



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS APLICADAS



Licenciatura en Geología

*ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE
CALIZA EN EL FRENTE DE
EXPLOTACIÓN OESTE DEL NIVEL
550 DE LA CANTERA DOÑA
AMALIA, EL ALTO, CATAMARCA*

Alumna: ROCÍO MARIEL ALVAREZ - MUN° 00641

Director: Lic. Marchioli Alfredo Ariel – UNCa

Co-Directora: Lic. Luna Tula Gabriela – UNCa

Asesores: Lic. Pellegrini Cesar Javier – Lic. Viñao Gisela Aldana – Ing. Sebastiani Diego Ignacio

INDICE

RESUMEN.....	3
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	4
I.1. Generalidades	4
I.2. Planteamiento del problema	4
I.3. Objetivos generales y específicos	6
I.4. Estructura del trabajo	6
CAPITULO II: MARCO GEOLÓGICO	8
II.1. Antecedentes	8
II.2. Marco fisiográfico	10
II.3. Marco Geológico	19
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	32
III.1. Etapa 1: Recopilación y análisis preliminar.....	32
III.2. Etapa 2: Trabajo en campo	33
III.3. Etapa 3: Procesamiento de datos y obtención de resultados.....	37
CAPITULO IV: RESULTADOS ALCANZADOS.....	41
IV.1. Determinación del Estándar Cal (Calidad Cementera de la Caliza).....	41
IV.2. Relaciones estructurales – geoquímicas	45
IV.3. Relaciones a profundidad.....	47
CAPITULO V: CONCLUSIONES	51
V.1. Conclusiones	51
V.2. Recomendaciones	52
BIBLIOGRAFÍA.....	53
ANEXOS.....	54
FIGURAS.....	61
TABLAS.....	62

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad cementera de la caliza (STDCal) del actual frente de explotación Oeste del nivel 550 de la cantera de caliza Doña Amalia, explotada por Loma Negra CIASA para la fabricación de cemento, a través del análisis geoespacial de los sondajes exploratorios de los años 2014, 2019 y 2020 y variables geológicas asociadas, control de campo, y estimación de calidad, mediante modelos matemáticos. La cantera está ubicada en la Calera, departamento El Alto, provincia de Catamarca,

En la primera etapa se realizaron tareas de recopilación y análisis de los resultados de los sondajes 2014 (Diamantina), 2019 y 2020 (Aire reverso), extraídos de los informes de exploración realizados por la empresa Loma Negra CIASA, los que permiten generar una base de datos en software GIS. La segunda etapa consiste en el levantamiento de campo, que incluyó el relevamiento de datos estructurales, control de topografía, y representación gráfica a partir de curvas de isovalores de estándar cal. Mientras que en la tercera etapa se efectuó la estimación de la calidad cementera de la caliza del frente de explotación Oeste del nivel 550 a través de dos métodos diferentes (Curvas isovalores y Modelo de Bloques) para ajustar la cubicación y calidad del recurso minero incluido en el plan de explotación 2024. Para ello, se consideraron las relaciones estructurales y geoquímicas. Finalmente se interpretaron y modelaron gráficamente los resultados, en planos y perfiles, del frente de explotación evaluado.

Como resultado de los estudios, se estableció una diferencia menor al 2,5% entre los dos métodos utilizados para la estimación de la calidad, obteniendo un STDCal que varía entre 114,7 a 116,7 para 1.366.988Tn de caliza equivalente.

A partir de la interpretación de la distribución de los rangos de calidad fue posible inferir la presencia de estructuras que ofician de guías con respecto a la calidad promedio de los pozos, aunque con ciertas limitaciones de continuidad de los niveles de isovalores por lo que es viable proyectar tendencias de STDCal con respecto a las principales estructuras geológicas.

La tendencia de calidad en el nivel de explotación estudiado tiene mínimos STDCal de 80 con picos de 300, que presentan su principal heterogeneidad en sentido Este-Oeste, con valores bajos en el Este y altos hacia el Oeste, lo que cede planificar la explotación de manera sustentable. Esta aptitud permite -determinada la calidad- combinar los niveles para alcanzar la calidad cementera óptima el proceso de fabricación, 101 STDCal.

Se espera que el presente trabajo sea un gran aporte para la planificación de la explotación de la caliza de la cantera Doña Amalia en el frente estudiado y un precedente metodológico para ser aplicado en otros niveles y sectores de esta cantera, y en otras canteras de Loma Negra con calizas cristalinas.

Palabras claves: Cantera Doña Amalia, Caliza, STDCal, calidad.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

I.1. Generalidades

El área de estudio es el sector Oeste del nivel 550 localizado en la propiedad de Loma Negra CIASA, Cantera Doña Amalia, La Calera, departamento El Alto, provincia de Catamarca.

La cantera fue descubierta por Alfredo Fortabat y comienza su explotación en el año 1980: Con el pasar de los años se fueron realizando diferentes tareas de exploración y explotación, disponiéndose actualmente de 6 niveles de explotación: 550, 565, 585, 600, 615 y 625 (Pellegrini J., 2013), en el que se incluye la proyección -a corto plazo- de un séptimo nivel inferior, denominado 535.

A lo largo de éstos 40 años, la cantera ha presentado complejidades técnicas, producto de su estructura geológica, provocando incertidumbre en la explotación (con métodos regulares, sin criterio geológico) por la distribución de los óxidos (CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2) que conforman al STDCal, proveyendo materiales muy heterogéneos en calidad, con la consecuente corrección en el proceso.

Hace pocos años se decidió profundizar el conocimiento en estos puntos, fortaleciendo las campañas de exploración a través de sondajes a diamantina cada cierta cantidad de años y anualmente sondajes de aire reverso, obteniendo mayor información de la distribución de la calidad de los materiales en los frentes incluidos en el plan de minado de la cantera, lo que permitió mejorar actualizaciones del modelo de bloques y precisión de los recursos y reservas de mineral disponible. Sin embargo, no se contaba con una metodología precisa para estimar y zonificar la calidad de los diferentes niveles. En los últimos años, el área de Geología Corporativa y el Área de Cantera de Planta Catamarca acordaron empezar a utilizar nuevas metodologías para lograr aprovechar al máximo los recursos mineros de la cantera, como así también contratando profesionales geólogos y mineros.

La presente investigación tiene como propósito, continuar con la línea de investigación para un mayor conocimiento de la cantera y proponer una metodología para predecir la calidad cementera de uno de los niveles más complejos, del frente de explotación Oeste del nivel 550, validar su aptitud para ser aplicada en el resto de los niveles y detectar potenciales relaciones geoquímicas - estructurales, como mejora continua de la explotación de esta cantera, inédita en las operaciones de la compañía.

I.2. Planteamiento del problema

Las tareas de investigación buscaron mejorar el conocimiento de la calidad a través del análisis de la caliza de este sector de la cantera, utilizando metodologías que puedan ser aplicadas en el resto de los frentes de explotación, con el propósito de lograr una extracción mejor planificada, que permita un mayor aprovechamiento de las reservas materiales y un rendimiento económico favorable.

La Cantera Doña Amalia se haya emplazada en la propiedad inmobiliaria de Loma Negra CIASA, en el departamento El Alto, provincia de Catamarca, de coordenadas planas (Sistema POSGAR 1994 Argentina Faja 3, Proyección UTM zona 20S): (3575676; 6851415).

Loma Negra Compañía Industrial Argentina SA es una empresa de origen argentino y principal fabricante de cemento, hormigón y cal del país. Su historia comienza en 1926 con el descubrimiento de grandes depósitos de piedra caliza por Alfredo Fortabat en su Estancia San Jacinto, lo que lleva a su decisión de abrir una fábrica de cemento en la cercana aldea pampeana de Loma Negra (sur de Olavarría). La coloración del material calcáreo lleva a Fortabat a bautizar a su nueva empresa *Loma Negra*.

La Cantera Doña Amalia inició su actividad productiva, en la fábrica actual de El Alto, en el año 1980, donde la compañía abrió su primera instalación de cemento Portland. La cantera catamarqueña recibe el nombre "Doña Amalia" en honor a María Amalia Lacroze de Fortabat, esposa de Alfredo Fortabat. El yacimiento está compuesto por una secuencia sedimentaria, depositada en ambiente marino, que fueron afectadas por diferentes eventos metamórficos y fases tectónicas, que produjeron cambios físicos, químicos y estructurales a grandes y pequeñas escalas.

La litología de interés minero es la caliza cristalina (Miembro La Calera), la que se encuentra en contacto, en techo y base, con esquistos correspondientes al metamorfismo regional de bajo a mediano grado.

La caliza, al igual que las otras litologías, fue afectada por el metamorfismo regional, produciendo discontinuidades geoquímicas en los óxidos de interés económico de la industria cementera (CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 y SiO_2), que le otorgan un carácter heterogéneo al STDCal.

No se registraron patrones o asociaciones geológicas que permitan comprender o predecir el comportamiento del contenido de cal y óxidos incidentes en la calidad cementera de la roca. La complejidad es agravada por las deformaciones de las rocas, donde coexisten pliegues y fallas, que influyen bruscamente en la disposición de las unidades, su geoquímica y, por ende, su STDCal.

Esta variabilidad en la calidad cementera, se manifiesta como una dificultad para el mayor aprovechamiento y rendimiento económico de los materiales explotados en la cantera Doña Amalia, destinados a la fabricación de cemento tipo portland.

Un área seleccionada particularmente para atender esta problemática, corresponde al frente de explotación Oeste del nivel 550, incluido en el plan de minado de mediano plazo (4 años). En este contexto, el presente estudio propuso determinar anticipadamente su STDCal para disponer de la información geológico-minera necesaria para la toma de decisiones estratégicas de corto y mediano plazo.

I.3. Objetivos generales y específicos

Objetivo general

- ❖ Determinar el estándar cal, a partir del estudio de las calizas, ubicadas en el frente de explotación Oeste del nivel 550, con el objeto de ser aplicado en próximos bancos a corto y mediano plazo de cantera Doña Amalia y otras canteras de calizas pertenecientes a la Empresa Loma Negra CIASA.

Objetivos específicos

- ❖ Recopilar y analizar antecedentes bibliográficos del área de trabajo.
- ❖ Integrar y relacionar los sondajes históricos (Diamantina 2014) con los sondajes 2019 y 2020.
- ❖ Releva estructuras principales, secundarias y contactos litológicos de las unidades de interés geológico-minero.
- ❖ Interpretar los sondajes 2019 y 2020 del área sometida a estudio, cuyos resultados químicos fueron obtenidos por el laboratorio de Loma Negra.
- ❖ Estimar las relaciones petrológica-química-estructural de las unidades de interés.
- ❖ Elaborar perfiles de distribución de valores de STDCal a escalas adecuadas a las necesidades 1:100.
- ❖ Calcular la calidad media del nivel y las toneladas disponibles para plan de minado anual.
- ❖ Elaborar cartografía geológica-estructural y mapas temáticos con curvas de isovalores de STDCal, a escala 1:2000.

I.4. Estructura del trabajo

El presente trabajo se confeccionó en 5 capítulos principales, teniendo en cuenta el reglamento de trabajo final vigente (Ordenanza N°008/2015) de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas; ordenándose los temas de la siguiente manera:

CAPITULO I – INTRODUCCIÓN

Se expone de manera general el tema que se aborda en el trabajo, incluyendo el planteamiento del problema, los objetivos y la estructura elegida a desarrollar de manera que se oriente al lector sobre las temáticas que se desarrollarán en los siguientes capítulos.

CAPITULO II – MARCO GEOLÓGICO

Se presenta el estado de la zona de trabajo, incluyendo el marco geográfico con la información de la ubicación, orografía, clima, suelo y vegetación, y el marco geológico con la información de la geología regional, geología local y estructural con la finalidad de brindar las bases teóricas del presente trabajo.

CAPITULO III – METODOLOGÍA

Se compone de una descripción de las actividades realizadas en tres principales etapas de acuerdo al cronograma propuesto en el proyecto de TF en donde se incluyen:

Gabinete preliminar:

- Recopilación de datos de sondajes históricos de Diamantina 2014.
- Recopilación de datos de los sondajes de aire reverso 2019 y 2020: Los datos químicos obtenidos se utilizan para calcular el STDCal.
- Generación de base de datos con QGIS y ArcGIS.

