituida por conglomerados y brechas polimícticas (fragmentos de dacitas, andesitas, metamórficas e intrusivos), cuya matriz se compone de arena gruesa y limos. Presentan una disposición sub-horizontal y un espesor de hasta 400 m (entorno al eje de la quebrada Los Arrieros). Algunos afloramientos presentan intercalaciones de niveles cineríticos y otros, los más cercanos al yacimiento, intercalaciones de mineralización oxidada de cobre producto de la denudación del mismo yacimiento.



**ROCAS ESTRATIFICADAS**

- Os Sedimentos no consolidados  
Aluviales, coluviales y eólicos
- Tg Gravias aterrazadas
- Gravias y arenas poco consolidadas
- Formación La Negra
- Jsv Andesitas porfíricas, amigdaloidales

**Secuencia Volcánica Mantos Blancos**

- Trd Dacitas porfíricas
- Trfb Brechas volcánicas polymícticas
- Tra Andesitas porfíricas
- Trt Tobas ácidas de lapilli y cineríticas

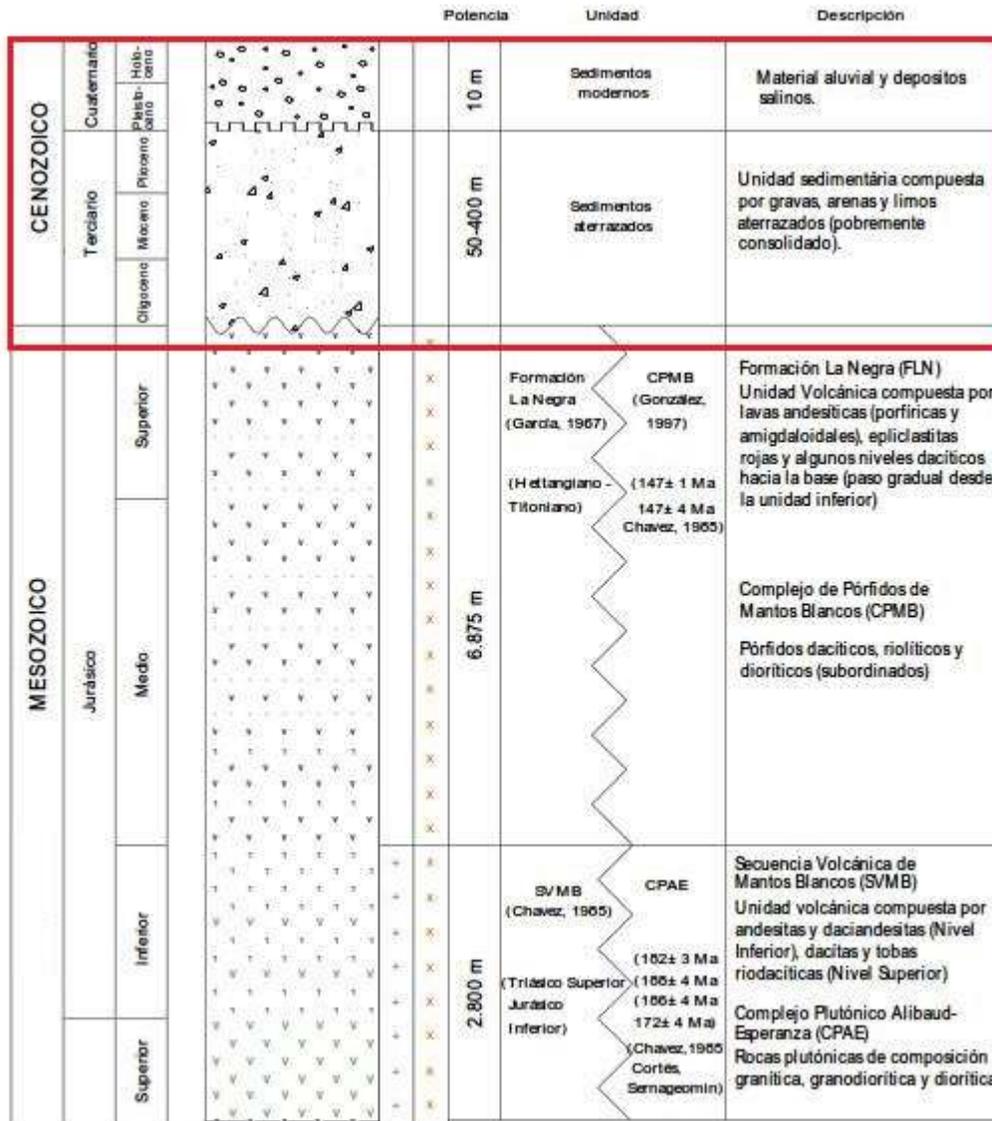
**Metasedimentitas de Cerro Ailbaud**

- Tmra Areniscas, lutitas, conglomerados y calizas

**ROCAS INTRUSIVAS**

- Plutón Ailbaud**
- Granodioritas
- Jpa Monzogranitos
- Plutón de Cerro Negro**
- Jon Dioritas y dioritas cuarcíferas
- Plutón Andía**
- Jpa Tonalitas
- Jsd Cuerpos subvolcánicos dacíticos

**Figura 4-1: Mapa Geológico del DMMB (Ref. 55)**



**Figura 4-2: Columna Estratigráfica Simplificada del DMMB (Ref. 55)**

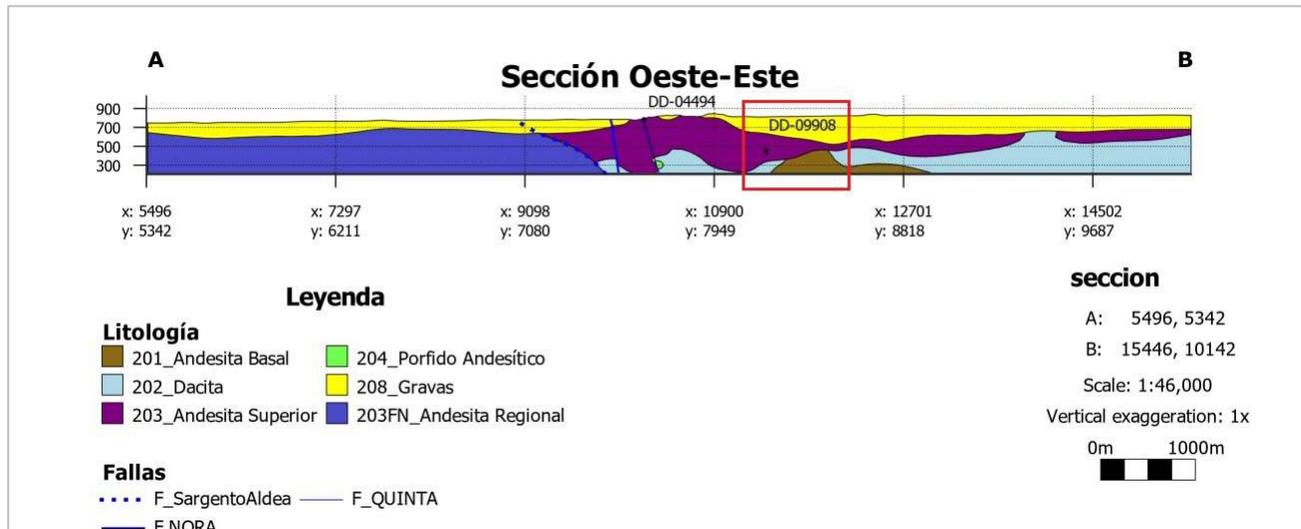
Estos depósitos subyacen en discordancia de erosión a los sedimentos modernos y sobreyacen en discordancia angular a todas las unidades mesozoicas.

#### **4.1.2 Sedimentos Modernos del Pleistoceno-Holoceno**

Se dividen en dos grupos:

- a) Salinos: Corresponden a sales (carbonatos, sulfatos y cloruros) depositados a partir de la precipitación de aguas meteóricas sobresaturadas, que ascienden por capilaridad disolviendo e incorporando elementos solubles desde el sustrato rocoso y sedimentos que atraviesan. Pueden constituir costras salinas de varios metros de espesor.
- b) Aluviales: Se presentan principalmente como relleno de quebradas y de drenajes secundarios, formando parte de todos los conos aluviales existentes en el DMMB, principalmente los que desaguan en la quebrada Los Arrieros. Presentan hasta 10 m de potencia y sobreyacen discordantemente a todas las unidades estratificadas.

En la Figura 4-3 se muestra un perfil geológico general de dirección aproximada Oeste-Este (A-A'), donde se puede observar el contacto relleno sedimentario con el basamento andesítico, apreciándose, además, los importantes espesores de los rellenos sedimentarios. También se aprecia claramente la elevación que presenta el basamento en el sector inmediatamente aguas abajo del área de estudio, la cual se indica mediante un rectángulo de color rojo en el mismo perfil.



**Figura 4-3: Perfil Geológico W-E (Ref. 55)**

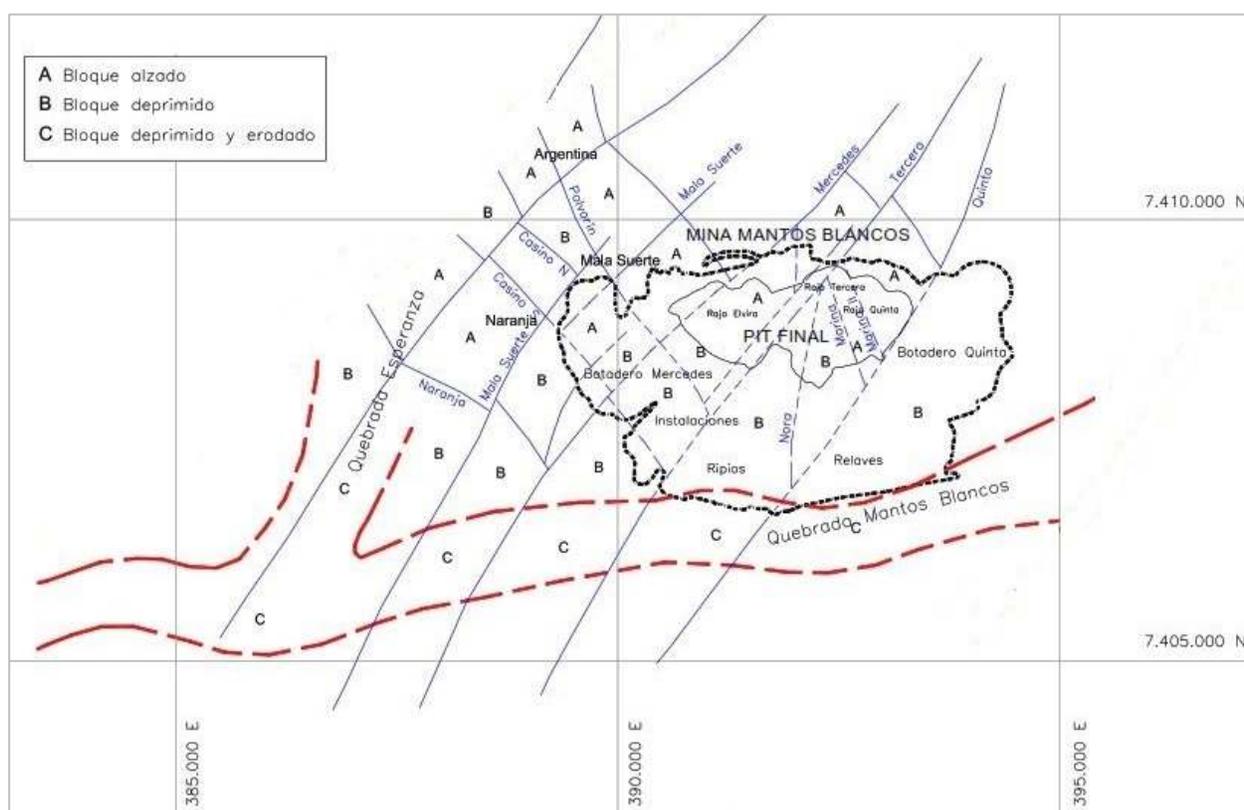
## 4.2 Estructuras Geológicas

El área de estudio se encuentra intervenida por un sistema principal de orientación NE y manteo de alto ángulo al SE (falla Pratt-Alibaud, falla Silo, falla Mercedes, falla Tercera, falla Elvira, falla Nora y falla Quinta), fallas de orientación NW de manteo de alto ángulo al NE (fallas Polvorín, falla Casino Norte y falla Casino Sur), y por último la falla Sargento Aldea hacia el sur del DMMB, cuya traza se corresponde aproximadamente con la quebrada Los Arrieros, la cual es inferida y sería la que produciría un basculamiento hacia el SW.

### 4.2.1 Fallas de Orientación NW-SE (NNW-SSE)

Representan el sistema estructural, de carácter frágil, más antiguo del distrito (Ref. 5). Este sistema se encuentra dislocado por el sistema NE-SW (descrito más adelante). Esta dirección estructural está representada por un conjunto de fallas y lineamientos que controla la orientación y distribución de todas las unidades geológicas en el yacimiento y sus alrededores, así como la orientación del yacimiento Mantos Blancos y sus cuerpos satélites. Se destaca en este grupo las fallas Naranja, Casino, Polvorín, Verónica, Ciclón, Nora y Marina.

Estas estructuras han sido interpretadas como estructuras subsidiarias a la Falla de Atacama (Segmento Salar del Carmen), estrechamente relacionadas a la distribución y ocurrencia de la mineralización en el DMMB, constituyendo “corredores estructurales” de orientación noroeste, es decir, espacios entre dos zonas de falla que contiene o puede contener mineralización de cobre). Con la reactivación de estas estructuras y las dislocaciones producidas por las fallas NE, se han formado bloques alzados y deprimidos, que exhuman u ocultan los cuerpos mineralizados, con la consecuente oxidación o conservación de la mena primaria. La Figura 4-4 muestra un esquema del micro tectonismo presente en el DMMB.



**Figura 4-4: Esquema de Bloques Tectónicos (mod. de Ref. 56)**

#### **4.2.2 Fallas de orientación NE-SW**

La mayoría de estas estructuras atraviesan todas las unidades geológicas expuestas en el área de estudio, alineando la mayor parte de los rasgos fisiográficos del mismo. Estas estructuras presentan estrías sub-horizontales, evidenciando una cinemática de movimientos transcurrentes que controlaron su desarrollo; sin embargo, en el yacimiento se han reconocido importantes movimientos en el manto lo que ha originado dislocación vertical en la mineralización y posterior ocurrencia de esta a diferentes niveles de la superficie, con la consecuente oxidación de la mena primaria.

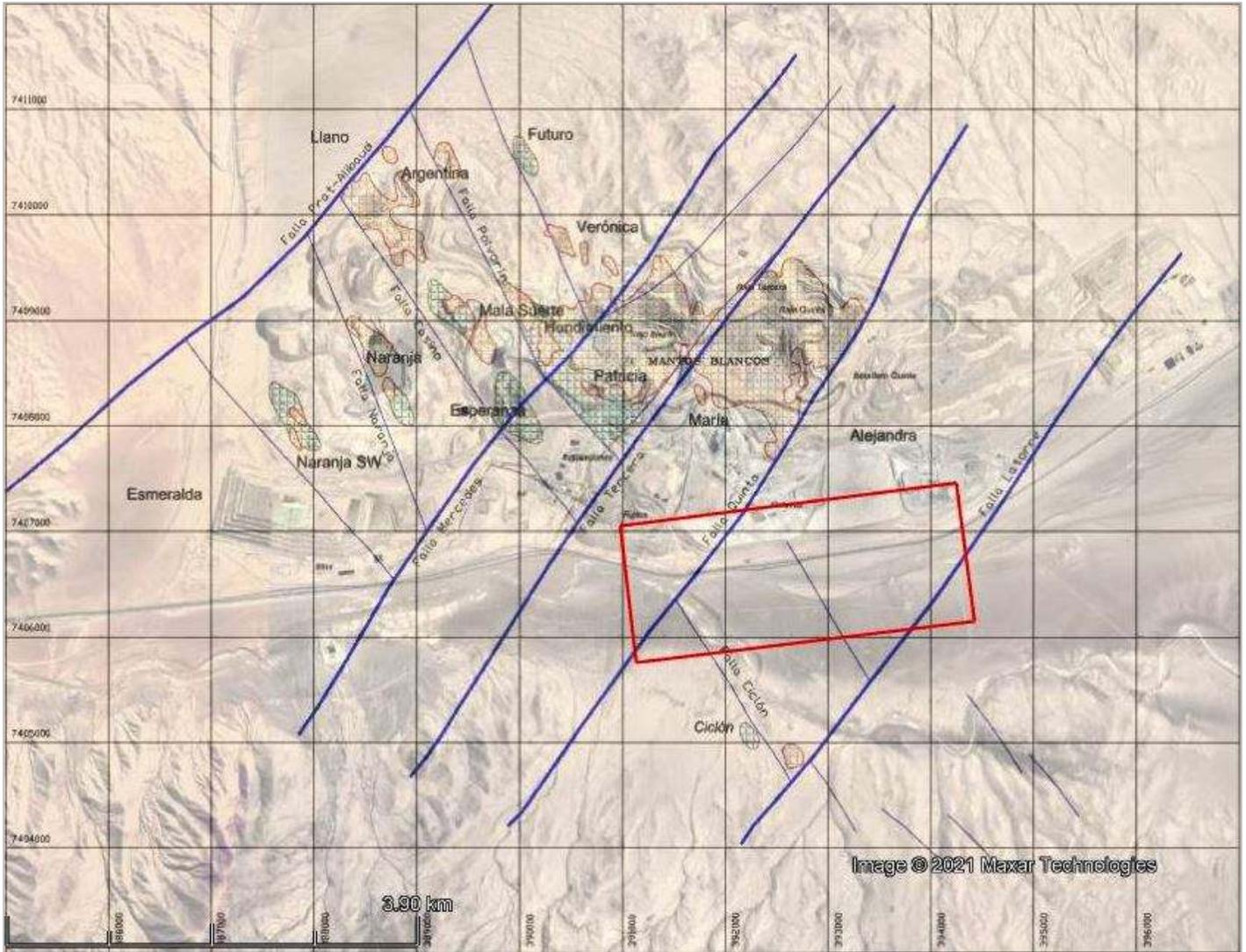
Se destacan en este grupo las fallas Salar del Carmen, Prat-Alibaud, Malasuerte, Sorpresa, Mercedes, Tercera, Quinta y Latorre. La dislocación más importante que afecta al yacimiento Mantos Blancos ha ocurrido en torno a las fallas Tercera y Quinta, las que han experimentado importantes movimientos en un sentido dextral y siniestral respectivamente.

La Figura 4-5 resume el contexto geológico estructural del área de estudio. En esta figura se señala el área de estudio por medio de un recuadro de color rojo, apreciando que ella es afectada por algunas de las fallas del DMMB, y cuyas trazas pueden ser eventualmente correlacionadas con algunos de los perfiles geofísicos.

#### **4.3 Geomorfología**

El DMMB se ubica en la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa, unos 45 km al noreste de Antofagasta. Se ubica en la base y extremo poniente de una ladera coronada por un cordón rocoso que se despliega hacia el sureste, rematando en una quebrada relativamente amplia, por donde pasa la Ruta 5 Norte.

La mina y sus instalaciones se ubican en el extremo poniente de la ladera, en la intersección con el eje del cordón rocoso anteriormente citado y orientado hacia el noreste, desplegando un arco de gran radio de curvatura abierto hacia el sureste (Ref. 54). Esta cresta rocosa, cuya altura máxima es 1.410 m s.n.m., genera otra ladera orientada hacia el poniente y limitada en esta misma dirección, por una quebrada de dirección meridiana, que constituye el límite occidental del área.



**Figura 4-5: Estructuras Geológicas Principales en el DMMB (mod. de Ref. 56)**

Gran parte de la superficie es surcada por quebradas de cursos sinuosos, labradas en sedimentos originados por la meteorización del basamento, ocasionalmente rectilíneos debido a un control geológico estructural, presentando ramificaciones y afluentes, especialmente en el caso de las quebradas mayores. Se trata en general, de quebradas que constituyen un sistema de drenaje consecuente, es decir, que sigue la pendiente natural del terreno.

Superficial o sub-superficialmente se presenta una costra salina dura y resistente, que corresponde a un material detrítico proveniente de la meteorización del basamento rocoso cementado con sales precipitadas por evaporación de aguas superficiales de períodos húmedos (pluviales) pleistocénicos.