Trabajo de Campo:

- Reconocimiento general de la zona y demarcación de los límites.
- Mapeo estructural en afloramientos naturales y exposiciones de roca del frente de la explotación.
- Muestreo puntual en estructuras o zonas de interés.
- Utilización de datos obtenidos de perforaciones de infill con perforadora de aire reverso.

Gabinete de procesamiento:

- Interpretación y representación gráfica de los datos químicos brindados por el laboratorio: con el STDCal obtenido se realizan curvas de Isovalores, las cuales unen puntos de igual STDCal y posteriormente se convierten en bloques de diferentes calidades de los cuales se calcula calidad media y Tn.
- Confección de mapas mediante el uso de QGIS y ArcGIS.
- Representación en 3D de sondajes con Surpac y Leapfrog mining.
- Elaboración de cartografía final a escala 1:2000.
- Generación de informe final.

CAPITULO IV – RESULTADOS ALCANZADOS

Se realiza, a partir de lo elaborado en el capítulo anterior, una descripción y presentación de los resultados con su correspondiente interpretación, como así también los mapas y perfiles obtenidos.

CAPITULO V – CONCLUSIONES

En este capítulo se expresan las conclusiones alcanzadas en el desarrollo del trabajo, junto a las recomendaciones para lograr los propósitos de la presente investigación. Complementando la estructura del mismo con Bibliografía, anexos, figuras y tablas.

CAPITULO II: MARCO GEOLÓGICO

II.1. Antecedentes

En la Cantera Doña Amalia se explota caliza para la producción y comercialización de cemento desde 1980 siendo Loma Negra la principal productora de Argentina. En diciembre de 2018 se estimó una vida útil de 35,8 años con reservas probadas de 65,7 Mt de piedra caliza, con una cantidad similar de reservas probables (56,2Mt).

Hasta hace no más de 2 años (2019) la explotación de la cantera era tradicional con planificación ajustada en función de los cambios litológicos lo que provocaba una explotación poco eficiente y estudio de las reservas, generando escaso conocimiento sobre la calidad de la Caliza lo que por ende provocaba mucha incertidumbre y errores al momento de extraer el material para la conformación de cemento y en algunos la sobreexplotación de frentes activos en comparación con otros.

El último plan importante de sondaje fue realizado en 2014 por la empresa SMGA con la descripción completa del yacimiento y realización de perforaciones de diamantina, cuya interpretación sirvió principalmente para conocer la posición y potencia del cuerpo calcáreo.

Posteriormente la empresa comenzó a comprender la importancia de generar información anualmente para mejorar la explotación de la Cantera, por lo cual se ponen en marcha nuevos estudios y metodologías para cambiar dicha situación

En 2019 inicia el Sondaje anual, ejecutándose 224 pozos a profundidad de 21 metros obteniendo 1 muestra cada 3 metros perforados con aire reverso; al mismo tiempo la empresa adquiere un analizador de neutrones controlado (CNA) que sirve para evaluar el STDCal de la piedra que se envía desde la cantera para la conformación del cemento; se maneja por computadora y muestra los datos químicos en óxidos en intervalos de 2 minutos, permite una respuesta rápida ante valores de calidad no requeridos y combinado con la interpretación de los resultados de los sondajes posibilita manejar de manera sustentable las reservas.

A partir del año 2019 se continuaron con los sondajes anuales; En 2020 se perforaron 91 pozos y se proyectaron los pozos a sondear en 2021, tendiente a poseer un conocimiento integral de la cantera, lo que permitió planificar la explotación, generando una base de datos de la información (que antes no existía, o no estaba ordenada) incorporando metodologías o actividades relacionadas a Geología y Minería que estaban ausentes.

El área de Geología Argentina de Operaciones ya empleaba el método de isovalores para determinar los sectores por calidad, pero dicho trabajo se veía pausado por otras actividades, por lo cual se comenzó de nuevo y se comparó los resultados, obteniendo diferencias notables en donde se detectó que el método no se estaba empleando de manera correcta. De allí parte la idea de realizar un estudio a profundidad del nivel de explotación más importante actualmente.

Se puso a disposición toda la información de los sondajes realizados, la cual tuvo que ser ordenada y archivada en carpetas nuevas. Luego se procedió a la representación gráfica de dicha información para llevar a cabo el análisis correspondiente.

La representación gráfica sirvió como base para mejorar la interpretación del comportamiento del nivel de explotación y comparar los fenómenos geoquímicos – estructurales.

II.2. Marco fisiográfico

a) Ubicación y vías de acceso

La Cantera Doña Amalia se encuentra ubicada, en el paraje La Calera, distrito Guayamba del departamento El Alto, provincia de Catamarca, Argentina. La cantera integra una parcela, con una superficie de 265Has.

La comunicación vial se realiza desde la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca a través de la RN N°38, RN N° 64, RN N° 157 y RP N° 29 o desde la ciudad de Frías, Santiago del Estero, por la RN N° 157 y RP N° 29, como se puede observar en la Figura 1.

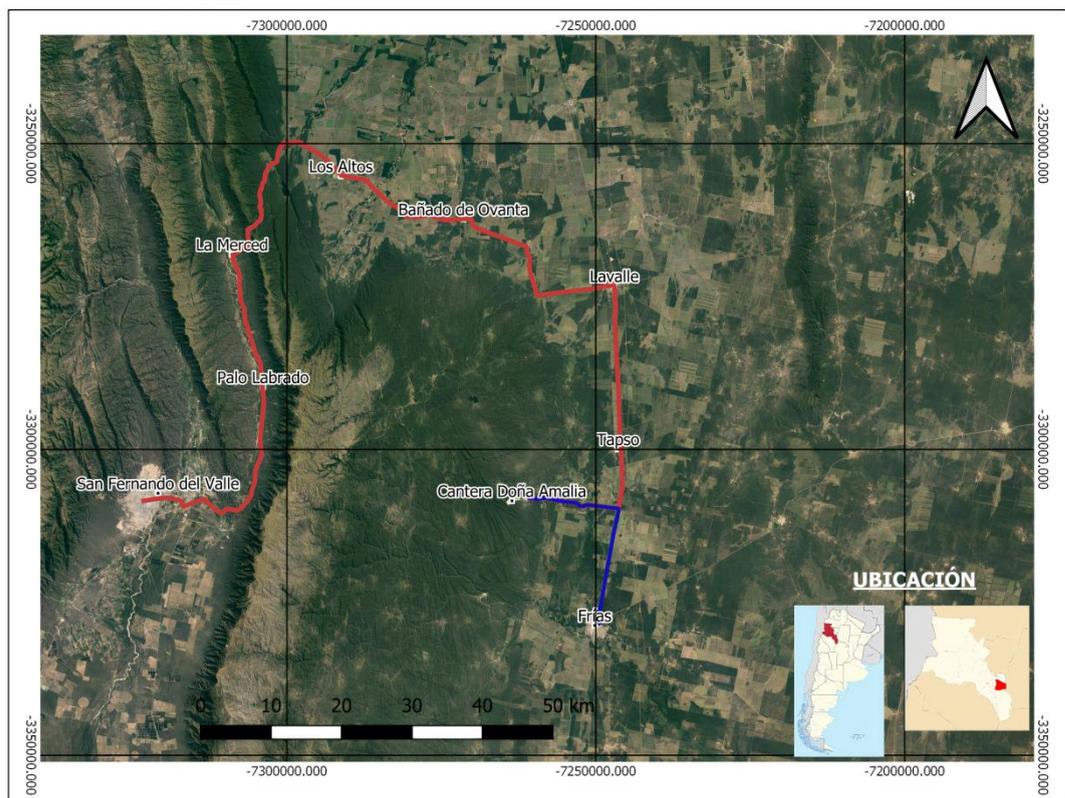


Figura 1_ Mapa de rutas de acceso desde San Fernando del Valle (rojo) y desde Frías – Santiago del Estero (azul) a Cantera Doña Amalia

El sector de estudio se encuentra ubicado en el frente de explotación Oeste del nivel 550 de la cantera (Figura 2), abarca 30.513,13m² y corresponde al plan de explotación 2024 (Figura 3), pero dado el avance en el resto de los niveles se estima que la explotación del área se realizará antes de lo planificado.

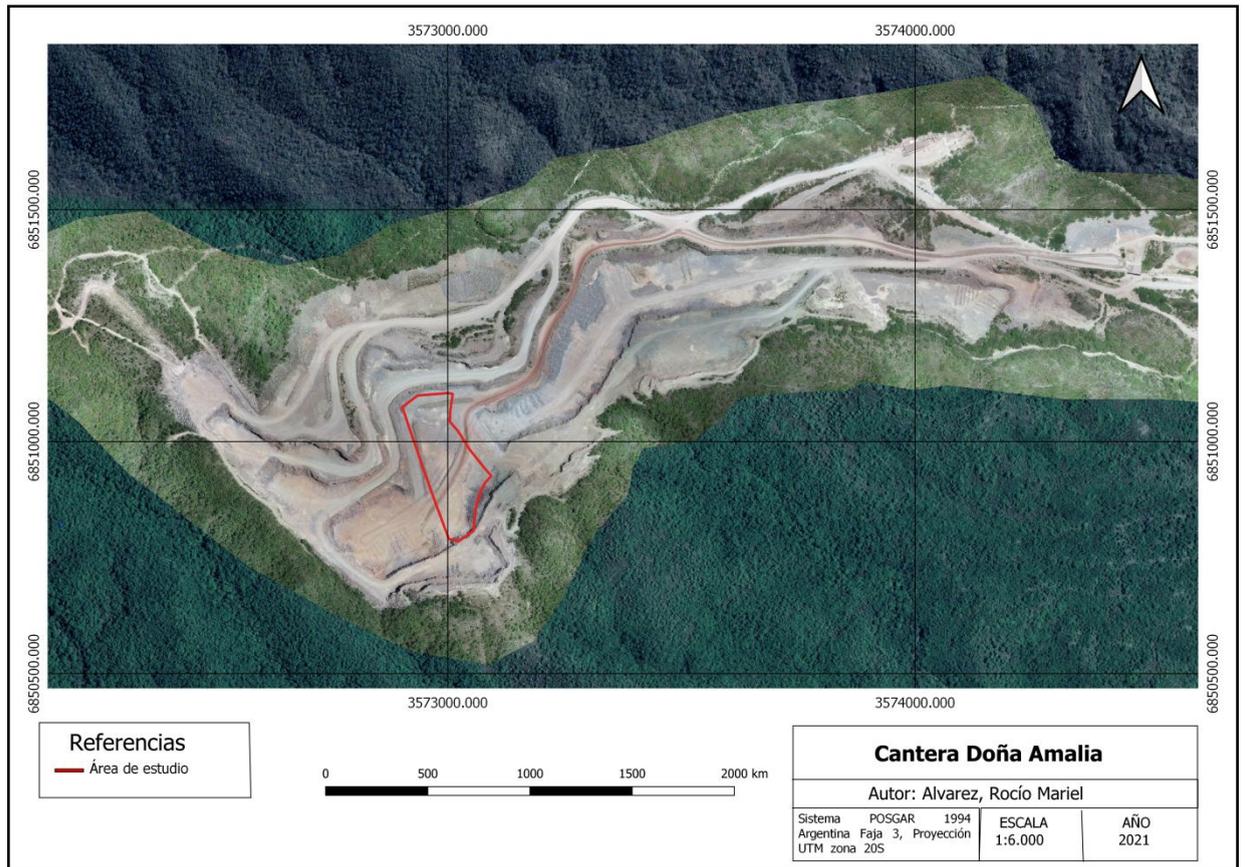


Figura 2_Vista panorámica de la Cantera Doña Amalia con el área de estudio.

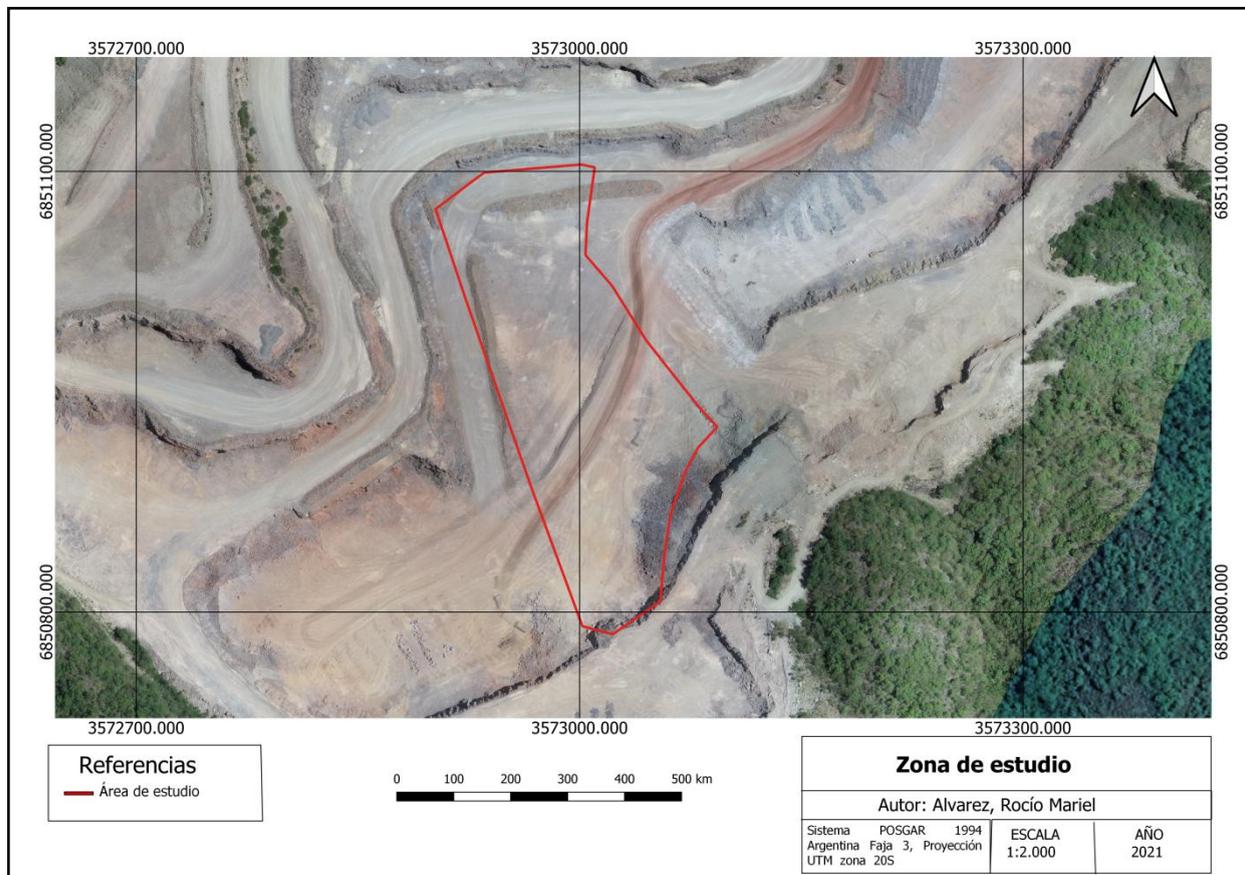


Figura 3_Vista a detalle del área de estudio.

b) Geomorfología

La zona de estudio se localiza en el pie de monte del faldeo oriental de la Sierra de Ancasti, sector sudeste de la provincia de Catamarca. Esta unidad pertenece al sistema de Sierras Pampeanas Septentrionales, caracterizadas por una tectónica de bloques del basamento cristalino, basculados, dispuestos meridionalmente, y delimitados por fallas inversas de alto ángulo. Estas sierras presentan un perfil transversal Este-Oeste asimétrico, la ladera Oeste posee pendiente abrupta y la ladera Este con pendiente más suave y extensa.

Las estructuras de la Sierra de Ancasti, como fallas, diaclasas y fracturas, condicionan el diseño de la red de drenaje desarrollando un sistema paralelo-angular, de alta densidad. Morfológicamente, la región cuenta con dos unidades principales (Figura 4):

- La ladera (planicie disectada): formada sobre remanentes de la peneplanicie primitiva, se conserva en bloques escalonados que tuvieron influencia directa en la conformación de la red de drenaje de diseño principalmente rectangular, coherente a la estructura del basamento metamórfico. Ésta se encuentra representada por la peneplanicie disectada y es la geoforma en la que se desarrolla el proyecto.
- La Llanura pedemontana oriental: labrada en el paso de Lavalle – Frías, se encuentra representada por los depósitos cuaternarios indiferenciados.

En la altiplanicie de la Sierra y en los interfluvios protegidos de la acción de las corrientes fluviales, se presentan cubiertas eólicas apoyadas directamente sobre basamento rocoso, o sobre sedimento aluvional con nula movilidad. En la parte distal del sector pedemontano, se encuentran materiales aluvionales finos, constituidos por arenas y limos, que alternan con materiales eólicos loésicos.



Figura 4_ Unidades morfológicas presentes en la región.

c) Clima

La zona de estudio se encuentra dentro del clima árido desértico, seco y caluroso (BWh) basada en la Clasificación Climática de Köppen. Las lluvias en las partes bajas del faldeo Este de la Sierra de Ancasti son escasas (inferiores a 500 mm anuales), incrementándose en las zonas altas. Las mayores precipitaciones se registran en verano coincidiendo con las altas temperaturas, mientras que la época invernal se caracteriza por ser seca (Figura 5).

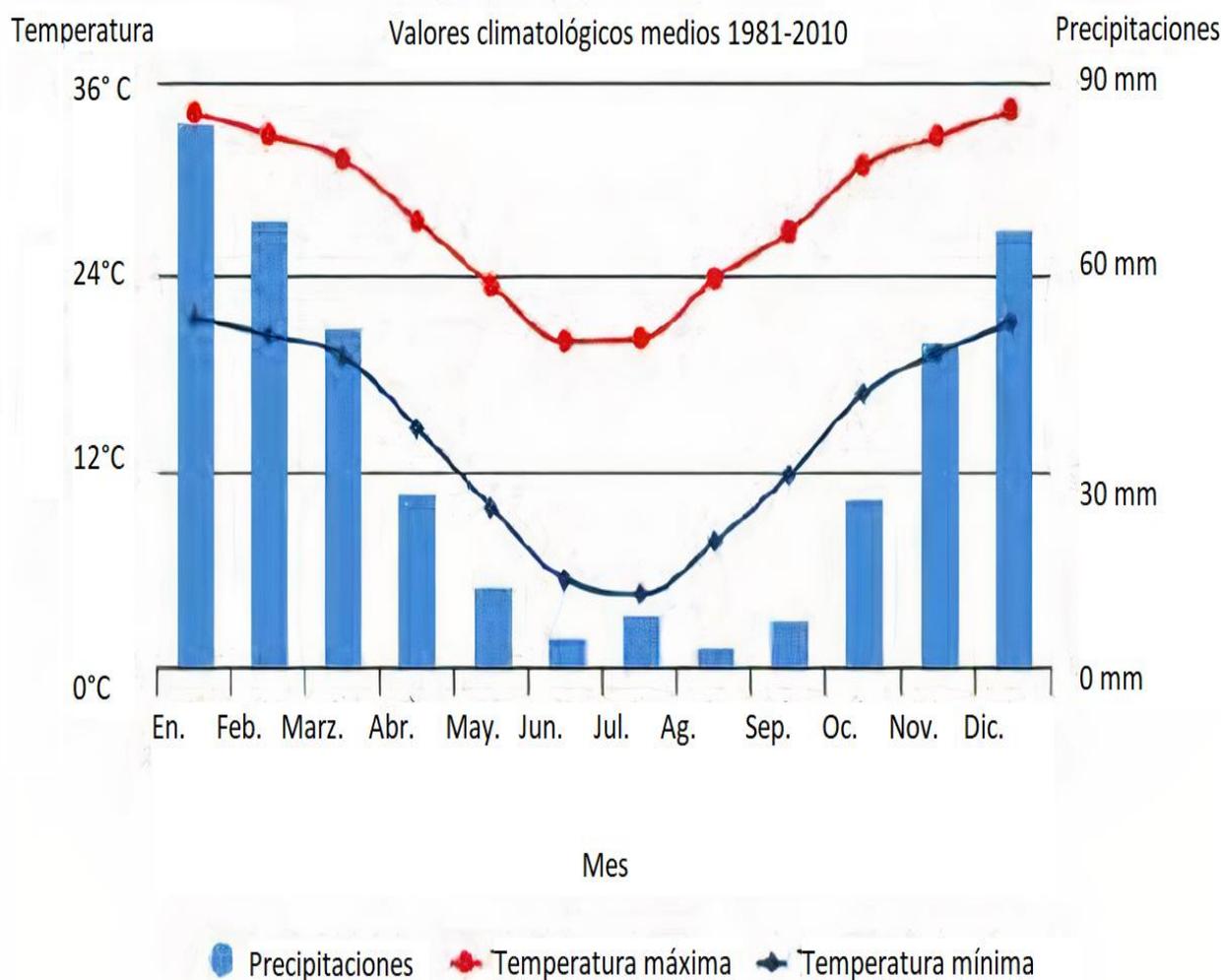


Figura 5_ Valores medios de temperatura y precipitación, periodo 1981-2010. Estadísticas a largo plazo. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, Estación meteorológica de las Termas de Río Hondo.

Los vientos dominantes soplan del sector norte y noreste, con una velocidad media anual de 3,4 m/seg; mientras que los de menor frecuencia lo hacen desde el cuadrante noroeste con velocidades promedio de 10 Km/h. La mayor ocurrencia es en los meses de septiembre, octubre y noviembre.

d) Suelo y vegetación

En el departamento El Alto se distinguen dos Órdenes: Entisoles y Molisoles (Figura 6) clasificados según la taxonomía de suelos con la nomenclatura de la Soil Taxonomy (USDA, 1975). Las características más sobresalientes de ambos Órdenes fueron definidas en el Atlas de Suelos (INTA, 1990):

- “Entisoles”: son suelos que no evidencian o tienen escaso desarrollo de horizontes pedogenéticos. En su mayoría poseen un horizonte superficial claro, de poco espesor y generalmente pobre en materia orgánica. Normalmente no se encuentran otros horizontes diagnósticos, debido al escaso tiempo transcurrido desde la acumulación de los materiales parentales. También pueden incluir horizontes enterrados, siempre

que se encuentren a más de 50 cm de profundidad. En inmediaciones al área del proyecto, se presentan los “*Subórdenes Ortentes y Fluventes*”.

Los “*Ortentes*” se caracterizan por su formación en superficies recientemente erosionadas, con horizontes diagnósticos que están ausentes o trancos, siendo la variedad climática la que determina las diferencias entre los Grandes Grupos;

Los “*Fluventes*” están desarrollados principalmente en las planicies de inundación, con sedimentos depositados recientemente por las aguas, provenientes de la erosión de áreas altas y con apreciable contenido de materia orgánica, diferenciándose los Grandes Grupos en función del régimen de humedad.

Dentro del *Suborden Ortentes*, se presenta el “*Gran Grupo Ustortentes*”, con el “*Subgrupo Líticos*”, propio de climas semiáridos, con ambientes de relieve pronunciado o cauces y llanuras aluviales donde se acumula material de arrastre, configurando suelos areno pedregosos que se forman sobre acumulaciones de material grueso, con deficiencias de drenaje cuando están ubicados en las partes bajas.

- “*Molisoles*”: son suelos que se han desarrollado a partir de sedimentos minerales en climas templado-húmedos o semiáridos. Las propiedades que caracterizan a los *Molisoles*, además del oscurecimiento del suelo por la incorporación de materia orgánica, están dadas por la estructura granular o migajosa moderada y fuerte, que facilita el movimiento del agua y del aire, dominancia de arcillas, moderada a alta capacidad de intercambio y elevada saturación con bases.