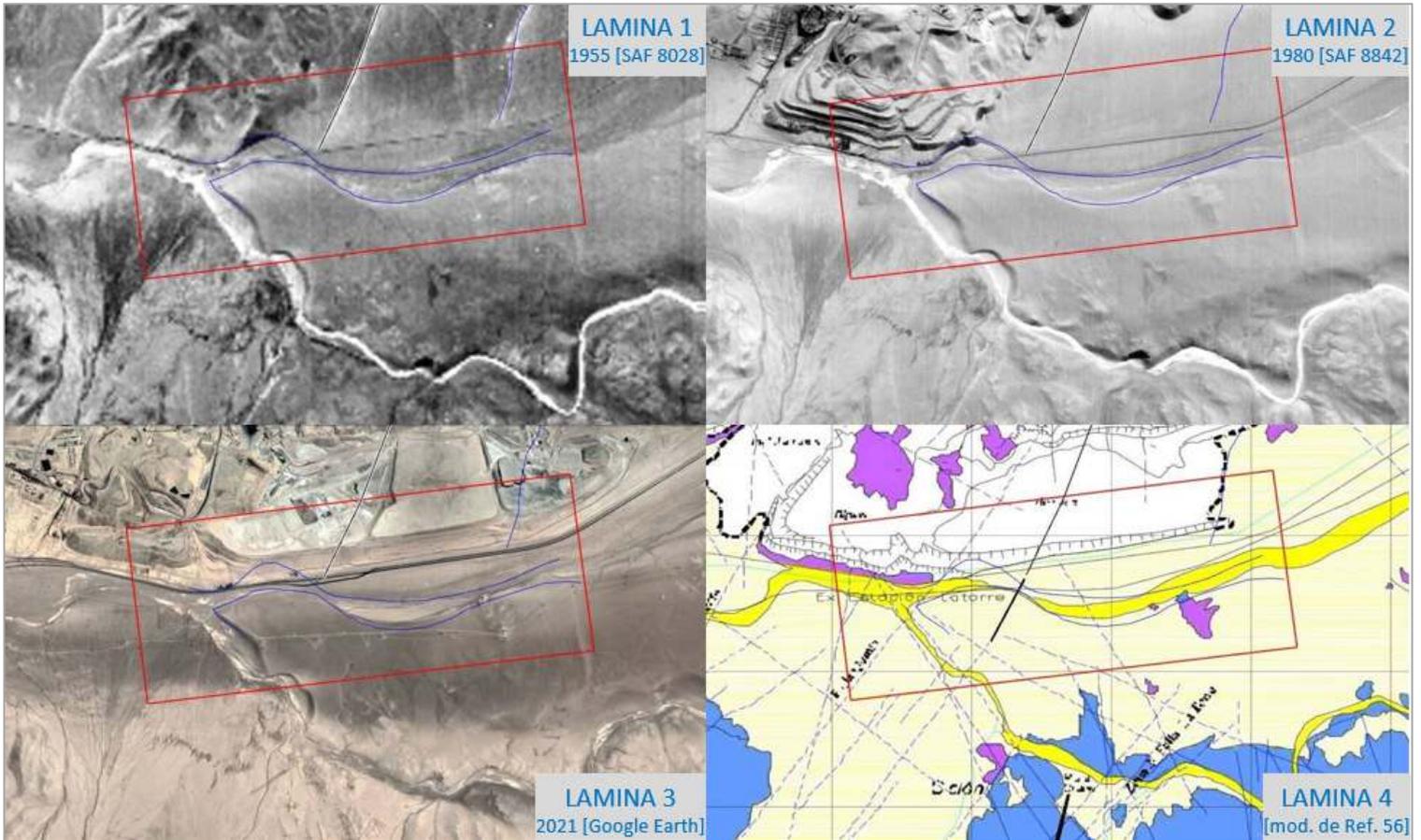
El sistema de drenaje presente corresponde principalmente a la quebrada Los Arrieros (o Salar del Carmen o Los Sacos) y a la quebrada San Cristóbal (también denominada Mantos Blancos), ubicada hacia el sur. En la primera de ellas no hay indicios de cursos de agua en el pasado, aunque se encuentran evidencias de corrientes de barro (Ref. 54). Este fenómeno se presenta delimitado a las llanuras de inundación, que tienen una cota topográfica como límite superior y se asocia a la gran cantidad de arcillas que presenta la cuenca principalmente derivada del intemperismo in situ que sufren las rocas presentes.

En la quebrada San Cristóbal sí se encuentran evidencias de escorrentías que han labrado cauces en los últimos tiempos. Esta cuenca, a diferencia de la quebrada Los Arrieros, se labra aguas arriba en afloramientos rocosos. En línea con lo anterior, tras el último aluvión de marzo 2015, fue observado en terreno (Ref. 54) que el flujo de agua principal consecuencia de las precipitaciones se producía en la quebrada de San Cristóbal y no en la quebrada Los Arrieros. Esto se debería principalmente a que la pendiente por la que se traslada el agua en la primera quebrada es mucho mayor que la de la segunda, generando así una mayor velocidad en el flujo del agua, además que la zona de influencia de la quebrada Los Arrieros tiene asociadas arcillas en toda su extensión por lo que generan corrientes de barro.

Interesante resulta observar que parte del desarrollo de la actividad minera, como también el trazado de la ruta, es decir, en el sector de los agrietamientos y deformaciones, se ha obrado sobre un meandro de la quebrada Los Arrieros justo antes de su confluencia con la quebrada San Cristóbal (Figura 4-6). Si nos remitimos a la fotografía aérea del año 1955 (Lámina 1 de la Figura 4-6), se aprecia claramente que al

menos en la parte central del sector en estudio hay un lineamiento, cuyo trazado se proyecta desde el N-NE y recorre el área en dirección S-SW. Este lineamiento/falla se ha dibujado, como referencia, en las cuatro láminas de la Figura 4-6, pero en la Lámina 4 es donde la correlación con otros elementos estructurales mapeados en la región se hace más evidente. Este lineamiento/falla podría ser fácilmente correlacionable con la reconocida falla Quinta del DMMB, o alguna de sus ramificaciones, ya que este elemento estructural podría ser asimilable con la paleo morfología observada en algunos perfiles geofísicos, como también en algunas formas de baja resistividad que también muestra la geofísica realizada sobre la ruta en este tramo en estudio.

Hay que destacar finalmente, que el trazado de la ruta en este sector no sólo ocupa parte del meandro de la quebrada Los Arrieros y sus respectivos depósitos aluviales, sino que también, depósitos coluviales antiguos (Láminas 1 y 2 de la Figura 4-6) en el sector distal de los conos de deyección provenientes del norte, elemento geomorfológico por lo demás, siendo los conos de deyección ambientes dinámicos o que poseen menor grado de consolidación particularmente en sus zonas distales.



**Figura 4-6: Secuencia Fotográfica Histórica**

## 5.0 INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS

Se resumen los aspectos más generales de las investigaciones geofísicas efectuadas en la zona de estudio, al pie y al sur de los depósitos de relaves. Las ubicaciones de las exploraciones se muestran en el Plano 2 del Anexo A.

En junio de 2015 (Ref. 57) se midieron velocidades de onda  $V_{S30}$  de promedio 1.470 m/s en el denominado Sitio 1, identificándose una costra superficial seca de alrededor de 1 m de espesor, con una velocidad cercana a los 1.000 m/s, para luego bajar a los 550 m/s a los 3,6 m de profundidad y volver a subir hasta los 2.200 m/s a la profundidad de 7,2 m. En el caso del Sitio 2 la  $V_{S30}$  es de 908 m/s, pero en este caso, las velocidades  $S$  aumentan de acuerdo con la profundidad alcanzando los 1.200 m alrededor de los 25 m profundidad. Lo anterior muestra, en líneas generales, cierta heterogeneidad en la composición de los depósitos sedimentarios tanto en la componente vertical como en la componente horizontal.

En el estudio de Fugro de mayo de 2017 (Ref. 58), la línea PS-1 muestra una superficie sub-horizontal hasta los 45 m de profundidad, cubriendo una especie de paleo-relieve donde se aprecian hondonadas de la  $V_s$  que podrían corresponder a fallas geológicas. Este perfil tiene una dirección aproximadamente norte-sur. Similar situación muestra el perfil PS-3, de dirección este oeste-este. Este estudio fue realizado mediante la medición del parámetro  $V_s$  del suelo aplicando los métodos sísmicos de análisis multicanal de ondas superficiales MASW y REMI.

En mayo de 2019, Geodatos (Ref. 59) realizó estudios geofísicos mediante TEM y NanoTEM. Se levantaron dos líneas sísmicas NanoTEM de 50 por 50 m<sup>2</sup> y una estación TEM de 100 por 100 m<sup>2</sup> sobre el relave (Cubeta 1) y una línea NanoTEM de 20 por 20 m<sup>2</sup> al pie del relave (Cubeta 1). Esta última, La línea L-3, resulta interesante de observar ya que muestra muy alta resistividades profundas hacia el oriente, pero estas resistividades altas se acercan a la superficie a medida que se avanza hacia el oeste. También se presentan resistividades altas en superficie, en espesores no más de 4 a 7 m. Adicionalmente, también se presentan localmente resistividades bajas o medianamente bajas, de importantes espesores hacia el oriente, pero que van acunándose hacia el oeste, lo que es compatible con el resto de las evidencias de exploraciones que demuestran un alzamiento o acercamiento del basamento rocoso, o al menos de una unidad sin importancia hidrogeológica, hacia el oeste, hacia el sector de la garganta de la cuenca.

En octubre de 2019, Geodatos (Ref. 60) continuó realizando estudios geofísicos mediante TEM y NanoTEM, en lo que se podría llamar una extensión hacia el oeste de las exploraciones geofísicas anteriores. Las líneas L3 y L4 se ejecutaron en lo que sería el pie de la Cubeta 2. Los resultados en general se alinean con las tendencias anteriores, con un perfil superficial de escasos metros y seco y una estratigrafía compuesta por limos y arenas saturadas en profundidad.

En el perfil NanoTEM L3 levantado por Geodatos en junio de 2020 (Ref. 63), localizado a los pies del tranque, se muestra una extensa área de disminución de la resistividad hacia mayores profundidades bajo el conductor identificado en el año 2019 (Ref. 60). Los trabajos del año 2020 realizados como comparación de los del año 2019, al menos en el perfil L3, mostraron una disminución de la resistividad en las capas más profundas donde los perfiles del año 2019 mostraban una alta resistividad.

Líneas de tomografía eléctrica (ERT) desarrolladas por Wellfield Services en agosto de 2020 (Ref. 62) muestran sectores con resistividades muy bajas y de formas subverticales compatibles con lo que podría ser una falla geológica. Estos perfiles muestran a lo menos 3 zonas principales de anomalías dos de ellas frente a la actual poza. En la misma fecha, 3 perfiles sísmicos para calcular la velocidad de onda de corte fueron efectuados por CMS Exploraciones en sendos tramos cercanos a la ruta (Ref. 6), en la denominada zona de deformación, obteniendo resultados  $V_{S30}$  entre 620 y 660 m/s, donde los primeros 8 m superficiales las velocidades de onda de corte son muy bajas, alrededor de 500 m/s, para luego presentar un incremento a casi el doble, cerca de los 900 m/s, a partir de los 8 m de profundidad.

Recientemente (Ref. 24), en agosto del 2021 se efectuaron levantamientos con GPR y radargramas con el objeto de evaluar el nivel de humedad relativa en el sector de las deformaciones e identificar la distribución del nivel freático. De estas investigaciones se desprende que en general el nivel freático es más superficial al norte y un poco más profundo al sur de la carretera. De la misma forma es relativamente más profundo hacia el oriente, por un efecto combinado con la topografía, y más superficial y ser aflorante hacia el poniente. Por otro lado, los resultados de los radargramas levantados en el sentido E-W indican claramente la existencia de un relleno sedimentario muy profundo y confirman, nuevamente, la existencia de un alzamiento del basamento en el sector de la garganta del valle inmediatamente aguas abajo de la confluencia de las quebradas Los Arrieros y San Cristóbal, o dicho de otro modo, un basamento más cercano a la superficie

---

del terreno y por lo tanto con menos espesor de relleno sedimentario, en lo que se describió como "subida abrupta de base rocosa (andesita)" (Ref. 25).

---

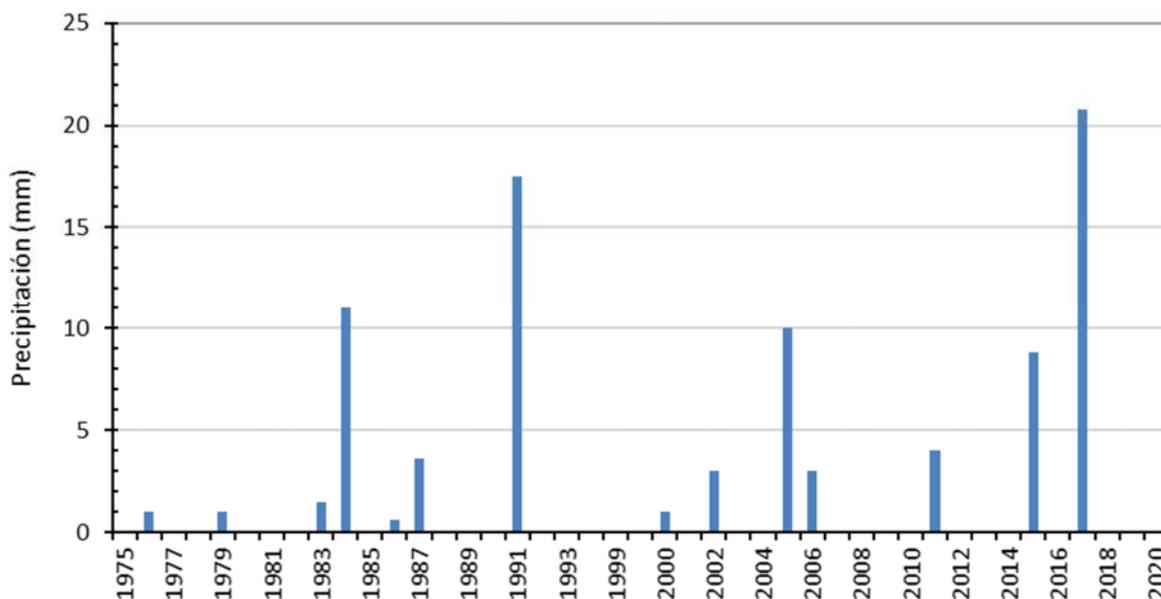
## 6.0 HIDROGEOLOGÍA

### 6.1 Hidrología

La Región de Antofagasta presenta un clima desértico con una temperatura media anual de 15,8 °C, con un régimen de precipitación bajo que genera un ambiente marcado por la aridez, donde las cuencas hidrográficas no presentan escurrimientos superficiales (Ref. 85).

La zona de estudio se aloja en la hoya hidrográfica de la quebrada Caracoles, entre la quebrada El Buitre y el Salar del Carmen, cuyo régimen hidrológico es esporádico, por lo cual las quebradas son funcionales con ocasión de las precipitaciones, desde la cual nace la subcuenca quebrada San Cristóbal y que se desarrolla hasta la zona del Salar del Carmen, ubicada a 33 km aguas abajo (Ref. 9).

En el área de estudio se encuentra la estación Baquedano, perteneciente a la red meteorológica de la Dirección General de Aguas (DGA), la cual exhibe registros desde el año de 1975. Esta estación se encuentra ubicada al noreste del área de estudio a una altura de 1.032 m s.n.m. En la Figura 6-1 se presenta la precipitación anual multianual en la estación Baquedano, donde se observa que existen lluvias esporádicas y durante los últimos 2 años no ha precipitado en la zona de estudio.



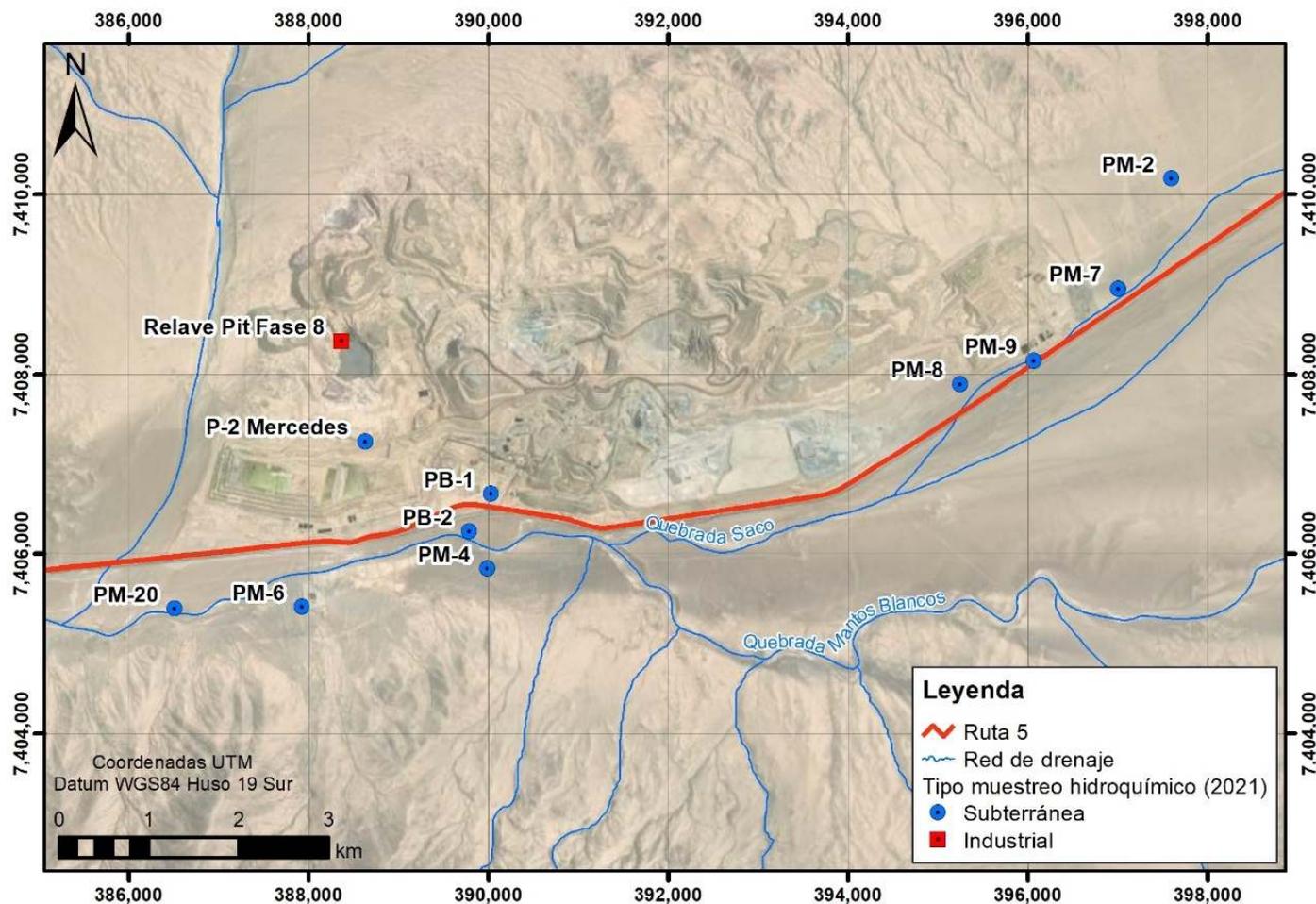
**Figura 6-1: Precipitación anual Estación Baquedano (Ref. 9)**

## 6.2 Hidroquímica

La minera MB cuenta con información histórica de calidad de agua (Ref. 47) cuyos registros corresponden al periodo entre agosto de 1993 a julio de 2021, con un total de 42 puntos de monitoreo y 67 parámetros de calidad del agua que han sido variables en el tiempo y en la frecuencia de medición.

Por otra parte, se cuenta con información de calidad del agua (Ref. 33) cuyos registros corresponden al periodo de agosto de 2020 hasta abril de 2021, con un total de 10 puntos de monitoreo y 43 parámetros de calidad del agua, cuya frecuencia de medición de los puntos de medición ha sido variable.

En la Figura 6-2 se presentan los puntos de monitoreo hidroquímico, los que corresponden a puntos de agua de tipo subterránea y superficial que fueron monitoreados en abril 2021.

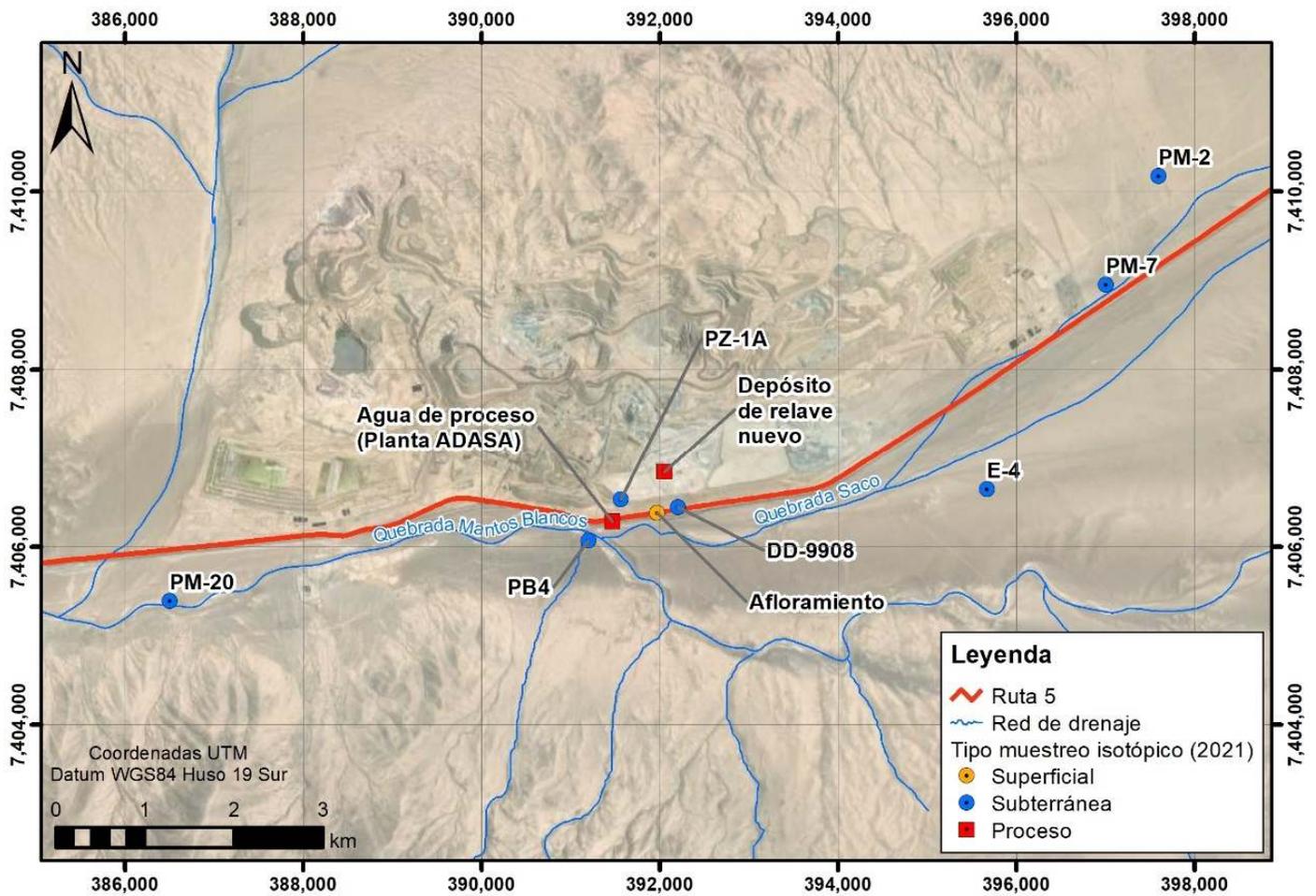


**Figura 6-2: Ubicación Puntos Monitoreo Hidroquímico 2021**

En los puntos de monitoreo, en cuanto a los aniones, es de tipo clorurada, mientras que los cationes muestran que el agua es de tipo sódica, por lo cual toda el agua, en lo general, clasifica del tipo clorurada sódica. El pH presenta registros entre 7,5 y 11,5 para los puntos de monitoreo PM-9 y PM-4 ubicado aguas arriba y aguas abajo del sitio de estudio respectivamente. Los registros de SFT en general son altos, con valores entre 51.000 y 223 mg/l, con la excepción del punto de monitoreo Relave Pit Fase 8 que presenta un valor de 10.302 mg/L.

### 6.3 Isotopía

Actualmente se están realizando estudios isotópicos ( $^2\text{H}$  y  $^{18}\text{O}$ ) en 10 puntos de monitoreo de la red de monitoreo que MB posee en la zona de estudio. Estos puntos corresponden a fuentes superficiales (afloramientos), subterráneas y de procesos. Las primeras muestras para estos análisis fueron tomadas el 14 de julio de 2021. En la Figura 6-3 se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo para los análisis isotópicos.



**Figura 6-3: Ubicación de Puntos de Monitoreo Isotópico 2021**

## 6.4 Piezometría

En la zona de interés, MB cuenta con puntos de monitoreo de niveles los cuales han permitido que se puedan establecer piezometría en diferentes tiempos, tanto en la zona de estudio como aguas arriba y aguas debajo de la misma.

Los antecedentes (Ref. 37 y Ref. 38) indican preliminarmente, según análisis piezométricos para los años 2013 y 2021, que para el sector de la zona de estudio se observa que el agua escurre de oriente a poniente, ingresando al área de estudio por el noreste, proveniente de la quebrada Los Arrieros, con una entrada de agua inferida por el sureste, proveniente de la quebrada San Cristóbal.

## 6.5 Unidades Hidrogeológicas

De acuerdo con Amphos 21 (Ref. 9), en la zona de estudio se identifican dos unidades hidrogeológicas, las que se describen a continuación.

### 6.5.1 UH-1: Depósitos No Consolidados de Moderada Importancia Hidrogeológica

Esta unidad está constituida por materiales sedimentarios no consolidados correspondientes a arenas y gravas con porcentajes menores de arcillas. Esta unidad es la de mayor relevancia hidrogeológica en el área de estudio, conformando el acuífero del sector, con potencias que en algunas zonas sobrepasan los 150 a 200 m.

### 6.5.2 UH-2: Rocas y Depósitos No Consolidados de Muy Baja Importancia Hidrogeológica

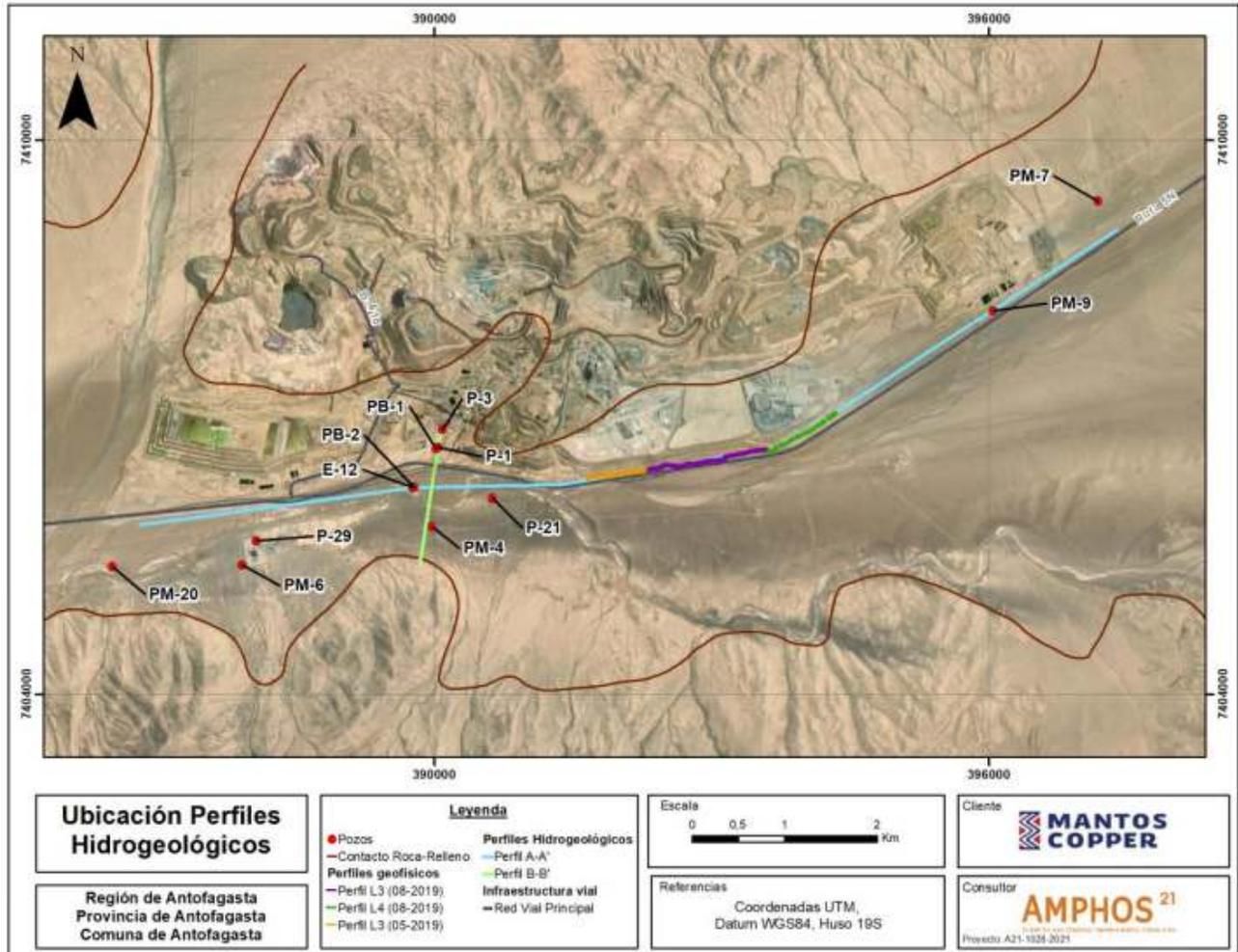
Esta unidad se compone tanto de material rocoso como de depósitos no consolidados, pero que por sus características poseen una baja importancia hidrogeológica y, por lo tanto, no constituyen acuíferos.

---

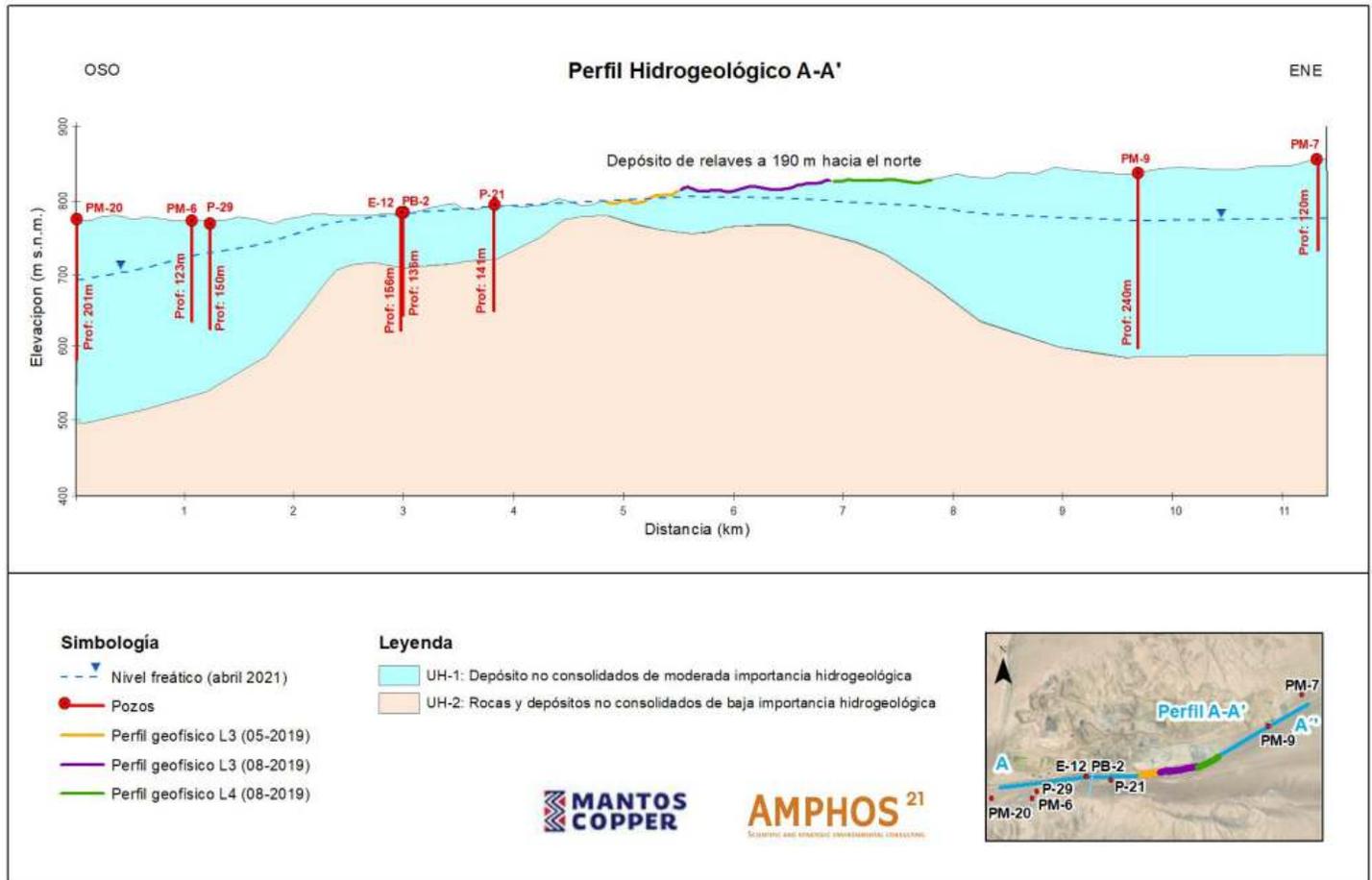
Las subunidades que conforman la unidad UH-2 son las siguientes:

- a) Subunidad superior: Compuesta por material evaporítico, arcillas, limos y arenas, los cuales lateralmente pueden pasar a gravas. Sus variaciones laterales, así como su condición superficial, hacen aleatorio y bajo su potencial como acuífero.
- b) Subunidad intermedia: Corresponde a arcillas y limos, sedimentos finos con muy baja porosidad eficaz que le dan el carácter de impermeable.
- c) Subunidad rocosa: Son rocas triásicas y jurásicas, principalmente andesíticas, con variado nivel de fracturamiento.

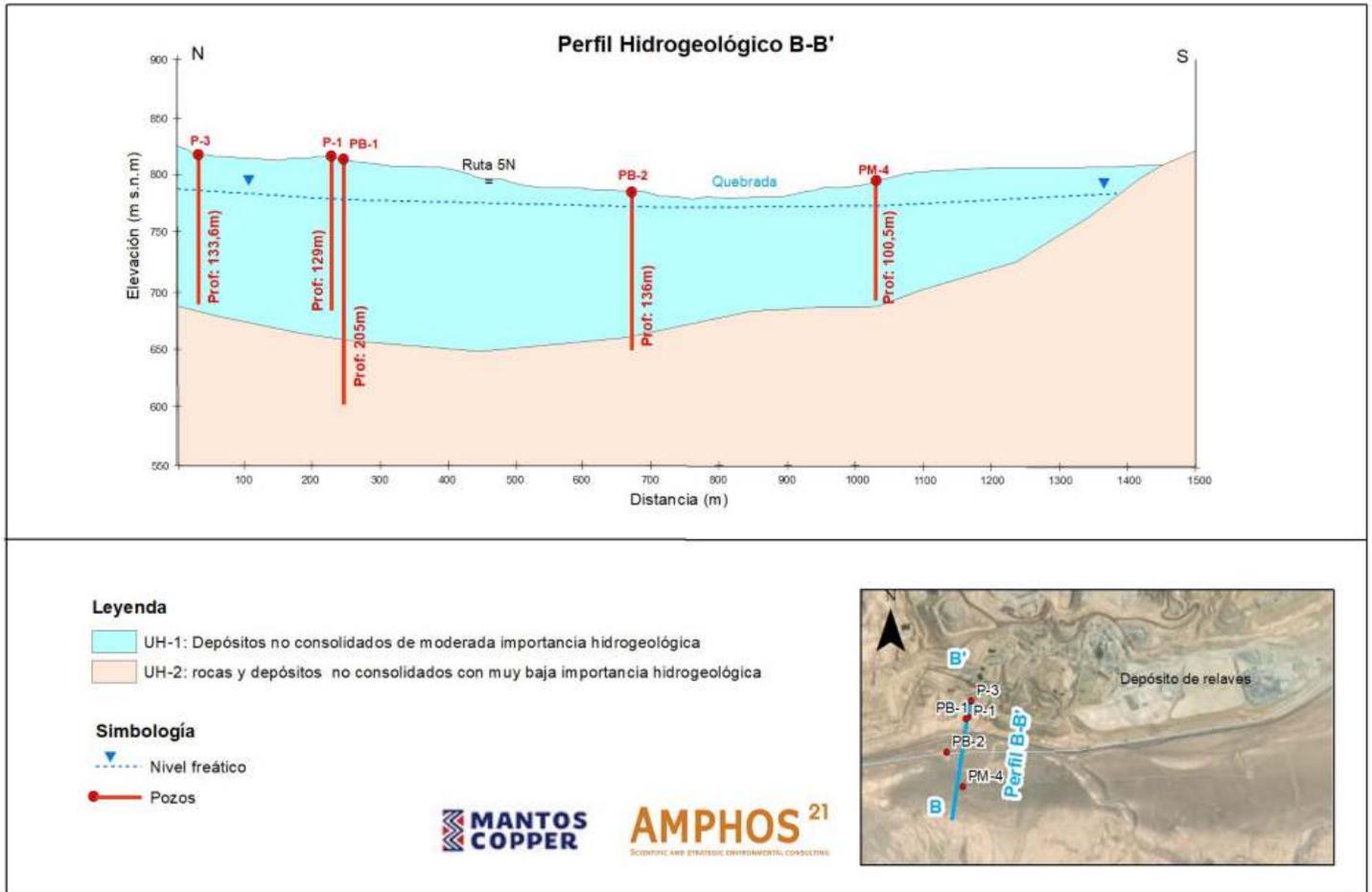
En la Figura 6-4 se muestran las ubicaciones de los perfiles hidrogeológicos que se presentan en la Figura 6-5 y Figura 6-6, donde se observa que los espesores mayores del relleno sedimentario se encuentran hacia el sector oriental de la zona, sobrepasando los 200 m, sin llegar en profundidad al contacto con la roca basal. Por otra parte, en el sector central, el espesor del acuífero es menor, para reducirse drásticamente la profundidad del basamento en el sector oriente cercano al pozo PB-2. Al oeste de este pozo aumenta nuevamente la profundidad, y, por lo tanto, el espesor del acuífero.



**Figura 6-4: Ubicación de Perfiles Hidrogeológicos (Ref. 9)**



**Figura 6-5: Perfil Hidrogeológico E-W (Ref. 9)**



**Figura 6-6: Perfil Hidrogeológico N-S (Ref. 9)**

Como se observa en la Figura 6-5, probablemente el efecto geomorfológico y geológico que combina el estrechamiento que sufre la cuenca en este sector sumado al hecho que el basamento rocoso se alza en su morfología subterránea para alcanzar niveles sub-superficiales, hacen que la sección por dónde debe circular el caudal de agua subterránea se reduzca.

---

## 7.0 CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS

### 7.1 Aspectos Geológicos

El modelo litológico confeccionado por MB (Ref. 55) está confeccionado sobre una base de datos que contiene un total de 16.025 sondajes diamantinos y aire reverso correspondiente a campañas de sondajes de diferentes prospectos y años. Esta base de datos se reduce notoriamente, para objeto del presente estudio, al considerar el área de interés y señalando, además, que el gran porcentaje de los sondajes fueron hechos con objetivos mineros por lo que son escasos aquellos que contienen información detallada desde el punto de vista estratigráfico del relleno sedimentario o información geotécnica en el área del valle. En el Anexo B se encuentra el detalle de los registros utilizados y la fuente desde donde se extrajo la información.

Del análisis se deriva que las granulometrías registradas en calicatas y sondajes, dentro de la zona de estudio, corresponden en su gran mayoría a limos y a arenas limosas con espesores de 0,1 m a 1,25 m, para luego continuar con un segundo estrato compuesto en general por arenas limosas y arenas arcillosas que en su gran mayoría se presentan con fuerte cementación. La potencia de este estrato cementado está registrada desde los 0,1 m de profundidad (CA-27) hasta los 20 m de profundidad (SV-09-04). Sin embargo, se puede señalar que, en general, esta unidad comienza a ser registrada a partir de 1,25 m en promedio. Su espesor no está bien determinado, pero se estima un promedio de 5 a 10 m.

El estrato salino cementado no está registrado en todas las calicatas y sondajes, no pudiéndose establecer un patrón, aunque es meridianamente claro que este estrato es muy heterogéneo tanto lateral como verticalmente.

La secuencia en profundidad continua hasta el contacto con la roca fundamental con la presencia de arenas arcillosas, con arcillas registradas (visualmente) como no plásticas con intercalaciones de estratos compuestos por gravas con arenas y arcillas. En los pozos de bombeo PB (Ref. 39) se registran capas compuesta por limos, arcillas y en ocasiones con gravas (PB-1, PB-2, PB-4, PB-5 y PB-6), no estando presente en otros pozos (o bien no se llegó al contacto de esa capa de finos).

El techo de la roca fundamental en los sectores centrales de la cuenca Los Arrieros se encuentra a profundidades entre 186 m (DT-0551) y 260 m (P-14); en cambio en otros sectores se encuentra sub-superficial (DT-09788 y DT-02289), coincidiendo con los sectores topográficos más altos ubicados al sur y al norte de la ruta. Las rocas son en general dacitas y riocacitas intercaladas en profundidad con andesitas, estando todo el paquete rocoso atravesado por diques andesíticos.

En la Tabla 7-1 y Tabla 7-2 se incluyen los sondajes y las calicatas ordenados según su ubicación, desde aguas arriba hacia aguas abajo de la zona de estudio.