Dentro de este orden, se presenta el “*Suborden Ustoles*”, con el “*Gran Grupo Argiustoles*” y “*Subgrupo Údicos*”, correspondiente a suelos que están relativamente libres de problemas de saturación de agua e hidromorfismo. Los *Argiustoles* se caracterizan por tener un horizonte enriquecido en arcilla (argílico) por debajo del horizonte superficial oscuro (mólico).

Estos últimos tipos de suelo son sobre los que se desarrolla la cantera Doña Amalia.

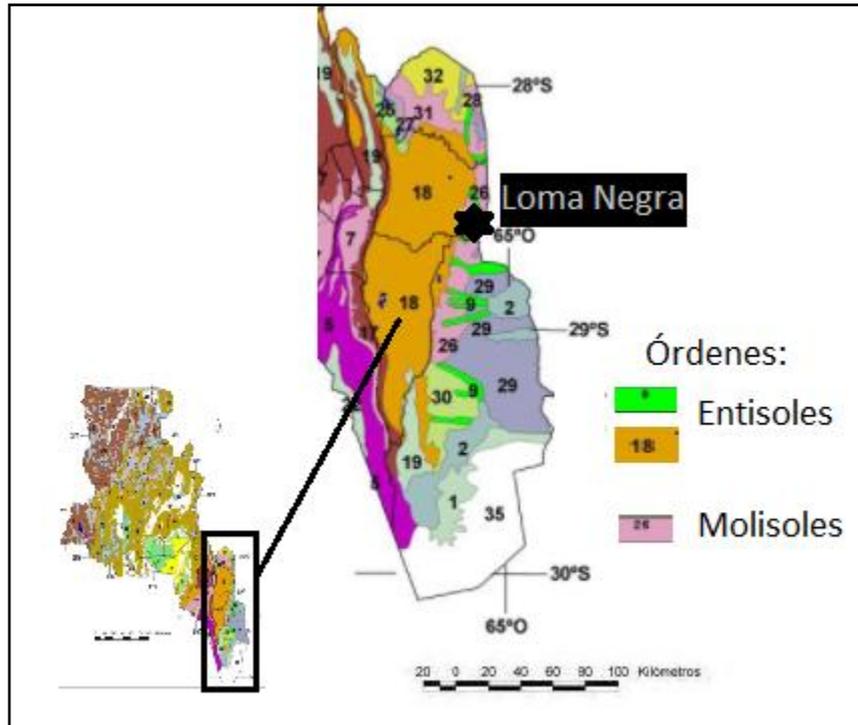


Figura 6_Mapa de suelos de la provincia de Catamarca, el recuadro amplificado muestra el área de estudio.

Toda la unidad operativa y su zona de influencia, se encuentra dentro de la Ecoregión de la Selva de Transición. Dominada por extensos Bosques de Cebil (*Anadenantheracolubrinavar.cebil*), tanto en los faldeos con laderas umbrías como en las quebradas; mientras que el Chaco Serrano está representado por Bosques de Horco quebracho (*Schinopsismarginata*) en los sitios más expuestos que corresponde a los fillos, laderas solanas y los ambientes ubicados al norte donde se evidencian signos de actividad ganadera.

e) Aspectos Socioeconómicos

La unidad operativa Catamarca se encuentra inserta dentro del departamento El Alto, y las localidades más cercanas son: El Alto (cabecera del departamento homónimo) y Tapso (esta localidad se reparte entre dos provincias, Catamarca y Santiago del Estero).

De acuerdo con el Censo 2010, habitaban en la localidad de El Alto 754 personas en 312 hogares; mientras que en la localidad de Tapso residían 191 personas.

Si bien el proyecto se encuentra dentro de la provincia de Catamarca, el centro urbano más cercano al mismo es la ciudad de Frías, cabecera del departamento de Choya, perteneciente a Santiago del Estero y cercana a las localidades de El Alto y Tapso (64 km de distancia).

El Departamento de El Alto posee un bajo crecimiento poblacional, muy por debajo del promedio provincial, concentrándose en mayor medida la población en la cabecera

homónima del departamento. La localidad de El Alto pasó de representar el 14% del departamento en 1.991 al 21% en 2.010.

Cabe mencionar que no existen datos censales puntuales de la población de la Calera (paraje en que se emplaza Loma Negra Planta Catamarca) pero de acuerdo a información recabada, aproximadamente habría entre 25 a 30 viviendas habitadas.

Distancia y vinculación

Loma Negra Planta Catamarca se encuentra ubicada en el paraje denominado La Calera, departamento El Alto, provincia de Catamarca, Argentina.

Dista 185 Km de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca, cabecera de la provincia de Catamarca; y a 30 Km aproximadamente de la localidad de Frías, cabecera del departamento de Choya, Santiago del Estero.

El centro urbano más cercano al proyecto, en el que residen la mayoría de los empleados de Loma Negra es la ciudad de Frías, Santiago del Estero.

Caracterización económica

El área de influencia económica directa, dentro del territorio catamarqueño, corresponde a pequeñas localidades con baja densidad poblacional, menores a los 2 habitantes/Km² (Censo 2010) con una economía de subsistencia y elaboración de productos primarios de consumo local.

Las principales localidades del área, con administración municipal, corresponden a El Alto (cabecera departamental) y Tapso.

La primera, emplazada en el sector norte de la Sierra de Ancasti con disponibilidad de recursos naturales serranos que presentan, a diferencia de Tapso, un importante movimiento turístico en los meses de verano.

A nivel departamental (El Alto) se puede destacar que la principal actividad económica de subsistencia, corresponde a la ganadería (vacunos, caprinos, ovinos, y equidos), con una escasa presencia frutícola y algo de forestal destinada a la producción de carbón, leña y aserraderos. La agricultura, salvo excepciones, es también de subsistencia.

La minería local se encuentra representada por la explotación de canteras, sustancias de tercera categoría (caliza, yeso), no descartándose el potencial minero del departamento.

Para medir la pobreza se utilizó el índice de necesidades básica insatisfechas (NBI) correspondiente al Censo 2010, del cual se desprende que el departamento El Alto (que circunscribe a las localidades El Alto y Tapso) posee valores de 18,7 muy superiores a lo de la media nacional (9,1), es decir con situaciones de pobreza mayores, con registros equivalentes al doble de NBI que el promedio del que se presenta a nivel país.

La población económicamente activa (PEA) del departamento (57,1%) está muy por debajo de la media nacional (71,5%).

Ubicada en el departamento nombrado se encuentra la empresa que de acuerdo a la nómina de personal proporcionada (enero 2019), se puede apreciar un total de 241

empleados de los cuales el 6% es de origen catamarqueño (15 empleados; y cuenta con 161 empleados contratistas de los cuales el 24% del personal contratista es catamarqueño.

Interacción con la comunidad

Loma Negra dispone de herramientas de gestión para la interacción con la comunidad mediante la Fundación Loma Negra (FLN), subsidiaria de la Compañía, que realiza acciones de colaboración y cooperación comunitaria, con antecedentes en los inicios de Planta Catamarca, particularmente con la construcción y padrinazgo de la escuela primaria y posta sanitaria.

El accionar de la fundación se basa en 3 subprogramas:

- Programa Puente (abocado a la formación y mejora de la competencia laboral).
- Programa Compromiso (fortalecimiento del capital social).
- Programa de Negocios Inclusivos (apoyo de emprendimientos).

El mayor esfuerzo de la compañía en las actividades de responsabilidad social empresaria, por política interna, está destinado a incrementar y mejorar la capacidad de aprovechamiento de las oportunidades de los jóvenes en el área de influencia directa del proyecto, mediante la mejora de las competencias laborales y apoyo de emprendimientos compatibles con la economía y cultura local.

Además de estas acciones se llevan a cabo tareas de voluntariado con la comunidad en general para el desarrollo de actividades puntuales que redundan en la calidad ambiental, mantenimiento de edificios públicos y aportes para mejoras de los servicios sociales, como la educación y la salud.

Loma Negra incluyó todas estas acciones en un programa de gestión ambiental denominado "Programa de Control de Inversión Social", acorde a la resolución SEM 119/2010.

II.3. Marco Geológico

a) Geología Regional

El área de estudio se encuentra sobre el faldeo oriental de la Sierras de Ancasti, la cual, está constituida por rocas del basamento cristalino de la Provincia Geológica denominada Sierras Pampeanas Orientales (Caminos, 1979), conformada por un complejo metasedimentario de bajo a alto grado y unidades plutónicas emplazadas durante el Cámbrico Inferior, Ordovícico Medio y durante el periodo comprendido entre el Devónico Superior y Carbonífero Inferior (Figura 7).

La estratigrafía de la zona comprende rocas de basamento ígneo-metamórfico constituido por esquistos bandeados de metamorfismo de bajo grado de edad Cámbrico Medio a Superior, edad obtenida a través de dataciones radiométricas realizadas por Knuver M. (1983), conformados por la Formación Ancasti (Aceñolaza y Toselli, 1977), que se encuentra en contacto transicional con el Complejo Sierra Brava (Coira y Koukharsky, 1970) al este y al sur. Dicho Complejo está integrado por migmatitas, esquistos, anfíbolitas y calizas, identificadas al norte y al sur de la Sierra de Ancasti destacándose esencialmente las calizas, asignándoles una edad dentro del Periodo Ediacárico, una división Neoproterozoica que comienza hace unos 635 Ma y finaliza hace 542,0 ±1,0 Ma (Murra et al., 2011). Al noreste de la sierra de Ancasti y al suroeste de Icaño aflora el Miembro El Jumeal definido por Aceñolaza et al (1981), está integrado por los esquistos, gneises y migmatitas. El bandeamiento en comparación con la Formación Ancasti, es más fino y está menos definido. Aproximadamente 10 km al norte de La Calera y al este del Alto, el citado autor observa, que los esquistos pasan gradualmente a gneises, con aumento del tamaño de grano y del contenido de plagioclasas, y hasta migmatitas en las inmediaciones de la localidad de Collagasta. En general, las estructuras migmatíticas y la blastesis presentes en el Miembro El Jumeal, pueden ser comparadas con las de los gneises y migmatitas de la Formación El Portezuelo.

La edad de las migmatitas del miembro El Jumeal se correlacionaría con las de la Formación El Portezuelo, de edad según Bachmann et al. (1987), entre los 470 a 435 Ma (Ordovícico Medio-Superior), descrita por Aceñolaza et al. (1977), conformada por esquistos, gneises bandeados, gneises migmatíticos, migmatitas y granitos migmatíticos. Presenta analogía con las rocas de la Formación Ancasti, pero de grado metamórfico más alto y con fenómenos de migmatización.

Aceñolaza y Toselli (1977) agrupan bajo el nombre de Formación La Majada a todas las rocas graníticas de la sierra (indiferenciados), sin considerar mayores relaciones con la roca de caja. Los granitos inicialmente habían sido clasificados por González Bonorino (1950) de acuerdo a su relación tectónica en el momento de la intrusión, reconociendo cuerpos ígneos sintectónicos, leptotectónicos y postectónicos. Destacándose para la región la Faja Granítica Intrusiva La Pampa-Unquillo y los Granitos El Alto, Albigasta, El Taco, Los Divisaderos, Stock Las Cañadas, Baviano, Santa Rosa, La Juntas y Sauce Guacho, todos incluidos en un rango de edad comprendida entre el Cámbrico y el Carbónico. En el Terciario la Formación La Antigua corresponde a la presencia de areniscas rojas con

estructuras fluviales discordantes, depositadas sobre el Basamento Cristalino, que aflora en La Calera y la Formación Portillo muestra depósitos de espesor variable de areniscas, limolitas rojas y conglomerados que se intercalan con bancos y bochas de yeso de espesor variable, que hacia el este desarrollan bancos de yesos de alta pureza. Es considerada equivalente a la Formación Guasayan, de edad Miocena Inferior.

La geología de la región se completa con los depósitos del Cuaternario, constituidos por gravas, conglomerados, arcillas barreales, limos, arenas eólicas y fluvio-lacustres y depósitos de loess. Conforman la cubierta y relleno de depresiones, alcanzando su mayor distribución en la llanura pedemontana oriental.

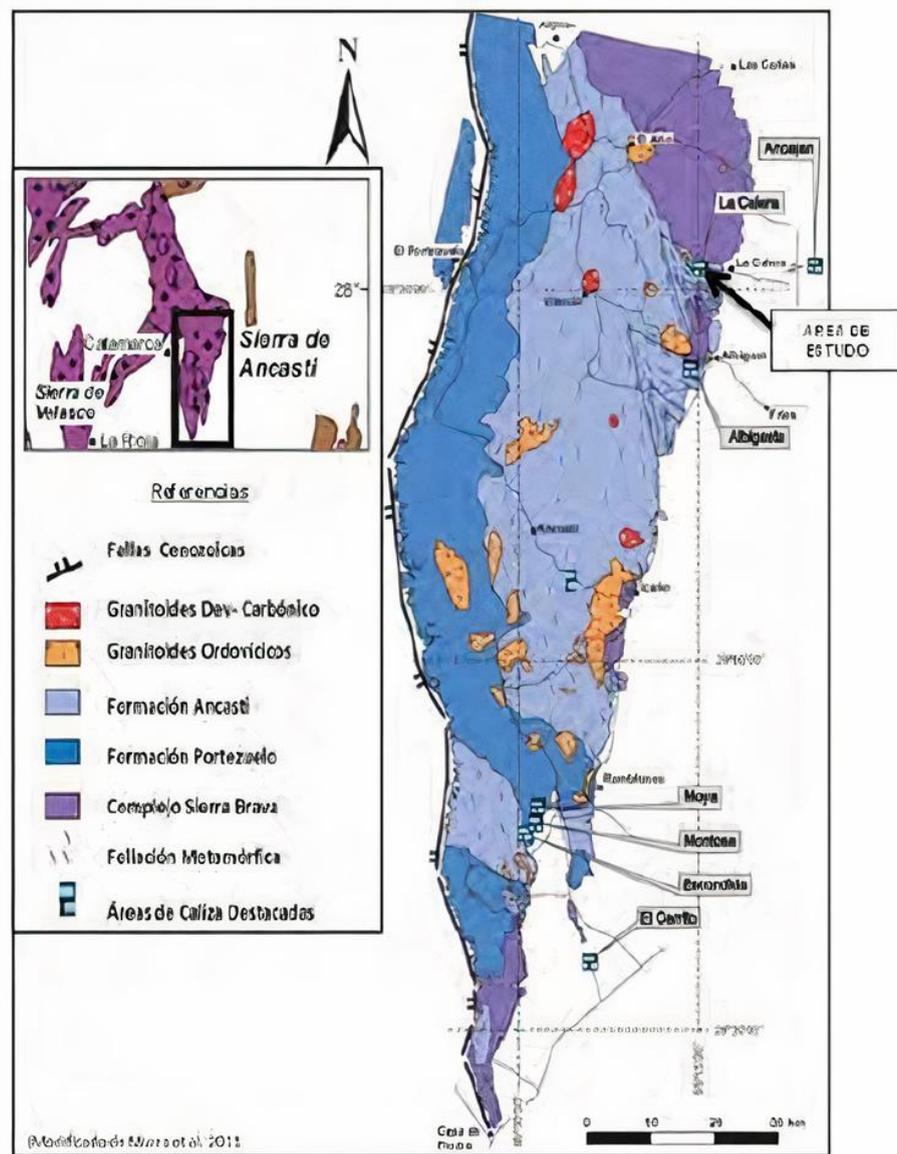


Figura 7_Esquema geológico general de la Sierra de Ancasti. Informe de exploración Planta Catamarca – cantera Doña Amalia. SMGA. 2014.

b) Geología Local

El Miembro La Calera, como integrante del Complejo Sierra Brava, es la unidad rocosa de mayor interés, por ser la portadora de la caliza que se explota en la cantera Doña Amalia.

Es una serie compuesta esencialmente de cuarcitas con intercalaciones de grandes lentes de mármoles, dolomías y de esquistos: cuarzo-micáceos, cuarzo calcáreos y anfibólicos. La presencia de cuarcitas y mármoles hace pensar que se trató originalmente de sedimentos bastantes maduros típicos para sedimentos litorales. El contacto entre el Miembro El Jumeal y La Calera es concordante, la localidad tipo de este último es la región alrededor del yacimiento de caliza de La Calera (Willner et al., 1983).

A continuación se refiere a la secuencia estratigráfica en cantera Doña Amalia, ordenada de piso a techo (Figura 8 y Figura 9):

- Dol: Dolomita, visible en la zona del mirador y en el ingreso al Nivel 565.
- EP: Esquisto basal, con predominancia de cuarzo, biotita y anfíboles. Conocido como “Esquisto Pardo”.
- Cz: Caliza metamórfica, asociada a proporciones variables con impurezas bandeadas de cuarzo, biotita, flogopita, pirita.
- EB: Esquisto Biotítico, suele presentarse interestratificado en el tercio superior del manto calcáreo. También se encuentra asociado a la metacuarcita.
- EV: Esquisto Hornblendo-Clorítico, denominado “Esquisto Verde”.
- MC: Metacuarcitas micáceas, areniscas con leve metamorfismo regional, que le imprime mucha competencia y abrasividad.



Figura 8_Miembro La Calera, secuencia estratigráfica. Informe de exploración Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia. SMGA. 2014.

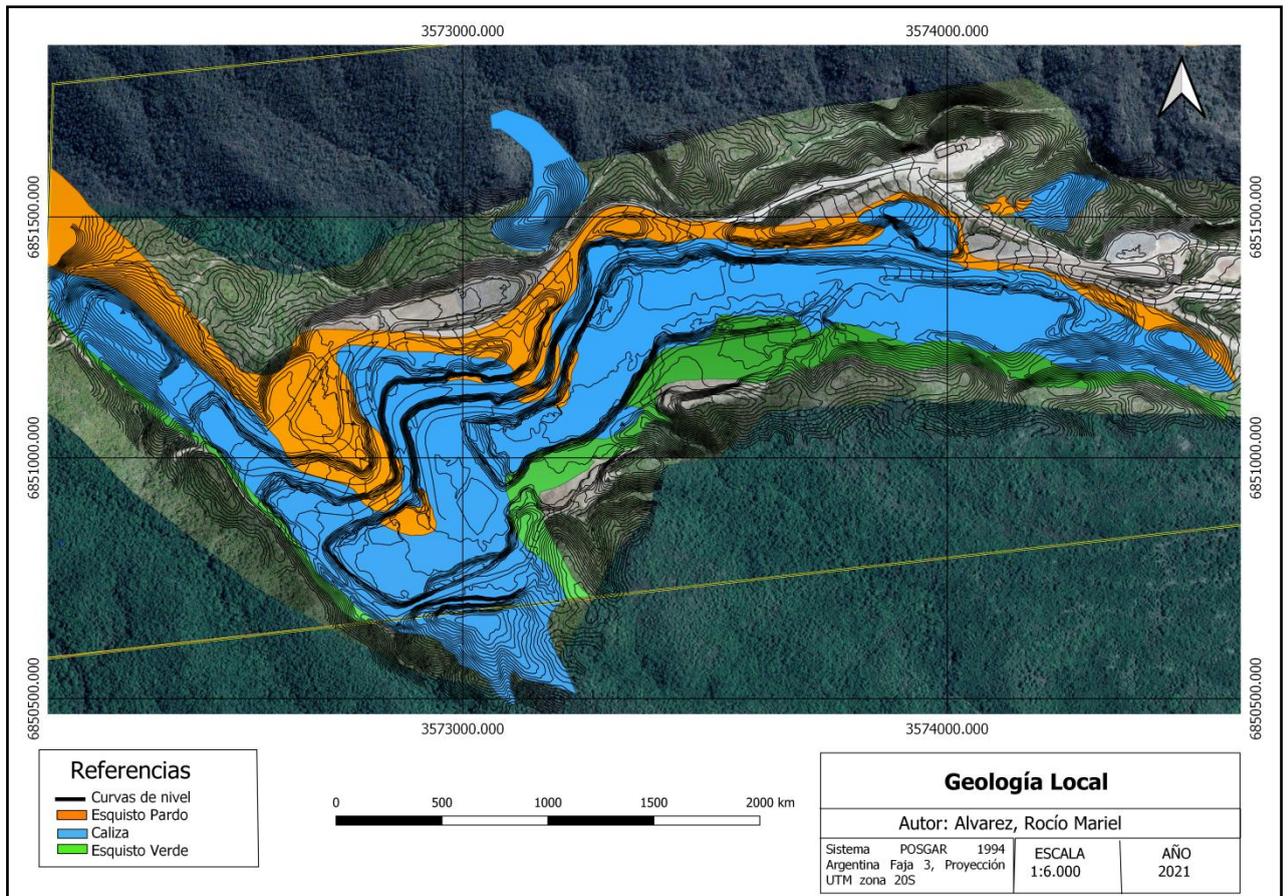


Figura 9 Geología local de la Cantera Doña Amalia.

A continuación se detalla la geología correspondiente a las principales rocas descritas en Cantera Doña Amalia.

Esquisto Pardo del Piso

Roca que indica el límite inferior de la explotación de caliza. El esquisto pardo guarda una estrecha relación con la presencia de dolomita en la secuencia estratigráfica. Es casi una constante la presencia de una roca de transición en el piso de la cantera, con la asociación de caliza-dolomita-esquisto micáceo (Figura 10).

Es muy frecuente detectar también niveles o bancos de dolomita por debajo del esquisto pardo del piso.

Caliza Metamórfica

El cuerpo de caliza metamórfica explotado es parte integrante de la Formación Sierra Brava. La caliza tiene una disposición estructural que responde a un diseño plegado. A nivel de distrito, los bancos de caliza forman parte de una estructura plegada mayor, cartografiable en las localidades de La Calera, Albigasta y se extiende aún más al sur, definiendo un plegamiento mayor con anticlinales y sinclinales de orientación general noroeste y con hundimiento de los ejes de pliegues al sureste.

En el sector de la Cantera, denominado La Puntilla, predomina la secuencia calcárea metamórfica con un rumbo general noroeste-sureste, en correspondencia con el ala de un sinclinal de primer orden, de alcance regional. El nivel de caliza y sus rocas encajantes, esquistos y anfibolitas que participan también del pliegue, sufren un apretado repliegue en el extremo sur del Nivel 600, destacándose flancos y planos de pliegues casi verticales, repliegues internos y una sucesión de sinclinales y anticlinales desde el orden del centímetro a varias decenas de metros, triplicando la potencia real de exposición del manto de caliza.

Desde el Nivel 600 hacia el este, hasta la Planta de Trituración, el plegamiento de los bancos calcáreos es más suave y abierto, adoptando la estructura un rumbo general este-oeste, con inclinación de los ejes de pliegues hacia el sur, entre 20° y 30°.

La caliza metamórfica presenta una potencia variable; un espesor mínimo de 20 m en el sector este del yacimiento, más de 90 m en el sector central, y disminuye nuevamente en el sector noroeste (La Puntilla) en donde el manto carbonático promedia los 55 m.

Esquisto Verde del Techo

El esquisto verde del techo está muy bien identificado en casi todo el techo de la secuencia calcárea a lo largo del yacimiento, su potencia promedio de 30 a 40 m disminuye en el sector de La Puntilla.

El reconocimiento en terreno es muy evidente por su coloración verdosa, y desde el punto de vista mecánico es bastante disgregable por la respuesta a la alteración de sus componentes minerales, muy diferente al comportamiento de la caliza infrayacente y a la resistente Metacuarcita suprayacente (Figura 11).

Esquisto Biotítico

Representa una variación composicional dentro de los esquistos presentes en la Cantera, pasando la biotita a conformar el mafito dominante. Suele estar intercalado dentro de la metacuarcita, en el esquisto verde y en el tercio superior de la caliza.