## 7.2 Aspectos Geotécnicos

### 7.2.1 Sondajes

De acuerdo con las antecedentes consultados, para la caracterización geotécnica de los suelos se han realizado algunos ensayos de penetración estándar (STP) en los materiales aluviales. Además, se han efectuados algunos ensayos de permeabilidad (Lefranc) para investigar la condición hidráulica de los sedimentos.

#### 7.2.1.1. Ensayos de Penetración estándar (SPT)

Se cuenta con el registro de 211 ensayos SPT en los pozos que fueron seleccionados para el área estudio, de los cuales 44 se descartaron pues fueron realizados en material estéril y otros presentan valores dudosos (SV-09-01, SV-09-02 y SV-09-03), considerando finalmente, 161 ensayos SPT distribuidos en 10 pozos.

En la Tabla 7-3 se presenta un resumen de los SPT realizados, donde se puede observar que, en promedio, en los primeros 5 m, los ensayos SPT arrojaron valores  $N_{SPT} = N_2 + N_3$  entre 1 y 85, siendo el promedio  $N_{SPT} = 33$ , es decir, una densidad relativa clasificada como densa. A partir de los 12 m de profundidad todos los valores  $N_{SPT}$  dieron rechazo, es decir, sustrato muy denso (duro).

**Tabla 7-1: Información a partir de Sondajes**

Sondaje [ID]	Desde [m]	Hasta [m]	Litología	Techo de roca [m]
S-04	0	30	Arenas limosa a arena con finos. De 0 a 8,0 m tramos con cementación fuerte	Sin contacto
DT-05657	0	100	Sedimentos de origen aluvial	100
	100	166	Dacita	
DT-05651	0	184	Sedimentos de origen aluvial	184
	184	236	Dacita hasta los 184 m y continua andesita	
DT-05652	0	106	Sedimentos de origen aluvial	106
	106	192	Dacita	
DT-05922	0	193	Sedimentos de origen aluvial	193
	193	201	Dacita	
DT-02289	0	7,5	Sin recuperación	7,5
	7,5	420	Intercalación de dacita con riodacita y diques andesíticos	
S-03	0	20	Arena media a gruesa, cementada hasta los 13 m y luego gravas con arenas	Sin contacto
SV-09-04	0	20	Arena gruesa, cementada por tramos hasta los 3 m ("caliche") y continúa con grava con arenas con menos tramos cementados ("caliche")	Sin contacto
DT-09788	0	3	Sedimentos	3
	3	301,5	Andesita con intrusiones de diques andesíticos	
DT-11985	0	84	Sedimentos o "reellenos"	216
	84	216	Riodacita	
DT-03357	0	231	Sedimentos de origen aluvial (rocas aluviales)	231
	231	250	Roca	
P-14	0	230	Sedimentos de origen aluvial (rocas aluviales)	230
	230	260	Roca	
P-13	0	177	Sedimentos de origen aluvial (rocas aluviales)	177
	177	215	Roca	
SV-09-03	0	90	Grava con arena hasta los 63 m, continúa arena gruesa cementada ("caliche")	Sin contacto
DD-09908	0	573,9	Intercalación de riodacita y andesitas atravesadas por dique andesíticos	0
SP-03	0	30	En general arena gruesa arcillosa	Sin contacto
SV-09-02	0	72	Material de relleno (muro del depósito de relave)	Sin contacto
	72	85,2	Limo con arenas (3,5m de potencia) y pasa a arena gruesa con cementación media a alta ("caliche") pasando a grava con arena.	
SV-09-06	0	13	Limo con arena, muy denso hasta 0,45 m y continúa arena media a gruesa muy densa pasando a grava con arena, muy densa	Sin contacto
SP-02	0	19,1	Intercalación de arenas gruesas arcillosas con gravas arcillosa con arena.	Sin contacto
SP-01	0	30	Intercalación de arenas gruesas arcillosas con gravas arcillosa con arena.	Sin contacto
SV-09-01	0	55,45	Material de relleno (muro del depósito de relave)	60,7
	55,45	60	Arena gruesa cementada ("caliche") a grava con arena	
	60	70,45	Roca volcánica	
DD04494	0	518	Intercalación de riodacita y andesita con diques intrusivos andesíticos	0

(continúa)

Sondaje [ID]	Desde [m]	Hasta [m]	Litología	Techo de roca [m]
PB-2	0	119	En general gravas con intercalación de arena, con in nivel de arcilla plástica de 96 a 107 m, continúa hasta contacto con la roca con grava	119
	119	130	Roca	
P-1	0	92	Sobrecarga natural	Sin contacto

**Tabla 7-2: Información a partir de Calicatas**

Calicata [ID]	Desde [m]	Hasta [m]	Litología
CA-26	0	0,2	Arena limosa
	0,2	1,3	Arena limosa (Caliche)
CA-31	0	0,5	Relleno
	0,5	0,7	Arena limosa (Chusca)
	0,7	1,7	Arena limosa (Caliche)
C-01	0	0,3	Arena mal graduada
	0,3	1,3	Caliche
CA-25	0	0,2	Arena limosa (Chusca)
	0,2	1,2	Arena limosa (Caliche)
CA-25'	0	1	Arena limosa
	1	1,2	Arena limosa (Chusca)
	1,2	1,6	Arena limosa (Caliche)
CA-27	0	1,8	Arena limosa
	1,8	1,9	Arena limosa (Chusca)
	1,9	2,6	Arena limosa (Caliche)
CA-30	0	0,1	Relleno
	0,1	0,3	Arena limosa (Chusca)
	0,3	0,9	Arena limosa (Caliche)
CR-5	0,3	0,6	Limo
CA-28	0	0,3	Relleno
	0,3	0,5	Arena limosa (Chusca)
	0,5	2,3	Arena limosa (Caliche)
	2,3	3,6	Arena limosa
CR-4	0,4	1,5	Limo
	1,5	2,2	Limo
CR-3	0,5	0,8	Arena limosa (Limo)
C8	0	5,5	Caliche
	5,5	6,5	Aluvial

*(continúa)*

Calicata [ID]	Desde [m]	Hasta [m]	Litología
CR-2	0,3	3	Arena limosa
C4	0	0,4	Caliche
	4	5,5	Aluvial
C7	0	2,4	Caliche
	2,4	4,5	Aluvial
C3	0	1,8	Caliche
	1,8	2,5	Aluvial
C6	0	1,2	Caliche
	1,2	2	Aluvial
C2	0	1,2	Caliche
	1,2	2	Aluvial
C1	0	0,5	Caliche
	0,5	2	Aluvial
C5	0	1,1	Caliche
	1,1	2,7	Aluvial
CR-1	0,5	1,5	Arena limosa
	1,5	2,5	Grava limosa
C-06	0	1,5	Arena limosa
	1,5	1,5	Caliche

**Tabla 7-3: Resumen de Ensayos SPT**

Sondaje [ID]	SPT [cant.]	Desde [m]	Hasta [m]	N <sub>SPT</sub>	Litología
S-03	10	2	20	R	Arena limosa a grava con arena
S0-04	1	2	2,45	36	Arena limosa
	23	4	24	R	Arena limosa
SP-01	1	2,2	2,6	24	Arena
	1	3,1	3,24	R	Arena
	1	3,8	4,25	30	Arena
	1	4,75	5,2	9	Arena arcillosa
	1	5,75	6,2	74	Arena arcillosa
	1	6,65	7,2	27	Arena
	21	7,75	28,74	R	Intercalación de arena arcillosa y grava
SP-02	2	1,1	2,2	R	Arena
	1	3,5	3,95	63	Arena
	1	4,5	4,95	35	Arena arcillosa
	5	5,5	9,18	R	Grava y arenas arcillosa
	1	10	10,43	28/87	Arena arcillosa

(continúa)

Sondaje [ID]	SPT [cant.]	Desde [m]	Hasta [m]	N <sub>SPT</sub>	Litología
SP-02	8	12	18	R	Intercalación de arena arcillosa y grava
SP-03	1	1,3	1,75	14	Arena
	1	2,3	2,53	R	Arena
	1	3,3	3,67	22/80	Arena
	1	4,3	7,75	1	Arena arcillosa
	1	5,3	5,75	28	Arena arcillosa
	1	6,3	6,75	30	Arena arcillosa
	23	7,3	29	R	Arena arcillosa y grava
SP-04	1	0	1,45	7	Arena
	1	2	2,45	4	Arena
	1	3	3,45	23	Arena arcillosa
	1	4	4,45	50	Arena arcillosa
	1	5	5,45	29	Arena arcillosa
	1	6	6,45	50	Arena arcillosa
	2	7	8	R	Arena arcillosa
	1	9	9,45	79	Arena arcillosa
	30	10	39	R	Arena arcillosa con escasos estratos de gravas
SV-09-03	3	63,1	65	R	Arena
SV-09-04	1	0	0,45	8	Arena
	2	5	6	R	Arena
SV-09-05	1	0	0,45	29	Grava
	1	5	5,45	38	Grava
	1	10	10,45	R	Grava
SV-09-06	1	5	5,06	R	Arena
	1	6,75	7,2	85	Arena
S-03	3	10	20	R	Grava con arena

### 7.2.1.2. Ensayos de Permeabilidad Lefranc

Durante las perforaciones de algunos sondajes se realizaron ensayos de permeabilidad del tipo Lefranc; los resultados se presentan en la Tabla 7-4.

**Tabla 7-4: Ensayos Lefranc**

Sondaje [ID]	Desde [m]	Hasta [m]	Permeabilidad Carga Constante [cm/s]	Permeabilidad Carga Variable [cm/s]
S-04	4	5	$1,90 \times 10^{-3}$	$5,30 \times 10^{-3}$
	14	15	$2,30 \times 10^{-5}$	$1,20 \times 10^{-4}$
	19	20	$3,20 \times 10^{-4}$	$2,30 \times 10^{-4}$
	24	24	$3,20 \times 10^{-4}$	$2,60 \times 10^{-4}$
	29	30	$1,50 \times 10^{-4}$	$4,00 \times 10^{-4}$
S-03	4	5	-	$6,80 \times 10^{-4}$
	19	20	$7,40 \times 10^{-5}$	$2,30 \times 10^{-4}$
	24	25	$5,60 \times 10^{-5}$	$1,50 \times 10^{-4}$
	29	30	$1,60 \times 10^{-4}$	$3,50 \times 10^{-4}$

De la tabla anterior se deduce que el coeficiente de permeabilidad en estos sondajes indica valores comprendidos entre  $1,90 \times 10^{-3}$  cm/s y  $7,40 \times 10^{-5}$  cm/s para los ensayos de carga constante, y entre  $5,30 \times 10^{-3}$  cm/s y  $6,80 \times 10^{-4}$  cm/s para los ensayos a carga variable, siendo este último el valor más representativo, es decir, una permeabilidad media. Los resultados son muy escasos como para aventurarse a emitir un juicio de que sean representativos para los materiales que rellenan la cuenca sedimentaria, además que ellos son muy heterogéneos en su distribución y composición lateral y vertical.

## 7.2.2 Calicatas

### 7.2.2.1. Ensayos de Densidad In Situ

De acuerdo con los antecedentes consultados, en la caracterización geotécnica de los suelos en calicatas se han efectuado ensayos de densidad in situ en 5 calicatas. Los resultados se pueden observar en la Tabla 7-5. Los resultados para estas prospecciones arrojan una densidad baja en la calicata C-30 a alta en las calicatas CA-26, CA-28 y CA-31.

**Tabla 7-5: Ensayos Densidad In Situ**

Calicata [ID]	Horizonte [Nro.]	Profundidad [m]	Densidad In situ [kg/m <sup>3</sup> ]
C-01	H-1	0,0	1,491
CA-26	H-2	0,5	1,863
CA-28	H-3	0,8	2,032
CA-30	H-3	0,3	1,159
CA-31	H-1	0,15	1,909

#### 7.2.2.2. Ensayos de Infiltración (Porchet)

De acuerdo con los antecedentes, se tiene información que se han realizado ensayos infiltración tipo Porchet sólo en 2 calicatas. El valor promedio es  $3,5 \times 10^{-3}$  cm/s, es decir, una permeabilidad media a alta. La Tabla 7-6 muestra estos resultados.

**Tabla 7-6: Ensayos de Infiltración Porchet**

Calicata [ID]	Horizonte [Nro.]	Desde [m]	Hasta [m]	Espesor [m]	Infiltración Porchet [cm/s]
CA-26	H-2	0,2	1,3	1,1	$4,00 \times 10^{-3}$
CA-30	H-3	0,3	0,9	0,6	$3,00 \times 10^{-3}$

## 8.0 MECANISMO DE FALLA

En base a los antecedentes seleccionados, es decir, que aportaron alguna información útil para entender los mecanismos de falla (agrietamiento y de deformación) del terreno en la zona de estudio, se pueden formular los siguientes comentarios.

Los dos factores concomitantes principales que pueden explicar estos fenómenos de falla son:

1. Existen amplios rellenos sedimentarios naturales, tanto de extensión lateral como en espesor (que superan los cientos de metros), que en sus diferentes estratos contienen cantidades aparentemente apreciables y significativas de arcillas (estimado 10% a 20%, ocasionalmente hasta un 40%) y de sales, estas últimas principalmente superficiales (algunos estudios han demostrado contenidos de sales entre un 3% y un 50% en otros sectores del DMMB), tales como carbonatos, cloruros y sulfatos.
2. La presencia de agua, en este caso, niveles freáticos cercanos a la superficie o al menos terrenos superficialmente saturados.

Algunas exploraciones geofísicas y geotécnicas evidencian una baja densidad o compacidad de los suelos en los primeros 8 a 10 metros del terreno. Los dos factores antes señalados se relacionan de manera diversa ante la heterogeneidad del terreno y la posición del nivel de agua, causando que en algunos sectores se observen grietas, pero no deformaciones y en otros sectores se observen deformaciones y grietas.

Los suelos salinos presentan estructura del tipo colapsables asociadas a granulometrías más bien gruesas, tipo gravas, en tanto que los suelos de granulometría más fina, es decir donde hay mezclas de sales y probablemente mayor proporción de arcillas, no sean tan colapsables.

No habiendo ensayos de laboratorio que sustente una hipótesis a firme, se puede señalar que los suelos con contenidos de material fino importante, del orden del 50%, pueden desarrollar presiones de hinchamiento de varios kilos por centímetro cuadrado, lo que, sumado a un ambiente salino, con porcentajes de sales solubles digamos entorno al 10%, pueden generar situaciones similares a las actualmente observadas. Hay algunos

minerales arcillosos, tales como la caolinita, por ejemplo, que pueden generar un fenómeno de doble capa por lo que se espera que previo a la intervención antrópica en esta área, en un ambiente relativamente seco y salino, este fenómeno se vea fuertemente disminuido generando un suelo de características más rígidas. Esta característica se perdería al entrar el suelo en contacto con agua con menor salinidad o "más dulce". Así, el fenómeno de expansión o hinchamiento en el suelo se genera cuando se aumenta la humedad considerablemente y en este caso en particular, el efecto es intensificado en presencia de agua con menos salinidad que la del suelo de fundación. Por lo tanto, el aumento del nivel freático en el suelo podría generar la saturación del suelo arcilloso gatillando el efecto expansivo del suelo y éste a su vez, actuaría levantando el terreno produciendo deformaciones.

Por otro lado, con la desecación del terreno, por ejemplo, con la disminución del nivel freático, el efecto de hinchamiento disminuye, pasando a propiciar entonces, el fenómeno de consolidación del suelo y su agrietamiento.

Las variaciones u oscilaciones del nivel freático sería el elemento gatillante de los fenómenos de agrietamiento y deformación observados en terreno, en un proceso de hinchamiento seguido de una consolidación del suelo arcilloso-salino superficial, condición que puede ser importantemente favorecido por otros factores particulares que se presentan en el área de estudio, como se explica en el capítulo siguiente.

## 9.0 CONCLUSIONES DE LA ETAPA 1 DE REVISIÓN DE ANTECEDENTES

- En base a los antecedentes seleccionados se puede observar que los rellenos sedimentarios en el área de estudios presentan espesores muy importantes, hasta del orden de los cientos de metros, y en todos sus diferentes horizontes estratigráficos se encuentran materiales como gravas o arenas con arcillas, lo que demuestra un ambiente de relativa baja energía de depositación, y, en su parte superior, suelos salinos.
- La distribución espacial tanto lateral como vertical y la composición granulométrica de los rellenos sedimentarios es muy heterogénea y de muy difícil extrapolación.
- Aún dicho lo anterior, un perfil estratigráfico “típico” podría ser esquematizado como sigue: La columna de suelos se inicia con sedimentos finos sueltos del tipo limoso o arcillosos en su parte superior, denominados localmente como “chusca”. A partir del metro de profundidad los sedimentos se encuentran fuertemente cementados (“caliche”), pudiendo ser asociado a una costra salina. Esta costra salina aparentemente tiene como máximo unos 10 m de espesor, pero no se encuentra uniformemente distribuida. En profundidad se continúa con sedimentos compuestos por arenas arcillosas y gravas areno-arcillosas, las cuales no estarían aparentemente cementadas, pero presentarían una estructura densa.
- Las rocas subyacentes registradas corresponden a riodacitas y dacitas atravesadas por diques andesíticos. En otras prospecciones fuera del área de estudio se han encontrado sales incluso rellenando fracturas.
- Los ensayos geotécnicos son muy escasos y puntuales como para ser aplicados a una caracterización global del área estudiada, teniendo en consideración, además, lo disímil que son los horizontes estratigráficos como se ha explicado anteriormente. Para caracterizar geotécnicamente los sedimentos aluviales existen ensayos SPT, los cuales arrojan resultados de rechazo, es decir, suelo muy duro, a partir de los 7 a 10 m de profundidad. Los ensayos de infiltración del tipo Lefranc indican un coeficiente de permeabilidad de carga variable de  $8,5 \times 10^{-4}$  cm/s, es decir, media. Los ensayos de infiltración en calicatas dan cuenta de una permeabilidad un orden de magnitud más alto que en los sondajes y los ensayos de densidad in situ varían desde baja densidad a alta densidad

- El límite señalado, de 7 a 10 m de profundidad parece ser relevante puesto que se verifica por medio de diferentes elementos tales como estratigrafía, resultados de SPT y resultados de las pruebas de infiltración y permeabilidad.
- El mecanismo de falla (agrietamiento y deformación) del terreno en el sector en estudio se debería principalmente a la presencia de agua que interactúa con el estrato superior principalmente salino en un ciclo de expansión (hinchamiento) y retracción (consolidación), lo que produce en un caso deformaciones y en el otro caso agrietamientos. Aunque este podría ser el mecanismo, no hay pruebas o ensayos de laboratorio sobre elementos claves que permitan explicar este fenómeno, basado principalmente en estudios mineralógicos y potenciales de hinchamiento sobre arcillas, entre otros.
- El fenómeno anterior, cómo se ve durante el desarrollo de este estudio, involucra otras componentes, como por ejemplo geomorfológicas, geológica-estructurales (fallas) y topográficas, que necesariamente concurren a que este fenómeno se presente o se agudice. A este respecto es claro que en el área de estudio la cuenca hidrográfica no solamente se estrangula aguas abajo del área de estudio, sino que además el basamento de la roca se acerca a la superficie, incluso aflorando, generando que la sección hidráulica por donde circula un volumen determinado de agua se reduzca significativamente, produciendo que los niveles freáticos se alcen e incluso afloren. El hecho de que en general todos los estratos hasta alcanzar la roca fundamental tengan contenidos de arcillas también es una demostración de un ambiente de depositación de relativamente baja energía, lo que probablemente sea un reflejo más del estrangulamiento de la cuenca y del alzamiento del basamento.
- El modelo hidrogeológico está aún en confección, y éste será fundamental para discernir e identificar apropiada y detalladamente las direcciones de flujo de las aguas subterráneas, para así descartar o confirmar de dónde provienen los principales aportes de caudales subterráneos. Aún es una incógnita el comportamiento del agua en varios sectores, pero especialmente en el sector sur del área de estudio, siendo que éste es un sistema hidrogeológico interconectado. El caudal de aporte que puede generar la quebrada San Cristóbal, por ejemplo, según se ha visto en algunos de los antecedentes consultados, puede llegar a ser importante en el sistema. Asimismo, se debe considerar la existencia de otras faenas minera localizadas en la cuenca de la quebrada San Cristóbal, la cual potencialmente podría estar influyendo tanto en los caudales de agua como en el quimismo de ellas.

- En línea con los anterior, al momento no está claro ni hay pruebas irrefutables, en base a la química errática que demuestran algunos pozos, que el aumento de algunos elementos minerales sea atribuible exclusivamente a un elemento antrópico. Tener presente que al ser éste un reconocido distrito minero, algunos elementos minerales tales como cobre (crisocola, por ejemplo, de gran movilidad) o sulfatos u otras sales, son propios del estado natural de las rocas y rellenos sedimentarios que rellenan la cuenca, los que pueden ser lixiviados por las aguas circulantes y producir una mayor concentración de estos elementos en algunos puntos (distribución aleatoria), pero especialmente cercanos a la obturación del valle.
- Para el desarrollo del presente estudio, no se contó con antecedentes técnicos que confirmen las hipótesis de diseño adoptadas en el proyecto vial original de la autopista. Entre otros: a) Informes geológicos, tales como planos de sectorización con potencialidad de riesgos geológicos que afectarían al trazado; b) Estudios de hidrología e hidráulica, con el fin de eliminar o minimizar posibles afectaciones de agua en los terraplenes o cortes y asegurar el drenaje subterráneo de la plataforma y base, de modo de no afectar adversamente las condiciones de estabilidad de las obras básicas (también considerando los factores geomorfológicos y estructurales de este sector en particular); c) Estudio geotécnico del terreno con reconocimiento estratigráfico (calicatas y zanjas, sondajes, geofísica), ensayos en sitio (permeabilidad, densidad, cono dinámico, pruebas de carga, etc.), mediciones de deflexión y ensayos de laboratorio, todo ello previo a la construcción (como parte de los estudios de ingeniería). Estos antecedentes, permitirían complementar el análisis de las causas principales de la falla y si se tomaron adecuadamente en importancia los elementos particulares del área de estudio, incluso siendo necesarios para determinar si las hipótesis de diseño, adoptadas en el proyecto original, siguen siendo válidas para la reparación y recuperación del tramo afectado de la ruta.
- Los resultados son muy escasos como para aventurarse a emitir un juicio de que sean representativos para los materiales que rellenan la cuenca sedimentaria, además que ellos son muy heterogéneos en su distribución y composición lateral y vertical.
- Las variaciones u oscilaciones del nivel freático sería el elemento gatillante de los fenómenos de agrietamiento y deformación observados en terreno, en un proceso de hinchamiento seguido de una consolidación del suelo arcilloso-salino superficial,

---

condición que puede ser importantemente favorecido por otros factores particulares que se presentan en el área de estudio.

## 10.0 RECOMENDACIONES PARA LA ETAPA 2

En consideración a las incertidumbres planteadas a lo largo del desarrollo de este informe, se recomiendan varias acciones que se podrían llevar a cabo, no solo para despejar la problemática local de los agrietamientos y las deformaciones en el sector del área de estudio, sino que contribuirían de forma importante a conocer el contexto global donde los diferentes aspectos o elementos concomitantes pueden relacionarse o interactuar entre ellos en el área de estudio. Entre ellas se plantea, a manera conceptual, la ejecución de algunas exploraciones adicionales, cuyas características y detalles específicos pueden ser emitidos mediante una nota técnica adicional a este documento (Etapa 2 del estudio Geológico-Geotécnico) según lo siguiente y en concordancia con el programa de trabajo presentado en el primer informe de respuesta a las MUT letra C.

- a) La ejecución de al menos dos líneas geofísicas REMI/MASW y refracción sísmica convencional, que se extiendan transversalmente al valle, es decir, en dirección norte-sur, desde los DR por el norte hasta cruzar la quebrada San Cristóbal por el sur. Lo anterior, debido principalmente al hecho que en el área estudio existen exploraciones geofísicas de un buen grado de detalle y cobertura areal, pero todas ellas están realizadas de manera paralela al curso de la quebrada Los Arrieros o que es lo mismo, de la ruta, por lo tanto, el perfil longitudinal del valle se puede decir que es más o menos conocido. Sin embargo, no se tiene la certeza de cómo es la sección transversal del valle en cuanto a su materialidad, espesores y condiciones del agua subterránea, considerando especialmente la interacción entre la quebrada Los Arrieros y la quebrada San Cristóbal.
- b) La perforación de unos 4 sondajes de carácter geotécnico con objeto de describir (mapeo de detalle), geológica y geotécnicamente, los suelos y/o rocas del valle, además de llevar un detallado registro fotográfico de cada una de las corridas recuperadas. Se deben aprovechar estas perforaciones para ejecutar ensayos geotécnicos (SPT) e hidráulicos (Lefranc y Lugeon). Además, a partir de los testigos de rocas y suelos obtenidos por las perforaciones, se debe cumplir con un programa mínimo de ensayos de laboratorio para determinar parámetros resistentes o geotécnicos y químicos, tales como clasificación UCSC completa y Límites de Atterberg, determinación de sales, solubilidad, contenidos de arcillas y sus potenciales de expansión. Se recomienda que estas perforaciones no sean por el método de aire reverso (RC) sino que preferentemente sean sónicas (SS) si

---

las condiciones del suelo y profundidad lo permiten o diamantinas (DDH), esto con el objeto de que las muestras extraídas sean lo más inalteradas posibles.

- c) En línea con lo anterior, las exploraciones señaladas anteriormente se podrían complementar con la excavación de unas 4 calicatas con los mismos objetivos que los señalados para los sondajes, pero esta vez para investigar los primeros metros superficiales del terreno. Similarmente a los sondajes, se debe confeccionar un perfil estratigráfico de detalle con su correspondiente descripción, y ejecutar los correspondientes ensayos situ y de laboratorio. Dada la delicadeza de la información geológica-geotécnica que se espera obtener por las perforaciones de sondajes y excavación de calicatas, se insta a escoger personal especialista y de competencia demostrada para ejecutar estas tareas.

## 11.0 BIBLIOGRAFÍA Y ANTECEDENTES CITADOS

- Ref. 1 [A01] Resolución exenta AFTA N° 49/2021. SMA. 19 de mayo de 2021.
- Ref. 2 [A02] Carta Concesión Vial Autopistas de la Región de Antofagasta. Documento 844-GG-SMA-200727-07291. Sociedad Concesionaria Autopistas de Antofagasta S.A. Antofagasta, 27 de julio de 2020.
- Ref. 3 [A03] Informe Limpieza e Inspección de Pozos Sector Tranque de Relaves, Mantos Blancos, Región de Antofagasta. INVEREX Ltda. agosto 2020.
- Ref. 4 [A04] Ordinario N° 336. Solicitud de antecedentes sobre acuífero existente en el sector de la faena minera "Mantos Blancos". Director Regional, Dirección General de Aguas, Región de Antofagasta. 10 de agosto 2020.
- Ref. 5 [A05] Anexo N° 1: Imágenes Aero fotogramétricas y Satelitales. Mantos Copper, Mantos Blancos. Septiembre 2020.
- Ref. 6 [A06] Estudio de Mecánica de Suelos Deformaciones en Torno al km 1407 Autopistas de Antofagasta. Documento N° A10.20-07-IMS-DAA. Asistecsa SPA. 11 de noviembre de 2020. Rev. E. Preliminar.
- Ref. 7 [A06a] Plano Ubicación de Sondajes y Calicatas, Sector Relave y Carretera – Minera Mantos Blancos. Plano N° DG-MB-4500016048-08-1320. Guiñez Ingeniería Ltda. 29 de julio de 2021.
- Ref. 8 [A07] Nota Técnica 01 – Visita técnica instalaciones Mantos Blancos (Mantos Copper). Apoyo al cumplimiento de monitoreo de aguas subterráneas, actualización modelo hidrogeológico y limpieza de pozos de monitoreo. Documento 1028\_MANCOPP\_MB\_NT01\_v0. Samuel Iglesias / Pau Barceló / Pilar Enguita. 20 de mayo de 2021. Rev. 0.
- Ref. 9 [A08] Respuesta Técnica Mantos Copper Resolución Exenta AFTA N°49/202. Requiere información que indica e instruye la forma y el modo de presentación de los antecedentes a Mantos Copper. Documento 1028\_MANCOPP\_MB\_SMA\_vC. Amphos 21 Consulting Chile Ltda. 10 de junio de 2021.
- Ref. 10 [A09] Carta respuesta Resolución Exenta AFTA N° 49/2021 de 19 de mayo de 2021, de la Oficina Regional de Antofagasta, de la SMA. Documento S-MC-MB202-0621-0596. Giancarlo Bruno Lagomarsino, Mantos Copper S.A. 11 de junio 2021.
- Ref. 11 [A10] Memorándum AFTA N° 07/2021. Solicita medidas urgentes y transitorias que indica. SMA, Gobierno de Chile. Antofagasta, 29 de junio de 2021.

- Ref. 12 [A11] Presentación Respuestas a SMA, Resolución Exenta N°1538 del 6 de julio de 2021. Amphos 21 Consulting Chile Ltda. Julio 2021.
- Ref. 13 [A12] Resolución exenta N° 1538. SMA. 6 de julio de 2021.
- Ref. 14 [A13] Correo electrónico. Notifica resolución exenta N° 1538/2021. Adjunta documento RESOL 1538 SMA 2021.PDF. Oficina de Transparencia y Participación Ciudadana, SMA. 08 de julio de 2021.
- Ref. 15 [A14] Estudio Técnico de factibilidad e idoneidad de construcción de una barrera hidráulica. Respuesta Técnica Mantos Copper Resolución Exenta N°1538/2021 de la SMA. Informe Final. Documento 1028\_MANCOPP\_A21\_Barrera Hidr\_vB. Amphos 21 Consulting Chile Ltda. 30 de julio de 2021. Rev. B.
- Ref. 16 [A15] Informe Técnico. Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos del Acuífero de Sierra Gorda. S.D.T. N° 331. Departamento de Administración de Recursos Hídricos, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, agosto 2012.
- Ref. 17 [A16] Presentación Pozos 01-08-2021.pptx. 01 de agosto 2021.
- Ref. 18 [A17] Documento Pozos Levantamiento 01-08-2021.docx. 01 de agosto 2021.
- Ref. 19 [A18] Nota Técnica Mantos Blancos. Documento de últimos antecedentes al 04.08.2021.docx.
- Ref. 20 [A19] Carta Reporte Consolidado de la ejecución, cumplimiento y avance de las Medidas Urgentes y Transitorias dictadas respecto de Minera Metálica Mantos Blancos. Res Ex. 1538, de fecha 6 de julio de 2021, de la SMA. Documento S-MC-MB202-0821-0607. Giancarlo Bruno L., Mantos Copper S.A. 11 de agosto 2021.
- Ref. 21 [A20] Informe Trimestral E-700. Control Piezométrico Depósitos de Relaves Mantos Blancos. Documento A21\_1028\_2TE700\_vB. Amphos 21 Consulting Chile Ltda., agosto 2021. Rev. B.
- Ref. 22 [A20a] Anexo Informe Trimestral E-700. Control Piezométrico Depósitos de Relaves Mantos Blancos. Planilla [Amphos] A21\_1028\_2TE700\_vB [FC].xlsx. Amphos 21 Consulting Chile Ltda., agosto 2021.
- Ref. 23 [A20b] Anexo Informe Trimestral E-700. Control Piezométrico Depósitos de Relaves Mantos Blancos. A21\_1028\_2TE700\_vB. Amphos 21 Consulting Chile Ltda., agosto 2021.
- Ref. 24 [A21] Evaluación de Condición de Humedad, Niveles Freáticos y Búsqueda de Cañería. OS-2021-410 Rev. 2. Omega Servicios, agosto 5, 2021.

- Ref. 25 [A22] Evaluación de Condición de Humedad y Niveles Freáticos. OS-2021-425 Rev. 2. Omega Servicios, agosto 20, 2021.
- Ref. 26 [B01] Planilla [2013-1993] Base de datos Niveles puntos no reportables.xlsx
- Ref. 27 [B02] Anexo II - Modelo Hidrogeológico Numérico de la Quebrada del Salar del Carmen en el Sector de Mantos Blancos. INVEREX Ltda., mayo 2014.
- Ref. 28 [B03] Informe Hidrogeológico para la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto "Optimización Disposición de Relaves Mantos Blancos" de Anglo American Norte S.A. INVEREX Ltda. Julio 2015.
- Ref. 29 [B04] Informes nivel freático. SGS Chile Ltda., septiembre 2015 – abril 2017.
- Ref. 30 [B05] Planilla [2020-07 a 2021-04] BDD Niveles Julio2020-Abril2021.xlsx
- Ref. 31 [B06] Plano Depósitos de Relave – Ubicación Piezómetros. Plano N° DG-MB-4500016048-07-1159. Mantos Copper, División Mantos Blancos. 20 de julio de 2020.
- Ref. 32 [B07] Plano Depósitos de Relave – Ubicación Piezómetros. Plano N° DG-MB-4500016048-07-1159. Mantos Copper, División Mantos Blancos. 20 de julio de 2020.
- Ref. 33 [B08] Planilla [2020-08 a 2021-04] Base de Datos HQ Julio 2020-Abril 2021.xlsx.
- Ref. 34 [B09] Mapa Ubicación Perfiles Hidrogeológicos. Amphos 21 Consulting Chile Ltda. 2021.
- Ref. 35 [B10] Perfil Hidrogeológico A-A'. Amphos 21 Consulting Chile Ltda. 2021.
- Ref. 36 [B11] Perfil Hidrogeológico B-B'. Amphos 21 Consulting Chile Ltda. 2021.
- Ref. 37 [B12] Superficie Piezométrica 2021. Amphos 21 Consulting Chile Ltda. 2021.
- Ref. 38 [B13] Planilla [2021] Base de datos niveles 2021.xlsx.
- Ref. 39 [B14] Esquemas de habilitación PB-1 a PB-6. INVEREX Ltda.
- Ref. 40 [B15] Planilla [sf] ubicación Piezómetros Relaves.xlsx.
- Ref. 41 [C01] Informe Técnico, Análisis Químico de Aguas Autopista Antofagasta km 1407. Documento N° ASQUIM-ASISTECSA-14/20. ASQUIM Chile. 05 de noviembre de 2020.
- Ref. 42 [C02] Resultados isotópicos D-18O. Documento N° 210298. Isotope Tracer Technologies INC. 27 de julio de 2021.
- Ref. 43 [C03] Planilla [2021-07-29] 01 Base de datos isótopos.xlsx. 29 de julio de 2021.

- Ref. 44 [C04] Respuesta Técnica Mantos Copper Resolución Exenta N°1538/2021 de la SMA. Estudio de isótopos estables del agua y de sulfato. Informe Final. Documento 1028 MANCOPP A21 Isótopos v0. Amphos 21 Consulting Chile Ltda. 05 de agosto 2021. Rev.0. Editable.
- Ref. 45 [C05] Respuesta Técnica Mantos Copper Resolución Exenta N°1538/2021 de la SMA. Estudio de isótopos estables del agua y de sulfato. Informe Final. Documento 1028\_MANCOPP\_A21\_Isótopos\_v0. Amphos 21 Consulting Chile Ltda. 05 de agosto 2021. Rev.0. PDF.
- Ref. 46 [C06] Planilla [2021-1993] 07\_BBDD\_Niveles.xlsx.
- Ref. 47 [C07] Planilla [2021-1993] 08\_BBDD\_Hidroquímica.xlsx.
- Ref. 48 [D01] Carpeta Red Hidrométrica DGA. Emplazamientos de Estaciones de Calidad de Agua, Fluviométricas, Meteorológicas y Sedimentarias. Emplazamientos de Niveles de Pozos, Lagos y Embalses.
- Ref. 49 [D02] Red Hidrométrica Nacional.
- Ref. 50 [D03] Archivo <https://sit.mop.gov.cl/observatorio/Mapa.txt>.
- Ref. 51 [D04] Planilla Precipitaciones Máximas Anuales en 24 horas 01\_08\_2021 18\_40.xls.
- Ref. 52 [E01] Modelo Geológico Mantos Blancos. Julio 2021. Vulcan y DXF.
- Ref. 53 [E02] Pozos Pit Geología. Agosto 2021. Base de datos preliminar. Mantos Blancos.
- Ref. 54 [E03] Análisis de Riesgo Geológico Instalaciones de Mina Mantos Blancos II Región. Actualización marzo 2016. INVEREX Ltda.
- Ref. 55 [E04] Modelo Litológico. Superintendencia de Geología, Mantos Copper. Julio 2021.
- Ref. 56 [E05] Infanta Paredes, José Antonio. Geología y Mineralización del Prospecto Argentina. Su implicancia en la exploración del Distrito Minero Mantos Blancos, Antofagasta, II Región. Memoria para optar al título de Geólogo, Universidad Católica del Norte. Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas, Departamento de Ciencias Geológicas. Antofagasta, diciembre 2001.
- Ref. 57 [F01] Informe Final. Proyecto Medición de Perfil de Velocidades de Ondas de Corte Vs en Sector Tranque C-165. Documento N° 2015-141-1. IIT U de C., junio 2015.
- Ref. 58 [F02] Informe Geofísico. Campaña Geotécnica Mantos Blancos. Documento N° 8150-RPT-FCT-000. FUGRO Chile S.A. 05 de octubre de 2017. Rev.0.

- Ref. 59 [F03] Estudio Geofísico de Resistividad Mediante NanoTEM y TEM. Proyecto Mantos Blanco. GEODATOS. Mayo de 2019.
- Ref. 60 [F04] Estudio Geofísico de Resistividad Mediante NanoTEM y TEM. Proyecto Mantos Blanco. GEODATOS. Octubre de 2019.
- Ref. 61 [F05] Informe Instrumentación Geotécnica. Mantos Copper – Operación Mantos Blancos. GeoMediciones Ltda., mayo 2020.
- Ref. 62 [F06] Planilla [2020-06] Geodatos 2020.xlsx.
- Ref. 63 [F07] Estudio Geofísico de Resistividad Mediante NanoTEM y TEM. Proyecto Mantos Blancos. Informe Preliminar. GEODATOS. Junio de 2020.
- Ref. 64 [G01] Informe de construcción, habilitación. Pozo de Monitoreo Mercedes 1. Rock Drilling S.A., mayo 2011.
- Ref. 65 [G02] Informe de construcción, habilitación. Pozo de Monitoreo Mercedes 2. Rock Drilling S.A., mayo 2011.
- Ref. 66 [G03] Informe de construcción, habilitación. Pozo de Monitoreo Pozo RC - 685 (Pozo N ° 2), ubicación Naranja. Mineral Drilling SpA. 27 de mayo 2016.
- Ref. 67 [G04] Informe de construcción, habilitación. Pozo de Monitoreo Pozo RC - 686 (Pozo N ° 1), ubicación Naranja. Mineral Drilling SpA. 05 de junio 2016.
- Ref. 68 [G05] Minuta Técnica Extracción de Agua Pruebas de Infiltración en Pozos de Monitoreo, Mantos Blancos, Antofagasta, II Región. INVEREX Ltda., enero 2017.
- Ref. 69 [G07] Esquema Pozo PB-1. INVEREX Ltda.
- Ref. 70 [G08] Esquema Pozo PB-2. INVEREX Ltda.
- Ref. 71 [G09] Esquema Pozo PB-3. INVEREX Ltda.
- Ref. 72 [G10] Esquema Pozo PB-4. INVEREX Ltda.
- Ref. 73 [G11] Esquema Pozo PB-5. INVEREX Ltda.
- Ref. 74 [G12] Esquema Pozo PB-6. INVEREX Ltda.
- Ref. 75 [G13] Sondaje SV-09-01. Campaña de Prospecciones Geotécnicas, Informe Técnico, Ingeniería de Detalles, Optimización Depósitos de Relaves Mantos Blancos. Documento N° 97.6606.44. Vector Chile Limitada. Abril 2010. Rev. 0.
- Ref. 76 [G14] Sondaje SV-09-02. Campaña de Prospecciones Geotécnicas, Informe Técnico, Ingeniería de Detalles, Optimización Depósitos de Relaves Mantos Blancos. Documento N° 97.6606.44. Vector Chile Limitada, abril 2010. Rev. 0.

- Ref. 77 [G15] Sondaje SV-09-03. Campaña de Prospecciones Geotécnicas, Informe Técnico, Ingeniería de Detalles, Optimización Depósitos de Relaves Mantos Blancos. Documento N° 97.6606.44. Vector Chile Limitada, abril 2010. Rev. 0.
- Ref. 78 [G16] Sondaje SV-09-04. Campaña de Prospecciones Geotécnicas, Informe Técnico, Ingeniería de detalles, Optimización Depósitos de Relaves Mantos Blancos. Documento N° 97.6606.44. Vector Chile Limitada, abril 2010. Rev. 0.
- Ref. 79 [G17] Sondaje SV-09-05. Campaña de Prospecciones Geotécnicas, Informe Técnico, Ingeniería de Detalles, Optimización Depósitos de Relaves Mantos Blancos. Documento N° 97.6606.44. Vector Chile Limitada, abril 2010. Rev. 0.
- Ref. 80 [G18] Sondaje SV-09-06. Campaña de Prospecciones Geotécnicas, Informe Técnico, Ingeniería de Detalles, Optimización Depósitos de Relaves Mantos Blancos. Documento N° 97.6606.44. Vector Chile Limitada, abril 2010. Rev. 0.
- Ref. 81 [H] Fotografías Históricas (Hycon, SAF, IKONOS, UAV) 1955 a 2017.
- Ref. 82 [I] Topografía ANF.
- Ref. 83 [J01] Actualización Línea Base Ambiental Mantos Blancos. Bordoli & Consultores Asociados E.I.R.L., diciembre 2013.
- Ref. 84 [J02] Declaración de Impacto Ambiental. Proyecto Optimización Disposición de Relaves Mantos Blancos. Documento N° 1492153309\_DIA\_Relaves\_rev2. Golder Associates. Abril 2015. Rev. 2.
- Ref. 85 [J03] ADENDA 1. Proyecto Optimización Disposición de Relaves Mantos Blancos. Documento N° 149 215 3309\_Adenda1\_Rev0. Golder Associates. Agosto 2015. Rev. 0.
- Ref. 86 [J04] ADENDA complementaria. Proyecto Optimización Disposición de Relaves Mantos Blancos. Documento N° 149 215 3309 Adenda2 Rev0. Golder Associates. Febrero 2016. Rev. 0.
- Ref. 87 [K01] Planos Perfil Depósito de Relaves MB.pdf (1997).
- Ref. 88 [K02] Informe Técnico, Caracterización Geotécnica Relaves y Material de Estéril. Estudio de Factibilidad Depósito de Relaves Para Construcción 2016-2030. Documento N° DMBL-RP-800-GO-0006. AMEC Foster Wheeler. 07 de noviembre de 2015. Rev. B.
- Ref. 89 [K03] Informe Técnico, Caracterización Geotécnica Terreno de Fundación. Estudio de Factibilidad Depósito de Relaves Para Construcción 2016-2030. Documento N° DMBL-RPT-391-GO-0004. AMEC Foster Wheeler. 03 de abril de 2017. Rev. P1.