Metacuarcitas

Las metacuarcitas, areniscas silíceas metamorfoseadas, por su dureza ocupan las crestas de las serranías y son fácilmente identificables, son de color claro, blanco pardusco a gris, de grano fino y contienen como impurezas finas laminillas de mica, grafito, calcita, oligoclasa y microclino (Marchioli, 2003).

Las impurezas definen un bandeamiento incipiente y se presenta en lentes de potencia variable desde algunos decímetros a varios centímetros.

En la Cantera Doña Amalia, apoyan en transición sobre el esquisto verde, en los sectores sur-sureste y noroeste, coincidiendo con el buzamiento general de la caliza hacia el sur.

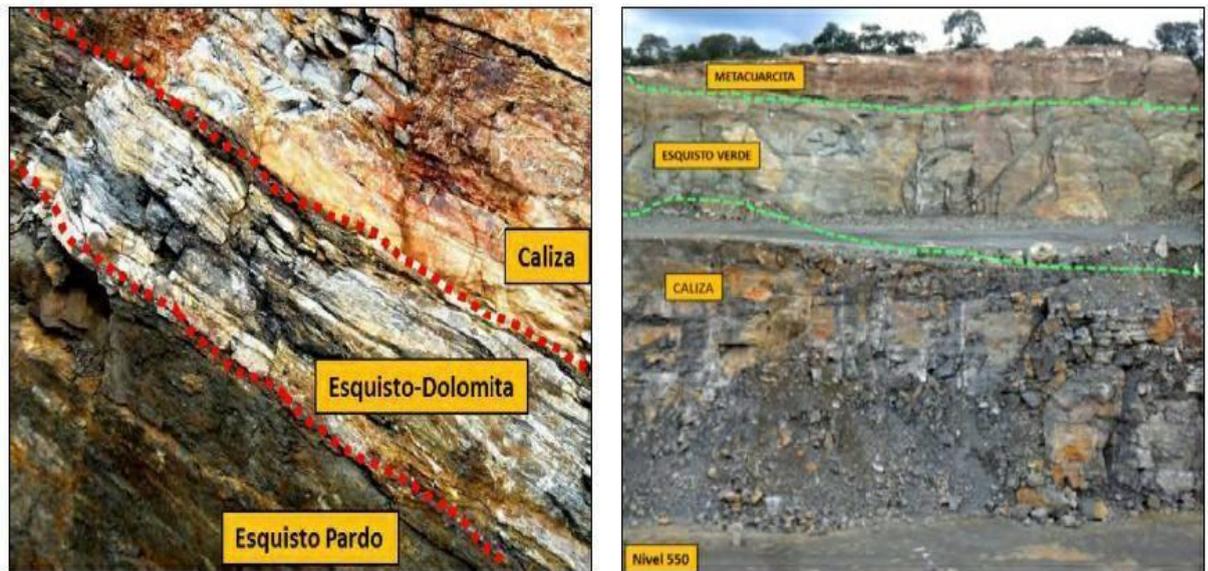


Figura 10_Contacto esquisto pardo-dolomita-caliza. Informe de exploración Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia. 2014.

Figura 11_Banco de caliza sub-horizontal en contacto con esquisto verde. Informe de exploración Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia. 2014.

c) Estructura

Las Sierras de Ancasti y Ambato constituyen el Bloque Ambato, el cual es integrante de las Sierras Pampeanas. El Bloque Ambato está limitado al norte por el Lineamiento Tucumán, que lo separa de la Sierra de Aconquija y por medio del Lineamiento Catamarca se marca el límite entre las Sierras de Ambato y Ancasti (Gutiérrez y Mon, 2008).

En el sector noreste de la Sierra de Ancasti, en el tramo Albigasta-La Calera, se observa que la secuencia de metacuarcitas, esquistos, anfibolitas y mármoles conforman una secuencia plegada con rumbo general noroeste-sureste y buzamiento de eje entre 20° y 40° al suroeste.

El análisis orientativo de la distribución de las fallas a nivel del Distrito Doña Amalia, entendiendo como tal a las áreas adyacentes a la cantera, cuyas fallas pueden tener incidencia en las unidades de caliza, o que muestran un patrón de control de las estructuras mayores, indican la presencia de cuatro orientaciones preferenciales de fallas: noroeste-sureste, este-oeste, norte-sur, noreste-suroeste.

La fracturación de rumbo noroeste-sureste, es coincidente con las fracturas regionales que controlan el basculamiento de la Sierra de Ancasti, y en este caso en particular son paralelas al flanco de plegamiento regional en el cual está incluido el manto calcáreo de La Puntilla.

Las fallas con un rumbo aproximado a la dirección este-oeste, no presentan prácticamente harina de falla en sus planos y su incidencia en la cantera no serían

determinantes para la deformación de los niveles calcáreos, sin embargo son muy frecuentes.

Las fracturas de orientación submeridianas estarían vinculadas con la tectónica del basamento antiguo y son muy frecuentes en la Sierra de Ancasti. En la zona del paraje Corrales, al suroeste de La Calera, las fallas con orientación norte-sur tienen un fuerte control en el diseño de la red hídrica. La combinación de las fallas norte-sur con las fallas noroeste indicaría también una componente dextral que desplazan a las fracturas de orientación noroeste, afectando a las fallas submeridianas.

Las fallas de rumbos noreste no poseen una notable expresión en la Cantera Doña Amalia. No obstante, se pueden observar a nivel de distrito. En las unidades de la secuencia plegada, al suroeste de La Calera, se puede interpretar que las fracturas noreste fueron desplazadas por las estructuras noroeste-sureste, definiendo una componente de movimiento de rumbo sinistral.

Cabe aclarar que estas especulaciones no permiten determinar las componentes verticales en el desplazamiento de las fallas, sin embargo, son elementos de juicio que pueden ser utilizados en la interpretación de las deformaciones en la cantera Doña Amalia.

a) Dominios estructurales

Pellegrini (2013) en su estudio geológico sobre la cantera Doña Amalia dividió el sector de calcáreo sujeto a la explotación minera, en tres dominios tectónicos, denominados: Mirador, Central y La Puntilla. A partir de la nueva información geológica generada en 2014 por SMGA se incorpora un nuevo dominio denominado de transición. El Dominio Transición está ubicado entre el Dominio Mirador y el Dominio Central, tiene connotaciones geológicas propias que justifican su inserción.

El límite entre cada dominio está definido por las fallas principales reconocidas en el yacimiento, de oeste a este son las fallas, Arcilla Roja, Dolomita, 240 y Trituradora. Figura 12

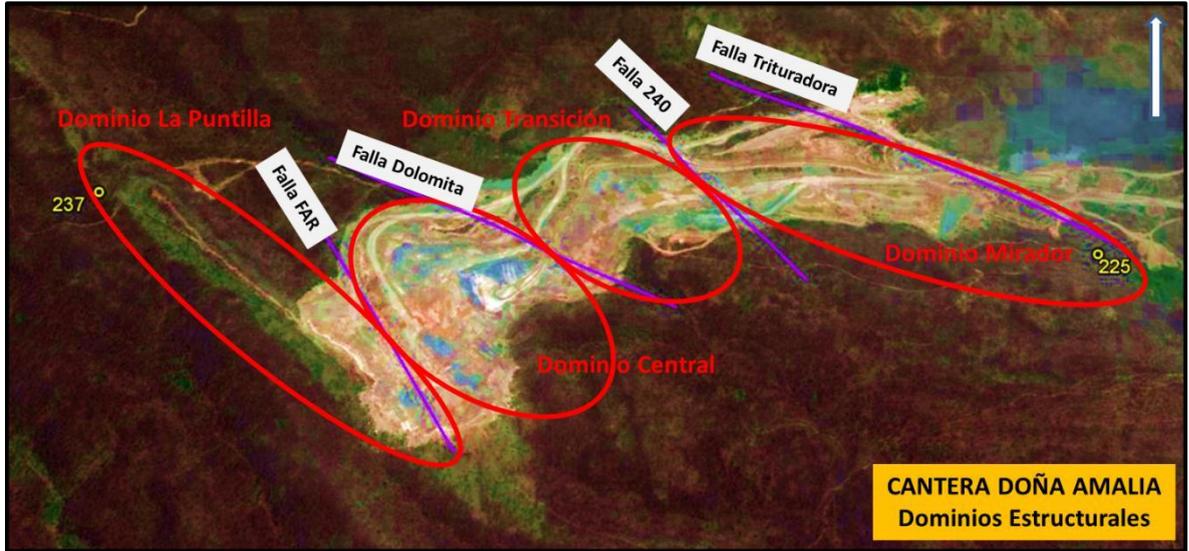


Figura 12_Dominios Estructurales: Mirador, Transición, Central y La Puntilla. Mapeo Geológico Y Geoquímico en Doña Amalía Catamarca. Informe Interno INTERCEMENT. Pellegrini. J., 2013.

Dominio Mirador

El Dominio Mirador comprende los niveles antiguos de explotación, 550 y 565, está delimitado por la Falla Trituradora (FTr) por el noreste y por la Falla 240 (F240) al sureste. La FTr de carácter inverso, se interpreta que operó cerca del contacto con el esquisto pardo, en movimiento combinado, levantando la caliza sobre el esquisto pardo y trasladándola hacia el sureste. La F240 se estima que operó asociada a un flanco de pliegue con plano axial vertical, bajando el bloque del Dominio Mirador, pero con una componente de rumbo sureste como el principal desplazamiento.

La secuencia calcárea se presenta con tendencia homoclinal, con rumbo general de tendencia este-oeste, inclinando hacia el sur, con ángulos variables entre 20° y 45° (Pellegrini 2013). En general la caliza, para el Dominio Mirador muestra una distribución bastante regular sin mayores complicaciones estructurales (Figura 13).



Figura 13_Dominio Mirador. Informe de exploración Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia. SMGA. 2014.

Dominio Transición

El Dominio Transición se incorpora para definir el tramo de la cantera que adquiere características estructurales propias (Figura 14). La secuencia de caliza luego de ser sometida a un fuerte plegamiento en el Dominio Central continúa con rumbo al noroeste y vira marcadamente al rumbo este-oeste.



Figura 14_Dominio Transición, núcleo del pliegue. Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia. SMGA. 2014.

Los límites del Dominio Transición están dados al oeste por la Falla Dolomita y al este por la Falla 240, ambas fracturas con rumbo definido dentro del cuadrante noroeste. La Falla Dolomita tiene estrías de movimiento horizontal y para la F240 se estima que la principal componente ha sido también de rumbo. El esquema teórico indicaría que la secuencia metamórfica ha sido plegada sobrepasando el límite dúctil para arrastrar el bloque de transición paralelo al rumbo de las fallas que lo limitan.

Durante el plegamiento el cambio de rumbo en las estructuras conlleva a la formación de un pliegue apretado en el ápice, denominado pliegue “D” para absorber parte del esfuerzo de empuje y también una horizontalización de la charnela que buza al sur, para adaptarse a su nuevo espacio. El contacto de la caliza con el esquisto pardo del piso tiene un buzamiento al sur inferior a 10°, recuperando luego los buzamientos mayores a 25 ° al este y oeste del sector del cambio de rumbo.

Dominio Central

El Dominio Central (Figura 15) es muy importante desde el punto de vista de la explotación actual y futura de la cantera, comprende los principales niveles de extracción del calcáreo y el desarrollo de los frentes más extensos de explotación (Niveles 550-565-585-600).

El límite del Dominio Central está dado por la Falla Dolomita al este y por la Falla Arcilla Roja (FAR) al oeste. La FAR, considerando la brecha de falla desarrollada es la de mayor importancia en la cantera, se estima que tiene más de una fase de movimiento, una de ella de carácter inverso ascendiendo el oeste y el otro con desplazamiento horizontal a través del rumbo.

El Dominio Central se caracteriza por la presencia de importantes pliegues con rumbos generales noroeste y planos axiales verticales que dan origen a una repetición de los estratos de caliza. La potencia vertical plegada de la caliza es superior a los 150 metros. Existe una sucesión de sinclinales y anticlinales en el sector sureste de la cantera que hacia el norte se resuelve en un sinclinal principal con un hundimiento promedio del eje de la charnela hacia el sur, entre 20° y 25°.