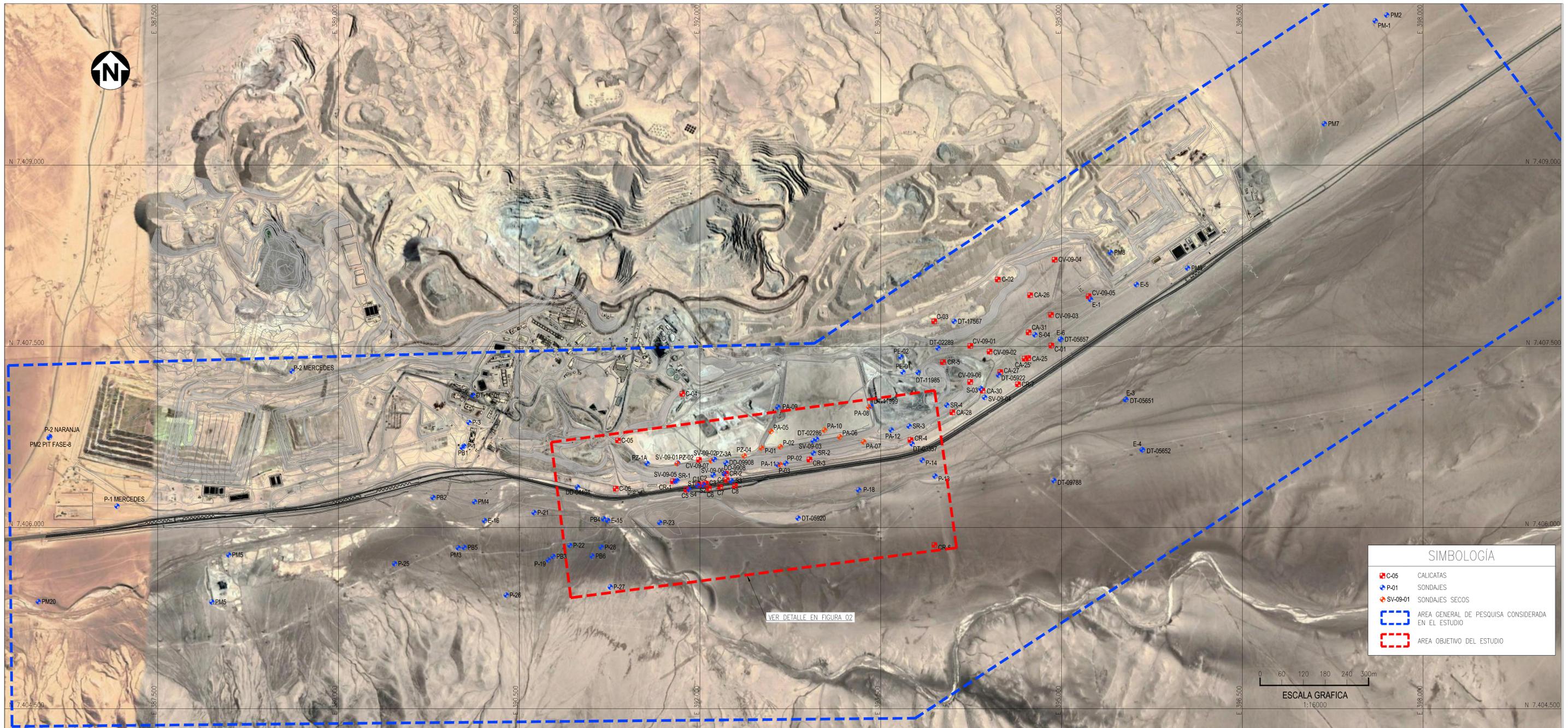
- 
- Ref. 90 [K04] Informe de Resultados Campaña Geotécnica Mantos Blancos. Documento N° 8150-RPT-FCT-001 B. FUGRO Chile S.A. 03 de noviembre de 2017. Rev. B.
- Ref. 91 [K05] Informe de Resultados Campaña Geotécnica Mantos Blancos. Documento N° 8150-RPT-FCT-002 B. FUGRO Chile S.A. 07 de noviembre de 2017. Rev. B.
- Ref. 92 [K06] Informe Técnico, Caracterización Geotécnica Terreno de Fundación Depósito de Relaves Gruesos. Estudio de Factibilidad Depósito de Relaves Para Construcción 2016-2030. Documento N° DMBL-RPT-391-GO-0213. AMEC Foster Wheeler. 24 de noviembre de 2017. Rev. P.
- Ref. 93 [K07] Informe Técnico, Caracterización Geotécnica Terreno de Fundación Depósito de Relaves Finos Pit Fase 8. Estudio de Factibilidad Depósito de Relaves Para Construcción 2016-2030. Documento N° DMBL-RPT-391-GO-0004. AMEC Foster Wheeler. 06 de agosto de 2021. Rev. P4.

---

## 12.0 ANEXOS

ANEXO A

PLANO GENERAL DE UBICACIÓN DE SONDAJES Y CALICATAS



SIMBOLOGÍA	
<span style="color: red;">■</span>	CALICATAS
<span style="color: blue;">■</span>	SONDAJES
<span style="color: red;">■</span>	SONDAJES SECOS
<span style="border: 1px dashed blue; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	AREA GENERAL DE PESQUISA CONSIDERADA EN EL ESTUDIO
<span style="border: 1px dashed red; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	AREA OBJETIVO DEL ESTUDIO

**UBICACION DE SONDAJES Y CALICATAS SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO**

ESC. 1:16.000

CUADRO DE COORDENADAS - SONDAJES SECOS		
SONDAJE	NORTE	ESTE
P-01	7.406.657	392.510
P-02	7.406.668	392.666
P-03	7.406.520	392.665
PA-05	7.406.796	392.588
PA-06	7.406.750	393.160
PA-07	7.406.709	393.358
PA-08	7.406.520	393.401
PA-10	7.406.807	393.032
PZ-04	7.406.592	392.366
SV-09-01	7.406.529	391.810
SV-09-02	7.406.553	392.092

CUADRO DE COORDENADAS - SONDAJES CON AGUA		
SONDAJE	NORTE	ESTE
DD-9908	7.406.445	392.201
P-1 MERCEDES	7.406.177	387.162
P-2 MERCEDES	7.407.295	388.613
P-2 NARANJA	7.406.753	386.603
PA-11	7.406.520	392.645
PA-12	7.406.807	393.587
PP-02	7.406.531	392.711
PZ-1A	7.406.530	391.561
PZ-3A	7.406.564	392.119
SV-09-03	7.406.718	392.939
SV-09-04	7.407.077	394.362
SV-09-05	7.406.382	391.797
SV-09-06	7.406.433	392.109

CUADRO DE COORDENADAS SONDAJES MINEROS		
SONDAJE	NORTE	ESTE
DT-02286	7.406.731	392.967
DT-02289	7.407.485	393.975
DT-03357	7.406.692	393.759
DT-05651	7.407.061	395.533
DT-05652	7.406.643	395.671
DT-05657	7.407.557	394.994
DT-05920	7.406.077	392.814
DT-05922	7.407.262	394.477
DT-09788	7.406.388	394.936
DT-11985	7.407.284	393.809
DT-11999	7.407.006	393.419
DT-17567	7.407.707	394.109
P-13	7.406.426	393.949
P-14	7.406.557	393.844

CUADRO DE COORDENADAS SONDAJES FUGRO 2017		
SONDAJE	NORTE	ESTE
S-03	7.407.151	394.329
S-04	7.407.596	394.779

CUADRO DE COORDENADAS SONDAJES ROWE 1997		
SONDAJE	NORTE	ESTE
SR-1	7.406.388	391.809
SR-2	7.406.616	392.940
SR-3	7.406.839	393.735
SR-4	7.407.013	394.048
SR-5	7.407.973	394.612

CUADRO DE COORDENADAS SONDAJES ASISTEC		
SONDAJE	NORTE	ESTE
S1	7.406.348	391.979
S2	7.406.354	392.029
S3	7.406.385	392.261
S4	7.406.315	391.906

CUADRO DE COORDENADAS CALICATAS FEL 2015		
CALICAYA	NORTE	ESTE
C-01	7.407.507	394.915
C-02	7.408.054	394.471
C-03	7.407.707	393.944
C-04	7.407.107	391.853
C-05	7.406.721	391.320
C-06	7.406.322	391.301

CUADRO DE COORDENADAS CALICATAS ROWE 1997		
CALICATA	NORTE	ESTE
CR-1	7.406.383	391.776
CR-2	7.406.446	392.215
CR-3	7.406.563	392.908
CR-4	7.406.725	393.747
CR-5	7.407.369	394.016
CR-6	7.405.855	393.945
CR-7	7.407.186	394.639

CUADRO DE COORDENADAS CALICATAS ASISTEC		
CALICATA	NORTE	ESTE
C1	7.406.353	391.987
C2	7.406.357	392.021
C3	7.406.364	392.050
C4	7.406.394	392.221
C5	7.406.313	391.888
C6	7.406.324	392.072
C7	7.406.336	392.167
C8	7.406.346	392.290

CUADRO DE COORDENADAS CALICATAS FUGRO 2017		
CALICATA	NORTE	ESTE
CA-25	7.407.403	394.724
CA-26	7.407.924	394.739
CA-27	7.407.287	394.491
CA-28	7.406.954	394.094
CA-25'	7.407.398	394.695
CA-30	7.407.134	394.344
CA-31	7.407.616	394.727

CUADRO DE COORDENADAS CALICATAS VECTOR 2009		
CALICATA	NORTE	ESTE
CV-09-01	7.407.504	394.243
CV-09-02	7.407.456	394.403
CV-09-03	7.407.761	394.913
CV-09-04	7.408.217	394.943
CV-09-05	7.407.915	395.225
CV-09-06	7.407.205	394.242
CV-09-07	7.406.559	391.992

CUADRO DE COORDENADAS - BDD GENERAL		
SONDAJE	NORTE	ESTE
DT-14507	7.407.095	390.115
E-1	7.407.888	395.241
E-15	7.406.058	391.235
E-16	7.406.057	390.212
E-3	7.407.059	395.532
E-4	7.406.644	395.668
E-5	7.408.012	395.621
E-6	7.407.558	394.991
P-1	7.406.674	390.041
P-18	7.406.311	393.316
P-19	7.405.731	390.740
P-21	7.406.123	390.623
P-22	7.405.852	390.920
P-23	7.406.040	391.666
P-25	7.405.700	389.466
P-26	7.405.440	390.392
P-27	7.405.507	391.255
P-28	7.405.837	391.180

CUADRO DE COORDENADAS - BDD GENERAL		
SONDAJE	NORTE	ESTE
P-3	7.406.870	390.083
PA-09	7.406.997	392.645
PB1	7.406.662	390.028
PB2	7.406.248	389.785
PB3	7.405.760	390.781
PB4	7.406.071	391.200
PB5	7.405.835	390.043
PB6	7.405.763	391.105
PE-01	7.407.287	393.683
PE-02	7.407.412	393.666
PM-1	7.410.196	397.603
PM2	7.410.243	397.698
PM2 PIT FASE-8	7.406.743	386.598
PM20	7.405.386	386.509
PM3	7.405.831	389.993
PM4	7.406.213	390.129
PM5	7.405.383	387.949
PM6	7.405.773	388.089

CUADRO DE COORDENADAS - BDD GENERAL		
SONDAJE	NORTE	ESTE
PM7	7.409.343	397.180
PM8	7.408.278	395.405
PM9	7.408.148	396.045
PZ-02	7.406.533	391.815

DOCUMENTOS	REFERENCIAS
E40242 - FIGURA 02	PLANTA AREA OBJETIVO ESTUDIO

NOTAS	
1.	DIMENSIONES EN METRO (SIC).
2.	SE UTILIZA SISTEMA COORDENADO UTM WGS-84, HUSO 19S.
3.	TOPOGRAFIA DE AGUIERDO AL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO 1:1.000, PROPORCIONADO POR DMB (21.MARZO.2016) EN ARCHIVO CURVAS_PLANIMETRIA3D_WGS84.DWG.

Nº	FECHA	REVISIONES
△	05/09/21	PARA USO
△	03/09/21	REVISION DEL CLIENTE
△	31/08/21	REVISION INTERNA

CONTRATISTA: **wood.**

DIBUJO/PROYECTO	NOMBRE	FIRMA Y FECHA
INGENIERO REVISOR	F. CARRASCO	
JEFE DE DISCIPLINA	F. CARRASCO	
JEFE DE PROYECTO	C. BRAEM	
APROBO	-	-
APROBO	-	-

CLIENTE: **MANTOS COPPER**  
MANTOS BLANCOS

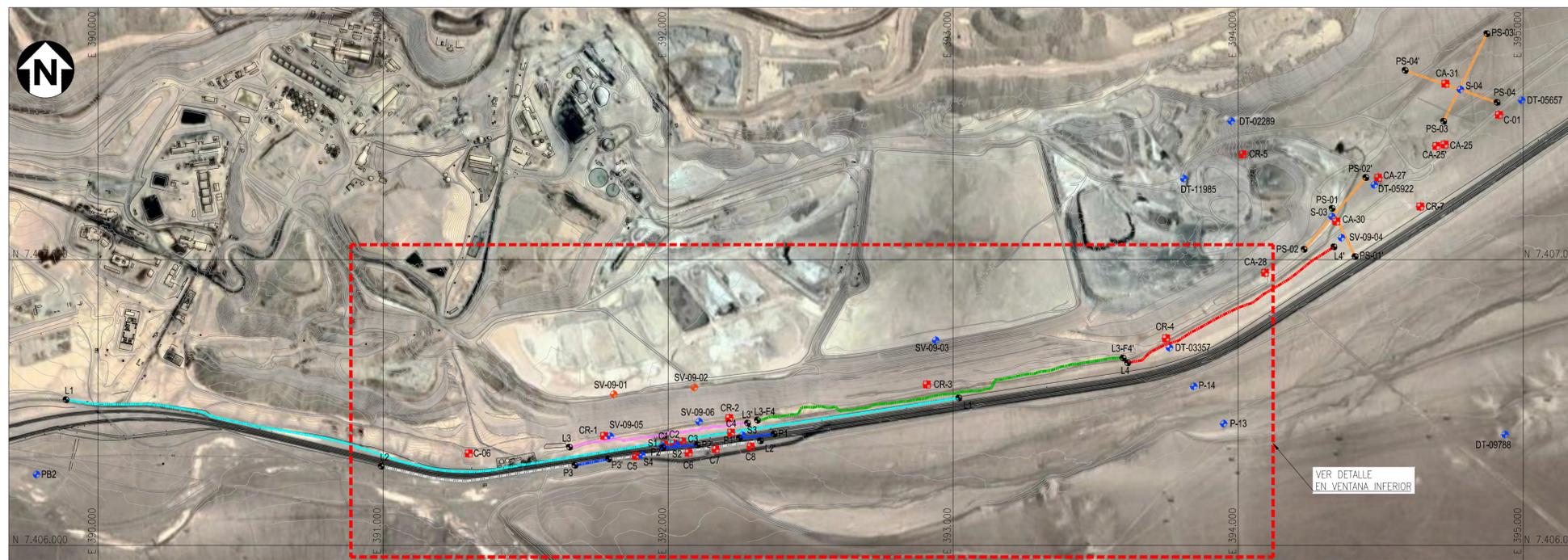
PROYECTO: CARACTERIZACION DE SUELOS COLINDANTES A FAENA MANTOS BLANCOS

TITULO: PLANO DE UBICACION DE SONDAJES Y CALICATAS PLANTA GENERAL

ESCALA: INDICADAS PLANO Nº: FIGURA 01 REVISION: 0

pw:\S60-4517-global\amec.com\E40242\Documents\10\_Gch\0100\_Geotechnical - Relieves (Tronques)\05\_ Issues\3\_ Issues\3\_ FSC4-0704-CAD-0004.dwg

PLANO LOCAL DE UBICACIÓN DE SONDAJES, CALICATAS Y GEOFÍSICA



PLANTA GENERAL  
ESC 1:10.000

0 100 200 300 400 500m  
ESCALA GRAFICA  
1:10000

SIMBOLOGÍA	
■ C1	CALICATAS
◆ S1	SONDAJES
◆ SV-09-01	SONDAJES SECOS
● P1	VERTICE INICIO LINEA GEOFISICA
● P1'	VERTICE FIN LINEA GEOFISICA
—	LINEA GEOFISICA CMS EXPLORACIONES (AGOSTO 2020)
—	LINEA GEOFISICA ERT WELLFIELD SERVICES (AGOSTO 2020)
—	LINEA GEOFISICA ERT WELLFIELD SERVICES (AGOSTO 2020)
—	LINEA GEOFISICA GEODATOS (MAYO 2019)
—	LINEA GEOFISICA GEODATOS (OCTUBRE 2019)
—	LINEA GEOFISICA GEODATOS (OCTUBRE 2019)
—	LINEA GEOFISICA FUGRO (OCTUBRE 2017)

CUADRO DE COORDENADAS - LINEAS GEOFISICAS		
VERTICE	NORTE	ESTE
L1	7.406.510	389.888
L1'	7.406.516	393.020
L2	7.406.277	390.994
L2'	7.406.366	392.324
L3	7.406.656	393.596
L3'	7.406.438	392.313
L4	7.406.639	393.612
L4'	7.407.045	394.336
P1	7.406.390	392.372
P1'	7.406.375	392.250
P2	7.406.342	391.982
P2'	7.406.351	392.103
P3	7.406.280	391.673
P3'	7.406.302	391.792
PS-01	7.407.180	394.329
PS-01'	7.407.011	394.410
PS-02	7.407.036	394.231
PS-02'	7.407.288	394.447
PS-03	7.407.482	394.717
PS-03'	7.407.788	394.873
PS-04	7.407.543	394.910
PS-04'	7.407.661	394.584



DETALLE UBICACION DE SONDAJES, CALICATAS Y GEOFISICA SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO  
ESC 1:5.000

0 50 100 150 200 250m  
ESCALA GRAFICA  
1:5000

CONTRATISTA:		<b>wood.</b>		CLIENTE:	<b>MANTOS COPPER</b> MANTOS BLANCOS	
DIBUJO/PROYECTO		B. CIMINO		PROYECTO:		
INGENIERO REVISOR		F. CARRASCO		CARACTERIZACION DE SUELOS COLINDANTES A FAENA MANTOS BLANCOS		
JEFE DE DISCIPLINA		F. CARRASCO		TITULO:		
JEFE DE PROYECTO		C. BRAEM		PLANO DE UBICACION DE SONDAJES, CALICATAS Y GEOFISICA PLANTA AREA OBJETIVO ESTUDIO		
APROBO		-		ESCALA:		
APROBO		-		PLANO N°:		
N° PLANO AMEC-FW:		E40242		REVISION		
				INDICADAS		
				FIGURA 02		
				0		

- DIMENSIONES EN METRO (SIC).
- SE UTILIZA SISTEMA COORDENADO UTM WGS-84, HUSO 19S.
- TOPOGRAFIA DE ACUERDO AL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO 1:1.000, PROPORCIONADO POR DMB (21.MARZO.2016) EN ARCHIVO CURVAS\_PLANIMETRIA3D\_WGS84.DWG.