Figura 15_Dominio Central. Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia. SMGA. 2014.

El Dominio Central estuvo sometido a un fuerte estrés tectónico durante el Terciario, los esfuerzos compresivos se resolvieron con plegamiento y fracturación de la secuencia calcárea. Un detalle de las fallas y pliegues están analizados en los apartados de fallas y pliegues de la cantera. Las principales fallas cartografiadas en el Dominio Central exponen fallas con múltiples planos verticales orientadas en paralelo con los planos de pliegues. Estas fallas con rumbos noroeste-sureste se combinan con fallas de rumbo aproximado este-oeste, también de planos múltiples (F.426).

Los dos juegos de fallas principales reconocidos en el Dominio Central muestran frecuentemente estrías de atrición en posición horizontal, indicando que superado el límite

dúctil del plegamiento la caliza se fracturó principalmente a través de los planos de pliegues verticales y se fue desplazando en dirección sureste-noroeste y hacia el este a través de las fracturas de alivio.

h) Dominio La Puntilla

El Dominio La Puntilla (Figura 16) está localizado al oeste de la Falla FAR, al Noroeste del nivel de explotación 625, se extiende hasta el límite oeste de la propiedad minera.

La secuencia de caliza se encuentra en correspondencia con el flanco oriental de un sinclinal regional. La caliza, con una potencia promedio de 55 metros, tiene un definido rumbo general noroeste-sureste y un buzamiento al suroeste entre 35° y 40°.

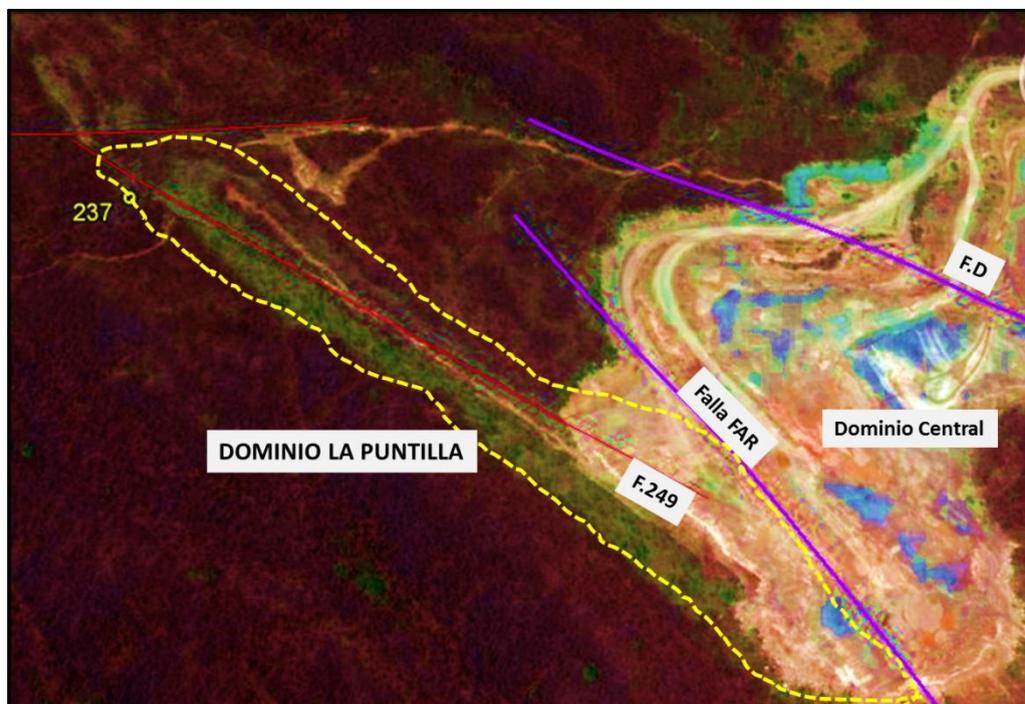


Figura 16_Dominio La Puntilla. Mapeo Geológico Y Geoquímico en Doña Amalia Catamarca. Informe Interno INTERCEMENT. Pellegrini, J., 2013.

La secuencia se presenta completa desde el piso al techo. El Esquisto Pardo del piso está expuesto en el tramo medio de la vertiente noreste de la serranía y el contacto con el esquisto verde del techo y la metacuarcita se identifican en el faldeo noroeste.

La serranía La Puntilla (Figura 17) no presenta mayores perturbaciones tectónicas y solo se reconocen fracturas menores (F.249).

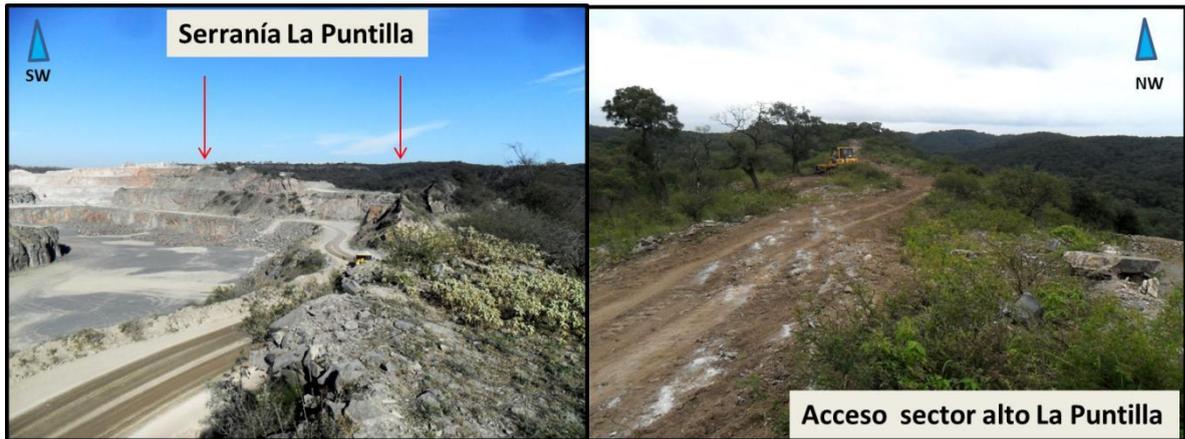


Figura 17_Serranía La Puntilla. Informe de exploración Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia. SMGA. 2014.

Una característica notable del Dominio La Puntilla es la morfología que presenta. El diseño de la serranía es coincidente con el rumbo de la secuencia calcárea. La ladera Noreste inclina en sentido contrario al buzamiento de los bancos de caliza, muestra una topografía abrupta sobre los afloramientos calcáreos, suavizándose rápidamente después del contacto con el esquisto pardo del piso, compuesto por minerales más lábiles y fácilmente alterables.

En la ladera suroeste de la serranía la topografía acompaña el ángulo promedio de buzamiento de la caliza. La zona de contacto de la caliza con el esquisto verde del techo generalmente coincide con la quebrada que se ha desarrollado a lo largo de éste. Como la potencia del esquisto verde en La Puntilla es reducida, menor a 10 metros, nuevamente el perfil topográfico gana altura rápidamente hacia el oeste por la presencia de los afloramientos de metacuarcitas, muy resistentes a la erosión.

Es frecuente detectar indicios de fallas por la presencia de óxidos de hierro asociados al contacto, esquisto verde-metacuarcita.

Es muy llamativo el mecanismo de alteración de la caliza en La Puntilla. La exposición de los bancos en la vertiente noreste de la serranía muestra la caliza buzando en sentido contrario al faldeo, por lo tanto se puede observar la intercepción de la estratificación con el talud de la serranía, definiendo una línea casi horizontal. Perpendicular a la estratificación se destacan canales verticales de alteración, (Figura 18). No se observan óxidos de hierro como para asociar la lixiviación que originan los canales verticales con la generación de aguas ácidas, producto de la alteración de la pirita. Una posible explicación sería relacionar los canales con la formación de humus por materia orgánica en la capa más superficial de suelo y el goteo permanente de aguas ácidas originadas por la condensación de la humedad nocturna.

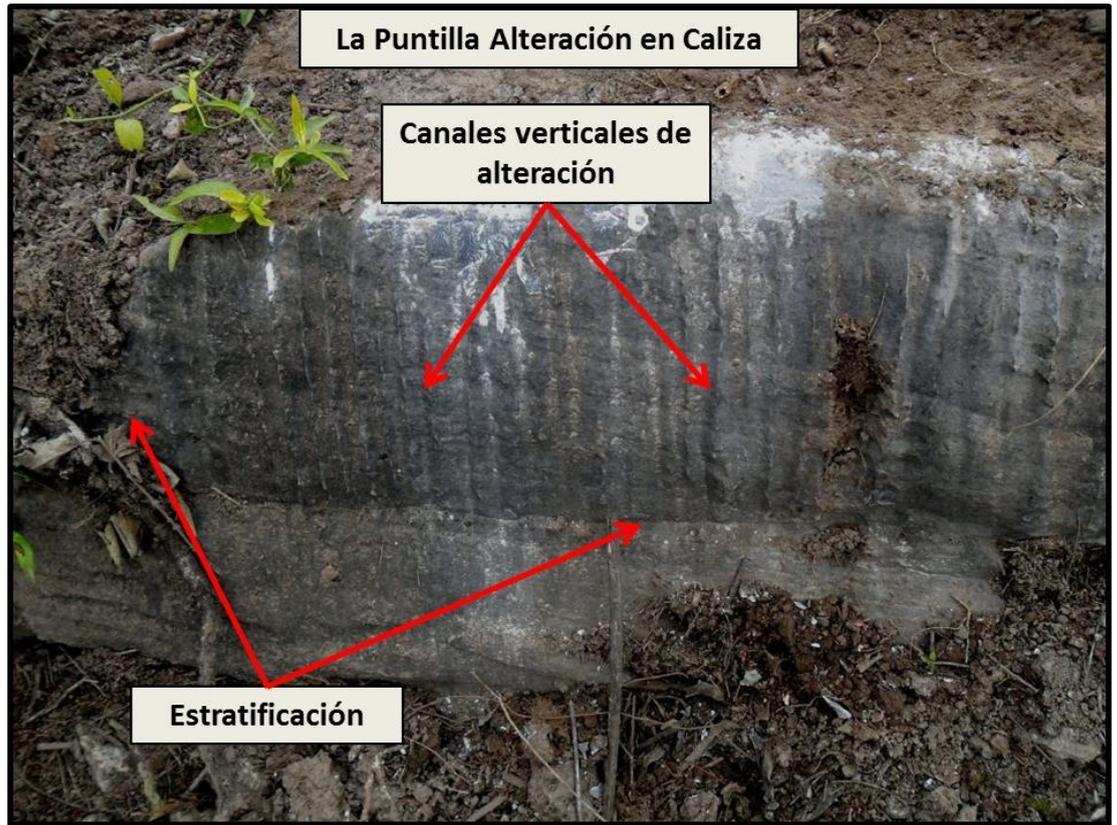


Figura 18_Dominio La Puntilla, Vertiente Noreste, Canales de Alteración Perpendiculares. Informe de exploración Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia. SMGA. 2014.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

La investigación del presente trabajo se lleva a cabo a partir de tres etapas principales las cuales incluyen una serie de actividades específicas, que se ejecutan progresivamente según el cronograma presentado en el proyecto de trabajo final.

III.1. Etapa 1: Recopilación y análisis preliminar

La recolección de información dispuesta por la empresa, es el objetivo primordial en esta etapa, a partir de Informes de Impacto Ambiental, campañas de sondajes, trabajos realizados por empresas contratistas y/o el área de Geología corporativa, como así también, informes, tesis o publicaciones anteriores o antecedentes relacionados al estudio de canteras de caliza.

Desde dicha búsqueda, se tiene acceso a informes realizados por la empresa SMGA, como la campaña de sondaje de 2014, donde se realizan las últimas perforaciones de diamantina y la actualización bianual de 2019 del Informe de Impacto Ambiental. De la campaña de sondaje se utilizan los perfiles generados por SMGA que se encuentran en la zona de trabajo, procediendo o iniciando con una lectura analítica de las relaciones geoquímicas descritas en el informe y, tomándolas de referencia en posteriores observaciones.