N°	FECHA	REVISIONES	PROY	ING	JD	JP
△	05/09/21	PARA USO				
△	03/09/21	REVISION DEL CLIENTE	BCL	CB/FC	CB/FC	FC
△	31/08/21	REVISION INTERNA	BCL	CB/FC	CB/FC	FC

DOCUMENTOS	REFERENCIAS
E40242 - FIGURA 01	PLANTA GENERAL SONDAJES Y CALICATAS

NOTAS

ANEXO B

PLANILLA DE SONDAJES Y CALICATAS SELECCIONADOS PARA EL ESTUDIO

Sondaje [ID]	Coordenadas		Elevación Collar [m s.n.m.]	Longitud [m]	Estratigrafía			Referencia [Nro.]	
	Norte	Este			Desde [m]	Hasta [m]	Espesor [m]		Litología
	UTM WGS 84								
S-04	7.407.596	394.779	841,00	30,00	0,00	8,00	8,00	(SM) Arena media a gruesa algo limosa de compacidad muy densa, color café. Algunas gravas de cantos angulares a subangulares de tamaño Máximo 2". Tramos cementados de arena media a fina con grava pequeña angular de tamaño medio 5 mm. Trazos de caliche.	89
					8,00	30,00	22,00	(SP) Grava en matriz de arena muy densa. El tamaño de la grava está comprendido entre 1/2 y 2", con cantos angulares a subangulares.	
DT-05657	7.407.558	394.994	826,16	166,00	0,00	100,00	100,00	Rocas aluvionales.	91
DT-05651	7.407.061	395.533	814,84	236,00	100,00	166,00	66,00	Dacita.	
					0,00	184,00	184,00	Rocas aluviales.	
					184,00	233,00	49,00	Dacita.	
DT-05652	7.406.643	395.671	834,53	192,00	233,00	236,00	3,00	Andesita basal.	
					1,00	106,00	105,00	Rocas aluviales.	
DT-05922	7.407.262	394.477	828,34	201,00	106,00	192,00	86,00	Dacita afanítica.	
					0,00	193,50	193,50	Rocas aluvionales.	
DT-02289	7.407.485	393.975	851,42	420,00	193,50	201,00	7,50	Dacita regional.	
					0,00	7,50	7,50	Sin recuperación.	
					7,50	22,50	15,00	Riodacita superior.	
					22,50	64,00	41,50	Dacita.	
					64,00	90,00	26,00	Dacita porfídica.	
					90,00	129,00	39,00	Dacita.	
					129,00	163,50	34,50	Dacita porfídica.	
					163,50	166,50	3,00	Dique andesítico Plag.	
					166,50	394,50	228,00	Dacita porfídica.	
394,50	420,00	25,50	Dacita cuarcífera brechosa.						
S-03	7.407.151	394.329	833	45,00	0,00	13,00	13,00	Arena media a gruesa algo limosa compacidad muy densa, color café. Algunas gravas de cantos angulares a subangulares de tamaño máximo 2". Tramos cementados de arena media a fina con grava pequeña angular de tamaño medio 5 mm.	89
					13,00	45,00	32,00	Grava en matriz de arena muy densa. El tamaño de la grava está comprendido entre 1/2 y 2", con cantos angulares a subangulares.	
SV-09-04	7.407.077	394.361	823,36	20,00	0,00	3,00	3,00	Arena gruesa de color café, nula plasticidad, sin humedad, compacidad muy firme, estructura heterogénea con presencia de caliche y gravas de tamaño máximo 3/8" de cantos subangulares	77
					3,00	20,00	17,00	Grava en matriz arenosa de color café, nula plasticidad, humedad baja, compacidad muy densa, estructura homogénea con presencia de escaso caliche (cementado) y gravas de tamaño máximo de patículas de 1/2" a 3/4" de cantos subangulares	
DT-09788	7.406.388	394.936	843,89	301,50	0,00	3,00	3,00	Rellenos	91
					3,00	13,50	10,50	Andesita superior brechosa.	
					13,50	15,00	1,50	Diques andesíticos.	
					15,00	58,50	43,50	Andesita superior brechosa.	
					58,50	61,50	3,00	Diques andesíticos.	
					61,50	67,50	6,00	Andesita superior brechosa.	
					67,50	69,00	1,50	Diques andesíticos.	
					69,00	127,50	58,50	Andesita superior brechosa.	
127,50	301,50	174,00	Andesita porfídica regional.						
DT-11985	7.407.284	393.809	883,77	300,00	0,00	62,00	62,00	Sin recuperación.	
					62,00	84,00	22,00	Rellenos.	
					84,00	300,00	216,00	Riodacita.	
DT-03357	7.406.692	393.759	821,47	250,00	0,00	231,00	231,00	Rocas aluvionales.	
					231,00	250,00	19,00	Roca.	
P-14	7.406.557	393.844	816,09	260,00	0,00	230,00	230,00	Rocas aluviales.	
					230,00	260,00	30,00	Roca.	
P-13	7.406.426	393.949	809,81	215,00	0,00	177,00	177,00	Rocas aluviales.	
					177,00	215,00	38,00	Roca.	
SV-09-03	7.406.718	392.939	876,50	90,00	0,00	62,94	62,94	Grava arenosa (material de relleno)	76
					62,94	70,00	7,06	Arena gruesa (caliche) de color café claro-blancuzco, estructura homogénea, de	
					70,00	75,60	5,60	Grava arenosa de color café, plasticidad nula, con partículas de tamaño máximo	
					75,60	90,00	14,40	Grava matriz arenosa (brecha) de color café, compacidad muy alta, de cemento	
					0,00	81,30	81,30	Riodacita superior	
					81,30	83,30	2,00	Dique andesita. Andesita	
					83,30	88,40	5,10	Riodacita superior	
					88,40	101,40	13,00	Dique andesita. Andesita	
					101,40	118,00	16,60	Riodacita superior	
					118,00	119,60	1,60	Dique andesita. Andesita	
					119,60	152,20	32,60	Riodacita superior	
					152,20	156,80	4,60	Dique andesita. Andesita	
					156,80	173,90	17,10	Riodacita superior	
					173,90	189,60	15,70	Dique andesita. Andesita	
					189,60	193,60	4,00	Riodacita superior	
					193,60	197,20	3,60	Dique andesita. Andesita	
					197,20	238,30	41,10	Riodacita superior	
					238,30	247,80	9,50	Dique andesita. Andesita	

Sondaje [ID]	Coordenadas		Elevación Collar [m s.n.m.]	Longitud [m]	Estratigrafía			Referencia [Nro.]	
	Norte	Este			Desde [m]	Hasta [m]	Espesor [m]		Litología
	UTM WGS 84								
DD-09908	7.406.535	392.215	659,51	573,95	247,80	254,90	7,10	Riodacita superior	55
					254,90	256,20	1,30	Dique andesita. Andesita	
					256,20	268,40	12,20	Riodacita superior	
					268,40	269,10	0,70	Dique andesita. Andesita	
					269,10	277,80	8,70	Riodacita superior	
					277,80	278,70	0,90	Dique andesita. Andesita	
					278,70	295,50	16,80	Riodacita superior	
					295,50	304,90	9,40	Dique diorítico	
					304,90	324,00	19,10	Riodacita superior	
					324,00	327,10	3,10	Dique andesita. Andesita	
					327,10	357,50	30,40	Riodacita superior	
					357,50	396,00	38,50	Dacita porfídica	
					396,00	398,50	2,50	Dique andesita. Andesita	
					398,50	504,00	105,50	Dacita porfídica	
					504,00	507,00	3,00	Dique andesita. Andesita	
					507,00	508,50	1,50	Andesita inferior	
					508,50	512,00	3,50	Dique andesita. Andesita	
					512,00	513,50	1,50	Dacita porfídica	
					513,50	516,50	3,00	Dique andesita. Andesita	
					516,50	525,00	8,50	Andesita inferior	
525,00	528,50	3,50	Dique andesita. Andesita						
528,50	573,95	45,45	Andesita inferior						
					0,00	1,30	1,30	Asfalto de 26 centímetros, relleno de gravas y arenas gruesas de 12 centímetros, color pardo, seguido por otra capa de asfalto de 6 centímetros, con relleno de arena gruesa y gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo y blanco, humedad baja, plasticidad nula.	
					1,30	1,75	0,45	Arena gruesa a fina, color pardo claro, blanquecina, humedad baja, plasticidad nula, compacidad firme, olor sulfuroso, PH 6,0	
					1,75	2,30	0,55	Arena gruesa a fina, color pardo claro, y blanquecina, humedad baja, plasticidad nula, olor sulfuroso, PH 6,0	
					2,30	2,53	0,23	Arena gruesa a fina, color pardo claro, y blanquecina, humedad baja, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 6,0	
					2,53	3,30	0,77	Arena gruesa a fina color pardo claro y blanquecino, seguido de arena arcillosa gruesa, humedad baja, plasticidad nula.	
					3,30	3,67	0,37	Arena gruesa arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad muy densa, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00	
					3,67	4,30	0,63	Arena gruesa arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula.	
					4,30	4,75	0,45	Arena gruesa arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad muy suelta, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00	
					4,75	5,30	0,55	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula.	
					5,30	5,75	0,45	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad muy firme, olor sulfuroso, PH 5,5.	
					5,75	6,30	0,55	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00	
					6,30	6,75	0,45	Arena arcillosa gruesa a media, con presencia de gravillas y gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00	
					6,75	7,30	0,55	Arena arcillosa gruesa a media, con presencia de gravillas y gravas medias de cantos angulares de 2" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					7,30	7,57	0,27	Arena arcillosa gruesa a media, con presencia de gravillas y gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso. PH 5,5 a 6,00	
					7,57	8,30	0,73	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravas gruesas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					8,30	8,41	0,11	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso. PH 5,5 a 6,00.	

Sondaje [ID]	Coordenadas		Elevación Collar [m s.n.m.]	Longitud [m]	Estratigrafía			Referencia [Nro.]	
	Norte	Este			Desde [m]	Hasta [m]	Espesor [m]		Litología
	UTM WGS 84								
SP-03	7.406.385	392.261			8,41	9,30	0,89	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas gruesas a medias de cantos angulares de 1½", humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	6
					9,30	9,41	0,11	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas gruesas a medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso. PH 5,5 a 6,00	
					9,41	10,30	0,89	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas gruesas a media de cantos angulares de 1" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					10,30	10,40	0,10	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas gruesas a media de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00.	
					10,40	11,30	0,90	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de ¾ " tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					11,30	11,38	0,08	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de ¾ " tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso. PH 5,5 a 6,00	
					11,38	12,30	0,92	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de ¾ " tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso. PH 5,5 a 6,00	
					12,30	12,42	0,12	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de ¾ " tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, compacidad densa, olor sulfuroso. PH 5,5 a 6,00	
					12,42	13,30	0,88	Arena gruesa a fina arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas gruesas a medias de cantos angulares de 1" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					13,30	13,48	0,18	Arena gruesa a fina arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso. PH 5,5 a 6,00	
					13,48	14,30	0,82	Arena media a gruesa arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas gruesas a media de cantos angulares de 2" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					14,30	14,39	0,09	Arena gruesa a a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00	
					14,39	15,00	0,61	Arena gruesa a a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas medias de cantos angulares de 2" tamaño máximo, humedad media, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					15,00	15,14	0,14	Arena media a gruesa arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas media de cantos angulares de ½" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso. PH 5,5 a 6,00	
15,14	16,00	0,86	Arena media a gruesa arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas gruesas a media de cantos angulares de 1" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso						

Sondaje [ID]	Coordenadas		Elevación Collar [m s.n.m.]	Longitud [m]	Estratigrafía			Referencia [Nro.]	
	Norte	Este			Desde [m]	Hasta [m]	Espesor [m]		Litología
	UTM WGS 84								
					16,00	16,08	0,08	Arena media a gruesa arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas media de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00	
					16,08	17,00	0,92	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas de 1½" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					17,00	17,10	0,10	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00.	
					17,10	18,00	0,90	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas medias de cantos angulares de 1" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso.	
					18,00	19,00	1,00	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1½" y bolones de 3" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					19,00	20,00	1,00	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					20,00	21,00	1,00	Conglomerado de gravillas y gravas de cantos angulares de 1" tamaño máximo, en matriz de arcilla arenosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad alta.	
					21,00	22,00	1,00	Conglomerado de gravillas y gravas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, en matriz de arena gruesa arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					22,00	23,00	1,00	Arena gruesa arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					23,00	24,00	1,00	Conglomerado de gravillas y gravas gruesas de cantos angulares de 1" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					24,00	25,00	1,00	Conglomerado de gravillas y gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					25,00	26,00	1,00	Conglomerado de gravillas y gravas gruesas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, en matriz de arena gruesa arcillosa, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					26,00	27,00	1,00	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravillas y gravas gruesas de cantos angulares de 1" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					27,00	27,17	0,17	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravillas y gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso. PH 5,00 a 5,5.	
					27,17	28,00	0,83	Gravillas y gravas gruesas de cantos angulares de 2" tamaño máximo, arena gruesa arcillosa, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					28,00	29,00	1,00	Conglomerado de gravillas y gravas gruesas de cantos angulares de 2" tamaño máximo, en matriz de arena gruesa arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					29,00	29,07	0,07	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravillas y gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso. PH 5,5 a 6,00.	
					29,07	30,00	0,93	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravillas y gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					0,00	72,00	72,00	Grava arenosa (material de relleno)	
					72,00	75,45	3,45	Limo algo arenoso de color café, plasticidad nula, humedad media, de estructura homogénea	

Sondaje [ID]	Coordenadas		Elevación Collar [m s.n.m.]	Longitud [m]	Estratigrafía				Referencia [Nro.]
	Norte	Este			Desde [m]	Hasta [m]	Espesor [m]	Litología	
	UTM WGS 84								
SV-09-02	7.406.553	392.092	881	85,22	75,45	85,00	9,55	Arena gruesa (caliche) de color café claro-blancuzco, estructura homogénea, de cementación media a alta.	75
					85,00	85,22	0,22	Grava de matriz de arena gruesa, color café claro, compacidad muy densa, humedad baja y estructura heterogénea, con gravas de tamaño máximo 3/8" y 1/2" de cantos subangulares	
SV-09-06	7.406.433	392.109	800	20,00	0,00	0,45	0,45	Limo arenoso de color café blancuzco, consistencia firme, humedad nula, estructura homogénea.	79
					0,45	7,20	6,75	Arena media a gruesa, color café claro, compacidad muy densa, plasticidad baja, estructura homogénea, presencia de gravas de tamaño máximo 1"	
					7,20	20,20	13,00	Grava arenosa de color café, compacidad muy densa, humedad alta, escasa presencia de finos. Tamaño máximo de 1" de cantos sibredondeados	
					0,00	1,20	1,20	Asfalto hasta los 10 centímetros, relleno de arena gruesa y gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo, humedad media, continuando con 7 centímetros de asfalto, seguido de arena arcillosa y caliche	
					1,20	2,20	1,00	Caliche compuesto de arena gruesa y sales minerales, color pardo, negro y blanco, humedad baja, plasticidad nula.	
					2,20	3,50	1,30	Arena fina a gruesa, olor blanco y pardo, humedad baja, plasticidad nula, seguido de un banco de arena gruesa a media con presencia de gravas dispersas de cantos angulares de ¾" tamaño máximo	
					3,50	3,95	0,45	Arena gruesa a media, color pardo oscuro y claro, con presencia de gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, humedad baja, plasticidad nula, compacidad muy densa, olor sulfuroso PH 5,5 a 6,00	
					3,95	4,50	0,55	Arena gruesa a media arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravas dispersas gruesas de cantos angulares de 2½" tamaño máximo, humedad baja, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					4,50	4,95	0,45	Arena gruesa arcillosa, color pardo, con presencia de gravas dispersas de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, humedad baja, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00	
					4,95	5,50	0,55	Gravas gruesas a medias de cantos angulares de 2" tamaño máximo en matriz de arena gruesa arcillosa, color pardo oscuro y claro, humedad media, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					5,50	5,59	0,09	Arena gruesa arcillosa, con presencia de gravillas y gravas medias angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad media a alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00	
					5,59	6,14	0,55	Gravas arenosas y arcillosas, de cantos angulares de 2" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad media a alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					6,14	7,10	0,96	Grava arenosa y arcillosa de cantos angulares de 2½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					7,10	8,10	1,00	Grava arenosa y arcillosa, gruesa a media, color pardo oscuro, de cantos angulares de 2" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					8,10	8,21	0,11	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravillas dispersas angulares, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00	
					8,21	9,00	0,79	Gravas medias de cantos angulares de 1½" tamaño máximo con arena gruesa arcillosa, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
9,00	9,18	0,18	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravillas dispersas angulares, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00						

Sondaje [ID]	Coordenadas		Elevación Collar [m s.n.m.]	Longitud [m]	Estratigrafía			Referencia [Nro.]	
	Norte	Este			Desde [m]	Hasta [m]	Espesor [m]		Litología
	UTM WGS 84								
SP-02	7.406.354	392.029			9,18	10,00	0,82	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravas dispersas de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuro	6
					10,00	10,43	0,43	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravillas dispersas angulares, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad muy densa, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00	
					10,43	11,00	0,57	Gravas medias de cantos angulares de 1" tamaño máximo con arena gruesa arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					11,00	12,00	1,00	Arena arcillosa gruesa a media, con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 2½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad ninguna, olor sulfuroso	
					12,00	12,13	0,13	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravillas y gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00	
					12,13	13,13	1,00	Conglomerado de gravas gruesas a media de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, en matriz de arena gruesa arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula	
					13,13	14,13	1,00	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravas gruesa a media de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					14,13	15,13	1,00	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravas gruesa a media de cantos angulares de 2" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					15,13	16,00	0,87	Gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					16,00	16,14	0,14	Arena gruesa arcillosa color pardo oscuro, con presencia de gravas medias de cantos redondeados de ¾" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00	
					16,14	17,00	0,86	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravas medias dispersas de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					17,00	17,12	0,12	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00	
					17,12	18,00	0,88	Arena arcillosa gruesa a media, con presencia de gravas dispersas de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					18,00	18,10	0,10	Arena gruesa arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas angulares, humedad alta, plasticidad nula, compacidad alta, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00	
					18,10	19,10	1,00	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					0,00	1,50	1,50	Asfalto hasta los 10 centímetros, relleno de gravas de cantos angulares de 2½" tamaño máximo y arena gruesa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula	
					1,50	2,20	0,70	Gravas angulares de 2½" tamaño máximo, en matriz de arena bien graduada, olor pardo a gris, humedad media a alta, plasticidad nula.	
					2,20	2,65	0,45	Arena media a gruesa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas, humedad alta, plasticidad nula, compacidad muy firme, olor sulfuroso PH 4,5 a 5,00	
					2,65	3,10	0,45	Arena media a gruesa, color pardo oscuro a gris, con presencia de gravillas y gravas angulares de ¾" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	

Sondaje [ID]	Coordenadas		Elevación Collar [m s.n.m.]	Longitud [m]	Estratigrafía			Referencia [Nro.]	
	Norte	Este			Desde [m]	Hasta [m]	Espesor [m]		Litología
	UTM WGS 84								
					3,10	3,24	0,14	Arena media a gruesa, color pardo oscuro a gris, con presencia de gravillas y gravas angulares de ¾" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso PH 4,00 a 4,5	
					3,24	3,80	0,56	Gravas medias de cantos angulares de 2" tamaño máximo y arena, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					3,80	4,25	0,45	Arena arcillosa bien graduada con presencia de gravillas, color pardo y gris, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso PH 4,0 a 4,5	
					4,25	4,75	0,50	Gravas angulares y semiangulares de 2½" tamaño máximo, en matriz de arena limosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					4,75	5,20	0,45	Arena arcillosa gruesa a media, color pardo y gris, humedad alta, plasticidad nula, compacidad suelta, olor sulfuroso PH 4,0 a 4,5	
					5,20	5,75	0,55	Arena arcillosa gruesa a media, con presencia de gravas de 2" tamaño máximo, color pardo y gris, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					5,75	6,20	0,45	Arena arcillosa arenosa, bien graduada, con presencia de gravillas, color pardo y gris, humedad alta, plasticidad nula, compacidad muy densa, olor sulfuroso, PH 4,5 a 5,00	
					6,20	6,75	0,55	Arena arcillosa con presencia de gravas de cantos angulares de 1" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					6,75	7,20	0,45	Arena con presencia de gravas de cantos angulares, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad muy firme, olor sulfuroso PH 5,00 a 5,5	
					7,20	7,75	0,55	Gravas arenosas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad ninguna, olor sulfuroso	
					7,75	7,87	0,12	Arena bien graduada con presencia de gravillas, color pardo y gris, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso PH 4,5 a 5,00	
					7,87	8,42	0,55	Gravas gruesas y medias arenosas de cantos angulares de 2" tamaño máximo, color pardo claro, humedad media, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					8,42	8,66	0,24	Gravillas arenosa y arcillosa, color pardo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso PH 4.5 a 5.00	
					8,66	9,66	1,00	Gravas gruesas a medias arenosa y arcillosa de cantos angulares de 2" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					9,66	9,71	0,05	Arena con presencia de gravillas, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso PH 5,00 a 5,5	
					9,71	10,17	0,46	Arena arcillosa con presencia de gravas de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					10,17	11,26	1,09	Arena arcillosa con presencia de gravas de cantos angulares de 1" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					11,26	12,26	1,00	Arena arcillosa con presencia de gravas dispersas de cantos angulares de 2½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					12,26	12,39	0,13	Arena arcillosa con presencia de gravillas angulares, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso PH 5.0 a 5,5	
					12,39	13,39	1,00	Arena arcillosa en una base de gravas arenosas arcillosas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, color pardo oscuro a claro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	

Sondaje [ID]	Coordenadas		Elevación Collar [m s.n.m.]	Longitud [m]	Estratigrafía			Referencia [Nro.]	
	Norte	Este			Desde [m]	Hasta [m]	Espesor [m]		Litología
	UTM WGS 84								
SP-1	7.406.348	391.979			13,39	14,50	1,11	Conglomerado de gravas de cantos angulares de 2½" y bolones dispersos de 3½" tamaño máximo, en matriz de arena arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	6
					14,50	15,50	1,00	Conglomerado de gravillas de cantos angulares y sales en matriz de arena arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuros	
					15,50	15,63	0,13	Arena arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso PH 5,0 a 5,5	
					15,63	16,63	1,00	Conglomerado de gravas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, en matriz de arena arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					16,63	16,70	0,07	Arena arcillosa con presencia de gravillas angulares, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso PH 4,5 a 5,0	
					16,70	18,00	1,30	Arena arcillosa fina a gruesa de cantos angulares de 2" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuros	
					18,00	19,00	1,00	Arena arcillosa fina a gruesa con presencia de gravillas angulares, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso PH 5,00 a 5,5.	
					19,00	20,10	1,10	Arena arcillosa fina a gruesa con presencia de gravas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					20,10	20,27	0,17	Arena arcillosa fina a gruesa, con presencia de gravillas angulares, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,5 a 6,00	
					20,27	21,27	1,00	Arena arcillosa fina a gruesa con presencia de gravas dispersas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					21,27	21,34	0,07	Arena arcillosa fina a gruesa con presencia de gravas dispersas de cantos angulares de 1" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso. PH 5,0 a 5,5	
					21,34	22,34	1,00	Arena arcillosa fina a gruesa con presencia de gravillas y gravas dispersas de cantos angulares de 1" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					22,34	23,54	1,20	Conglomerado de arena arcillosa de fina a gruesa, gravillas y gravas de cantos angulares de 2" tamaño máximo, sales minerales y caliche, color pardo oscuro a claro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso, PH 5,00 a 5,5	
					23,54	24,54	1,00	Arena arcillosa fina a gruesa, con presencia de gravillas angulares, gravas gruesa a media de cantos angulares de 2½" tamaño máximo, color pardo oscuro a claro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					24,54	24,60	0,06	Arena arcillosa fina a gruesa, con presencia de gravillas, gravas de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso PH 5,0 a 5,5	
					24,60	25,60	1,00	Conglomerado de gravillas y gravas gruesas a medias de cantos angulares de 2½" tamaño máximo, en matriz de arena arcillosa fina a gruesa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					25,60	25,68	0,08	Gravillas y gravas medias de cantos angulares de ¾ " tamaño máximo, en matriz de arena arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad ninguna, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,0 a 5,5	
					25,68	26,68	1,00	Gravas medias de cantos angulares de 2½" tamaño máximo, en matriz de arena arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad ninguna, olor sulfuroso.	
26,68	27,68	1,00	Conglomerado de arena fin a gruesa con presencia de gravas de cantos angulares de 2½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.						

Sondaje [ID]	Coordenadas		Elevación Collar [m s.n.m.]	Longitud [m]	Estratigrafía			Referencia [Nro.]	
	Norte	Este			Desde [m]	Hasta [m]	Espesor [m]		Litología
	UTM WGS 84								
					27,68	27,74	0,06	Arena gruesa a fina con presencia de gravillas y gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,0 a 5,5	
					27,74	28,74	1,00	Arena gruesa a fina con presencia de gravas medias y gruesas de cantos angulares de 2½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso.	
					28,74	29,74	1,00	Gravas arenosas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					29,74	30,00	0,26	Gravas arenosas arcillosas de cantos angulares de 2" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					0,00	1,00	1,00	Relleno de 2 centímetros de arena gruesa y gravillas angulares, seguido de arena media arcillosa, color pardo oscuro y blanco, humedad baja, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					1,00	1,45	0,45	Arena media a gruesa, color pardo oscuro, con presencia de gravillas angulares, humedad baja, plasticidad nula, compacidad suelta, olor sulfuroso PH 5,5 a 6,00	
					1,45	2,00	0,55	Arena arcillosa media a gruesa con presencia de gravillas y gravas medias dispersas de 1" tamaño máximo, color pardo oscuro, media, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					2,00	2,45	0,45	Arena media, color pardo oscuro, humedad media, plasticidad nula, compacidad suelta, olor sulfuroso PH 5,5 a 6,00	
					2,45	3,00	0,55	Arena media arcillosa con presencia de gravas medias dispersas de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo claro y blanco, humedad media, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					3,00	3,45	0,45	Arena arcillosa media a gruesa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso. PH 5,5 a 6,00.	
					3,45	4,00	0,55	Arena arcillosa gruesa a media, color pardo oscuro, gris y blanco, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					4,00	4,45	0,45	Arena arcillosa gruesa a media, color pardo oscuro y gris, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso, PH 5,00 a 5,55	
					4,45	5,00	0,55	Arena arcillosa media a gruesa, con presencia de gravillas angulares, color pardo oscuro y gris, humedad alta, plasticidad nula.	
					5,00	5,45	0,45	Arena arcillosa gruesa a media, con presencia de gravas medias dispersas de ½" y gravillas de cantos angulares, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso, PH 5,00 a 5,55	
					5,45	6,00	0,55	Arena arcillosa gruesa a media con presencia de gravillas y gravas media a gruesa de cantos angulares de 2" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					6,00	6,45	0,45	Arena arcillosa gruesa a media con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de ½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso. PH 5,00 a 5,5	
					6,45	7,00	0,55	Arena arcillosa gruesa a media con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de ½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					7,00	7,29	0,29	Arena arcillosa gruesa a media, con presencia de gravillas angulares, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,00 a 5,5	
					7,29	8,00	0,71	Arena arcillosa gruesa a media con presencia de gravillas y gravas medias angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					8,00	8,08	0,08	Arena arcillosa gruesa con presencia de gravillas y gravas angulares de ½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso. PH 5,00 a 5,5	

Sondaje [ID]	Coordenadas		Elevación Collar [m s.n.m.]	Longitud [m]	Estratigrafía			Referencia [Nro.]	
	Norte	Este			Desde [m]	Hasta [m]	Espesor [m]		Litología
	UTM WGS 84								
SP-04	7.406.315	391.906			8,08	9,00	0,92	Arena arcillosa media a gruesa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad alta, olor sulfuroso	6
					9,00	9,45	0,45	Arena arcillosa media a gruesa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de ½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad alta, compacidad muy densa, olor sulfuroso, PH 5,00 a 5,5	
					9,45	10,00	0,55	Arena arcillosa gruesa a media con presencia de gravillas y gravas media de cantos angulares de ½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					10,00	10,29	0,29	Arena arcillosa gruesa a media con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso, PH 5,00 a 5,5	
					10,29	11,00	0,71	Arena arcillosa gruesa a media con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					11,00	11,12	0,12	Arena arcillosa gruesa a media con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso, PH 5,00 a 5,5	
					11,12	12,00	0,88	Conglomerado de gravillas y gravas gruesas de cantos angulares y subangulares de 2¼" tamaño máximo, en matriz de arena gruesa arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					12,00	12,10	0,10	Arena arcillosa gruesa con presencia de gravillas y gravas media de cantos angulares de ½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,00 a 5,5.	
					12,10	13,00	0,90	Conglomerado de gravillas y gravas gruesas de cantos angulares y subangulares de 1½" tamaño máximo, en matriz de arena gruesa arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					13,00	13,08	0,08	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravillas y gravas medias de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,00 a 5,5	
					13,08	14,00	0,92	Conglomerado de gravillas y gravas gruesas de cantos angulares de 1" tamaño máximo, en matriz de arena gruesa arcillosa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuros	
					14,00	14,04	0,04	Arena arcillosa gruesa a media con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de ½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,00 a 5,5	
					14,04	15,00	0,96	Arena arcillosa media a gruesa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					15,00	16,00	1,00	Arena arcillosa media a gruesa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					16,00	17,00	1,00	Conglomerado de gravillas y gravas de cantos angulares de 2" tamaño máximo, en matriz de arena media a gruesa, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					17,00	18,00	1,00	Arena arcillosa media a gruesa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 2" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
18,00	19,00	1,00	Arena arcillosa media con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.						
19,00	19,06	0,06	Arena media arcillosa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,00 a 5,5						

Sondaje [ID]	Coordenadas		Elevación Collar [m s.n.m.]	Longitud [m]	Estratigrafía			Referencia [Nro.]	
	Norte	Este			Desde [m]	Hasta [m]	Espesor [m]		Litología
	UTM WGS 84								
					19,06	20,00	0,94	Arena media a gruesa arcillosa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso.	
					20,00	20,07	0,07	Arena arcillosa media a gruesa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso. PH 5,00 a 5,5	
					20,07	21,00	0,93	Arena arcillosa gruesa, con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					21,00	22,00	1,00	Conglomerado de gravillas y gravas de cantos angulares de 2½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					22,00	22,05	0,05	Arena arcillosa media a gruesa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso, PH 5,00 a 5,5	
					22,05	23,00	0,95	Arena arcillosa media a gruesa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					23,00	24,00	1,00	Arena media a gruesa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					24,00	25,00	1,00	Arena media arcillosa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 2" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					25,00	26,00	1,00	Arena arcillosa media a a gruesa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 2" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					26,00	27,00	1,00	Arena arcillosa media a a gruesa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					27,00	28,00	1,00	Conglomerado de gravillas y gravas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					28,00	28,08	0,08	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravillas, y gravas de cantos angulares de ½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,00 a 5,5	
					28,08	29,00	0,92	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravillas, y gravas de cantos angulares de 1" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					29,00	30,00	1,00	Arena arcillosa media a gruesa, con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					30,00	31,00	1,00	Arena arcillosa media a gruesa, con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 2½" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					31,00	31,12	0,12	Arena gruesa arcillosa con presencia de gravillas angulares, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,00 a 5,5	
					31,12	32,00	0,88	Arena arcillosa media a gruesa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					32,00	33,00	1,00	Arena arcillosa media a gruesa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					33,00	34,00	1,00	Arena arcillosa media a gruesa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 2½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	

Sondaje [ID]	Coordenadas		Elevación Collar [m s.n.m.]	Longitud [m]	Estratigrafía			Referencia [Nro.]	
	Norte	Este			Desde [m]	Hasta [m]	Espesor [m]		Litología
	UTM WGS 84								
					34,00	35,00	1,00	Arena arcillosa media a gruesa, con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 2" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					35,00	36,00	1,00	Arena arcillosa media a gruesa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					36,00	37,00	1,00	Arena arcillosa de media a gruesa, con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso.	
					37,00	37,20	0,20	Arena arcillosa media a gruesa color pardo oscuro, con presencia de sales minerales, gravillas y gravas de cantos angulares de ¾" tamaño máximo, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,00 a 5,5	
					37,20	38,00	0,80	Arena arcillosa media a gruesa, con presencia de gravillas, gravas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo y sales minerales, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					38,00	39,00	1,00	Arena gruesa arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de sales minerales, gravillas y gravas de cantos angulares de 2", humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
					39,00	39,22	0,22	Arena gruesa arcillosa, color pardo oscuro, con presencia de sales minerales, gravillas angulares, humedad alta, plasticidad nula, compacidad densa, olor sulfuroso, PH 5,55 a 5,5	
					39,22	40,00	0,78	Arena arcillosa media a gruesa con presencia de gravillas y gravas de cantos angulares de 1½" tamaño máximo, color pardo oscuro, humedad alta, plasticidad nula, olor sulfuroso	
SV-09-01	7.406.529	391.810	881,04	70,45	0,00	55,45	55,45	Grava arenosa (material de relleno)	74
					55,45	60,00	4,55	Arena gruesa (caliche) de color café claro-blancuzco, estructura homogéna, de	
					60,00	60,70	0,70	Grava en matriz arenosa (conglomerado) de color café blnacruzco, cementación	
SV-09-05	7.406.382	391.797	792,72	20,00	60,70	70,45	9,75	Roca volcánica sana de color café grisácea fracturada. Desde cota 60,70 a 65,50	78
					0,00	14,85	14,85	Grava en matriz arenosa de color café, nula plasticidad, humedad baja a nula, c	
PB-2	7.406.248	389.785	775,67		0,00	26,00	26,00	Gravas finas a gruesas, Sub-angulares a Subredondeadas con arena de grano fino a medio.	28
					26,00	44,00	18,00	Gravilla fina y media subredondeada compuesta de rocas lávicas y arena fina.	
					44,00	68,00	24,00	Gravilla media subangular de rocas lávicas y otros líticos.	
					68,00	87,00	19,00	Arena grano medio a grueso subangular regular clasificación.	
					87,00	96,00	9,00	Gravas- Gravillas subangulares a subredondeadas con presencia de arcillas.	
					96,00	107,00	11,00	Arcilla gris parduzca con textura fina plástica.	
					107,00	119,00	12,00	Grava de gruesa a media, arena grano medio, arcilla 5% a 30%.	
DD-04494	7.406.334	390.982	786,30	518,20	119,00	130,00	11,00	Roca basal meteorizada y fracturada.	55
					0,00	28,40	28,40	Riodacita superior	
					28,40	29,40	1,00	Dique andesita. Andesita	
					29,40	110,70	81,30	Riodacita superior	
					110,70	112,90	2,20	Dique diorítico	
					112,90	133,60	20,70	Riodacita superior	
					133,60	134,20	0,60	Dique andesita. Andesita	
					134,20	136,20	2,00	Dique andeista plagioclasa	
					136,20	140,30	4,10	Dique andesita. Andesita	
					140,30	232,40	92,10	Riodacita superior	
					232,40	238,70	6,30	Dique andesita. Andesita	
					238,70	240,40	1,70	Dique diorítico	
					240,40	364,00	123,60	Riodacita superior	
					364,00	370,90	6,90	Andesita superior brechosa	
					370,90	381,60	10,70	Riodacita superior	
					381,60	382,30	0,70	Dique andesita. Andesita	
					382,30	402,00	19,70	Riodacita superior	
					402,00	403,00	1,00	Dique andesita. Andesita	
					403,00	418,40	15,40	Riodacita superior	
					418,40	430,80	12,40	Dacita porfídica	
					430,80	431,60	0,80	Litología dudosa	
					431,60	436,10	4,50	Dacita porfídica	
					436,10	437,10	1,00	Dique andesítico. Manch.	
					437,10	440,00	2,90	Dacita porfídica	
					440,00	441,30	1,30	Litología dudosa	
					441,30	458,30	17,00	Diqueoicoítico	
					458,30	463,40	5,10	Diqueoicoítico	

Sondaje [ID]	Coordenadas		Elevación Collar [m s.n.m.]	Longitud [m]	Estratigrafía				Referencia [Nro.]
	Norte	Este			Desde [m]	Hasta [m]	Espesor [m]	Litología	
	UTM WGS 84								
					463,40	468,00	4,60	Dacita porfídica	
					468,00	482,00	14,00	Pórfido riodacítico	
					482,00	496,20	14,20	Dique andesita. Andesita	
					496,20	506,60	10,40	Pórfido riodacítico	
					506,60	507,40	0,80	Diqueoicoítico	
					507,40	511,20	3,80	Pórfido riodacítico	
					511,20	517,20	6,00	Dique andesita. Andesita	
					517,20	518,20	1,00	Pórfido riodacítico	
P-1	7.406.152	387.149		92,00	0,00	92,00	92,00	Sobrecarga natural (suelo)	63
					0,00	40,50	40,50	Sobrecarga Natural (T.N)	
P-2	7.406.753	386.603	782,36	112,00	40,50	43,00	2,50	Roca transición	65
					43,00	112,00	69,00	Basamento Rocoso	

Sondaje [ID]	Coordenadas		Profundidad [m]	Elevación [m]	Fecha	Desde [m]	Hasta [m]	Espesor [m]	Litología	Humedad	Ensayos	Referencia [Nro.]
	Norte	Este										
	UTM WGS 84											
CA-26	7.407.924	394.739	1,30	858,00	29 ago.2017	0,00	0,20	0,20	SM	Seco	Cono arena, Porchet, Peso unitario, Cloruros, Sulfatos, sales solubles, Triaxial CIU y CID, Colapso.	89
						0,20	1,30	1,10	SM (Caliche)	Seco		
CA-31	7.407.615	394.728	1,70	842,00	30 ago. 2017	0,00	0,50	0,50	Relleno	Seco	Cono arena.	89
						0,50	0,70	0,20	SM (Chusca)	Seco		
C-01	7.407.508	394.915	1,30		7 jul. 2015	0,00	0,30	0,30	SW	Seco	Granulometría, Límites, Clasificación, Humedad, Gs, DMCS, Cloruros, Sulfatos, sales solubles, Consolidación.	87
						0,30	1,30	1,00	Caliche	Seco	Peso unitario, Cloruros, Sulfatos, sales solubles, DMCS, Corte directo, Cono de arena.	
CA-25	7.407.403	394.724	1,20	835,00	30 ago. 2017	0,00	0,20	0,20	SM (Chusca)	Seco	Peso unitario, Cloruros, Sulfatos, sales solubles, Triaxial CIU, Colapso.	89
						0,20	1,20	1,00	SM (Caliche)	Seco		
CA-25'	7.407.398	394.695	1,60	833,00	30 ago. 2017	0,00	1,00	1,00	SM	Seco	Cloruros, Sulfatos, sales solubles.	89
						1,00	1,20	0,20	SM (Chusca)	Seco		
CA-27	7.407.287	394.491	2,60	834,00	30 ago. 2017	0,00	1,80	1,80	SM	Seco	Granulometría, Límites, Clasificación, Humedad, Gs, DMCS.	89
						1,80	1,90	0,10	SM (Chusca)	Seco	Cloruros, Sulfatos, sales solubles.	
CR-7	7.407.186	394.639	2,50	823,79	2007	1,50	2,50	1,00			Cloruros, Sulfatos, sales solubles.	91
						0,00	0,10	0,10	Relleno	Seco		
CA-30	7.407.134	394.344	0,90	826,00	30 ago. 2017	0,10	0,30	0,20	SM (Chusca)	Seco	Cono arena, Porchet, Granulometría, Límites, Clasificación, Humedad, Gs, DMCS, Cloruros, Sulfatos, sales solubles.	89
						0,30	0,90	0,60	SM (Caliche)	Seco		
CR-5	7.407.369	394.016	0,60	835,10	2007	0,30	0,60	0,30	ML		Clasificación completa, Peso unitario, Cloruros, Sulfatos, sales solubles.	91
CA-28	7.406.954	394.094	3,60	835,00	30 ago. 2017	0,00	0,30	0,30	Relleno	Seco	Cono arena, Peso unitario, Cloruros, Sulfatos, sales solubles, Colapso.	89
						0,30	0,50	0,20	SM (Chusca)	Humedo		
CR-4	7.406.725	393.747	2,20	816,05	2007	0,40	1,00	0,60	ML		Clasificación completa, Peso unitario.	91
						1,50	2,20	0,70	ML		Clasificación completa, Peso unitario, Cloruros, Sulfatos, sales solubles.	
CR-3	7.406.563	392.908	3,80	810,70	2007	0,50	0,80	0,30	SM (ML)		Clasificación completa, Cloruros, Sulfatos, sales solubles.	91
C8	7.406.346	392.290	6,50			0,00	5,50	5,50	Caliche			6
						5,50	6,50	1,00				
CR-2	7.406.446	392.215	3,00	801,11	2007	0,30	3,00	2,70	SM		Clasificación completa, Cloruros, Sulfatos, sales solubles.	91
C4	7.406.394	392.221	5,50			0,00	0,40	0,40	Caliche			6
						4,00	5,50	1,50				
C7	7.406.336	392.167	4,50			0,00	2,40	2,40	Caliche			6
						2,40	4,50	2,10				
C3	7.406.364	392.050	2,50			0,00	1,80	1,80	Caliche			6
						1,80	2,50	0,70				
C6	7.406.324	392.072	2,00			0,00	1,20	1,20	Caliche			6
						1,20	2,00	0,80				
C2	7.406.357	392.021	2,00			0,00	1,20	1,20	Caliche			6
						1,20	2,00	0,80				
C1	7.406.353	391.987	2,00			0,00	0,50	0,50	Caliche			6
						0,50	2,00	1,50				
C5	7.406.313	391.888	2,70			0,00	1,10	1,10	Caliche			6
						1,10	2,70	1,60				
CR-1	7.406.383	391.776	2,50	792,42	2007	0,50	1,00	0,50	SM		Clasificación completa, Cloruros, Sulfatos, sales solubles.	91

Sondaje [ID]	Coordenadas		Profundidad [m]	Elevación [m]	Fecha	Desde [m]	Hasta [m]	Espesor [m]	Litología	Humedad	Ensayos	Referencia [Nro.]
	Norte	Este										
	UTM WGS 84											
C-06	7.406.329	391.288	1,50		1 jul. 2015	1,50	2,50	1,00	GM		Clasificación completa	87
						0,00	1,50	1,50	SM	Seco		
						1,50	1,50	0,00	Caliche	Seco	Peso unitario.	