Por consiguiente, se ejecuta la recopilación de los resultados químicos de los sondajes con aire reverso de las campañas 2019 y 2020, donde es necesario filtrar los 32 sondajes correspondientes al área, así mismo, efectuar el cálculo del STDCal a una profundidad de 16 metros correspondiente a la altura del frente a evaluar.

El STDCal corresponde a la calidad cementera del material. La importancia de la relación de los óxidos mayoritarios radica en que el STDCal necesario para la fabricación de cemento es actualmente de 101, valores de STDCal menores a 80 producen complicaciones en el horno de producción, teniendo que aumentar la energía para su procesamiento

Para dicho cálculo, se promedian los valores de CaO, SiO₂, Fe₂O₃ y Al₂O₃ de los 15m y luego al resultado se aplica la fórmula de STDCal:

$$STDCAL = \frac{CaO * 100}{(2,8 * SiO_2 + 1,1 * Al_2O_3 + 0,7 * Fe_2O_3)}$$

Consiguiendo el STDCal promedio de cada pozo para la generación de la base de datos GIS, se plasma las reseñas obtenidas en una tabla Excel que contiene la identificación del pozo (Id_Pozo), coordenadas planas Gauss Krugger (X, Y, Z) y el STDCal promedio (Ver Anexo Tabla 5) en formato de "CSV".

De manera que al ingresar la información, el software lo transforme en "capa" sobre la topografía y la imagen por Drone realizada a fines del 2020 por el servicio de topografía.

De esta manera, queda conformada la base de datos, sumando la información de las estructuras de la zona de estudio relevadas en distintas campañas, las cuales posteriormente se corroboran en campo.

III.2. Etapa 2: Trabajo en campo

En Enero 2021, se realiza el levantamiento estructural de la zona de estudio, previo conocimiento de estructuras presentes que se describen en anteriores campañas. Con dicha información de base se intenta determinar las fallas principales del área de estudio tomando los correspondientes datos con brújula geológica, registrando con material fotográfico toda estructura de interés, partiendo de un relevamiento general y luego de detalle. Considerando la continua explotación del frente y el movimiento de equipos pesados por la zona, el techo del nivel (piso al momento de relevar estructuras) que se encuentra muy compactado y marcado por vehículos, se opta por buscar estructuras en los frentes activos del siguiente nivel, para luego generar estructuras extendidas, y en el frente activo del mismo nivel. Se puede apreciar, por las lluvias de días anteriores al relevamiento, estancamiento de agua en sectores (Figura 19 y Figura 20) lo cual, puede pasar inadvertido pero al conocer la cantera se sabe que el agua se estanca por presencia de fracturas, por las cuales drena y posteriormente sale como “cascada” por los frentes; en caso de no conectarse a éstos, el agua se infiltra, teniendo en cuenta lo descrito se recogen los puntos de estancamiento de agua para compararlos con las estructuras mapeadas y ver si se encuentran coincidencias.

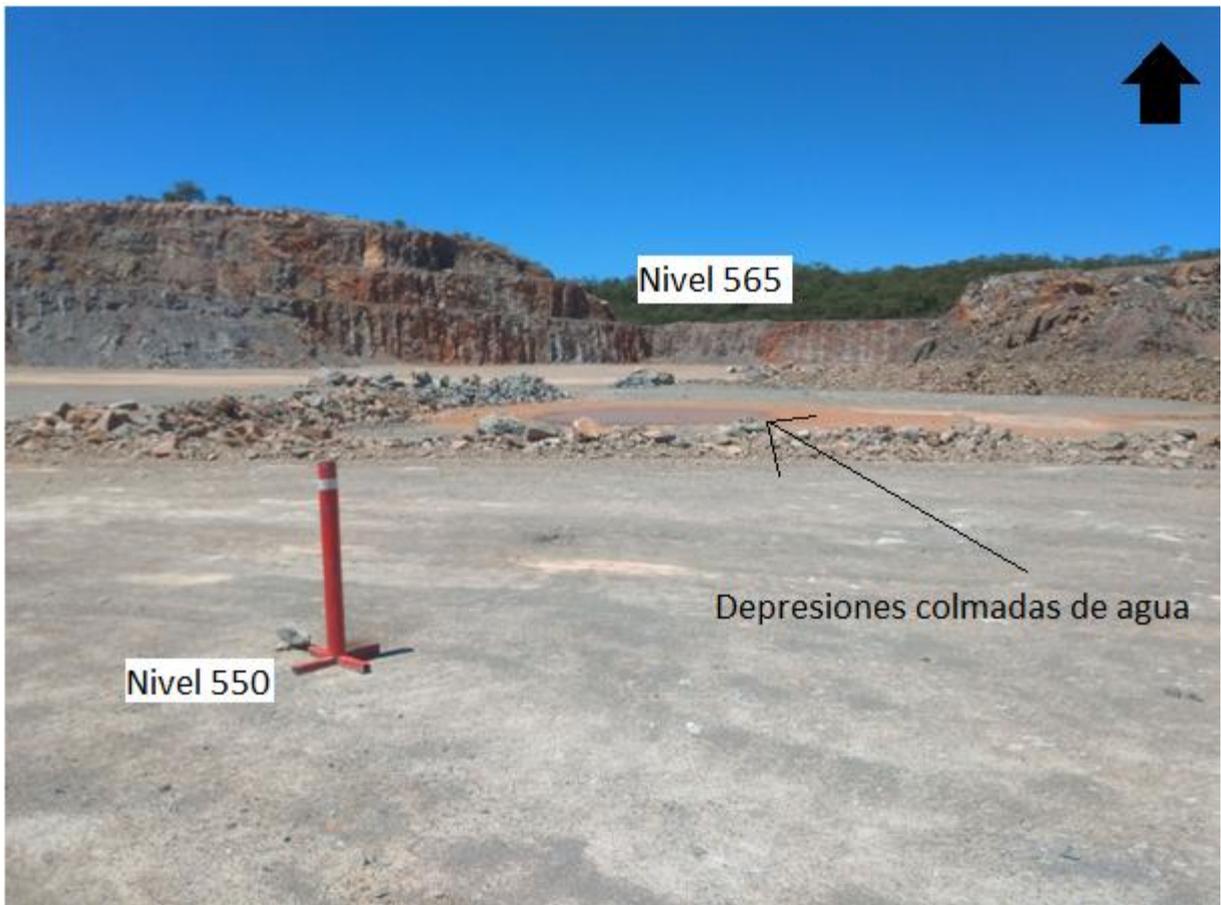


Figura 19_Vista al Norte desde el techo del nivel 550.



Figura 20_Depresiones con estancamiento de agua/barro.

Se ejecuta en primer lugar el recorrido y reconocimiento del área, mientras se realizan bosquejos a mano alzada de lo observado, buscando indicios de estructuras principales como cambio de textura, de color, fracturas que corten la estructura o plegamientos. Desde el punto central de la zona, se puede observar hacia el sur, el contacto con el afloramiento del Esquisto Verde (Figura 21) y hacia el norte la continuidad de la caliza (Figura 22).



Figura 21_Vista desde el Norte hacia el sur del Esquisto Verde al Sur del nivel 550.



Figura 22_Continuidad de la Caliza al Norte en los siguientes niveles.

Avanzando por los frentes activos de los niveles 550 y 565 que tienen una altura promedio de 15 metros según la topografía de Diciembre del 2020. El área está conformada por caliza (Figura 23) de aspecto gris con granos de caliza gris a blanca, cuarzo y pirita diseminada (Figura 24) por éste motivo se decide no proseguir el muestreo en ésta etapa dado que se trata de la misma roca, pero, se va a considerar en la siguiente etapa realizar una toma de muestras dependiendo de la calidad obtenida, para ver si se encuentran diferencias físicas que se correlacionen directamente al STDCal para tomarla como guía.

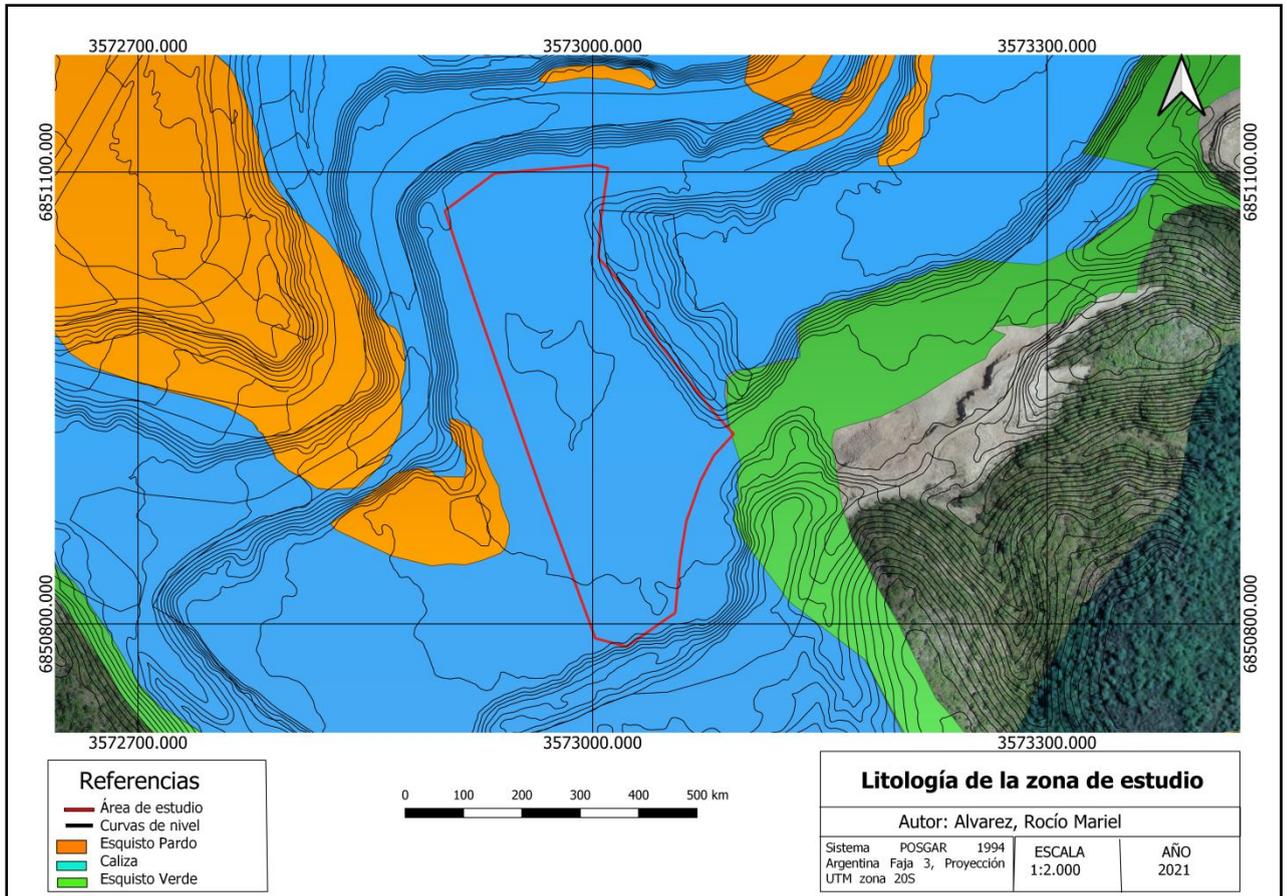


Figura 23_ Unidades litológicas presentes en la zona de trabajo y topografía de Diciembre 2020.



Figura 24_Aspecto de la caliza con presencia de cuarzo y pirita diseminada.

III.3. Etapa 3: Procesamiento de datos y obtención de resultados

Dadas las circunstancias, se considera agregar al trabajo, la comparación de métodos de estimación de calidad que actualmente maneja la empresa, siendo éstos, el método de isovalores (método tratado en el presente trabajo) y el método de estimación por Modelo de Bloques, utilizando la misma información y unificando criterios, de manera que, al obtener ambas estimaciones, se logra verificar la coincidencia de los resultados obtenidos o de lo contrario, proceder al cálculo de la diferencia entre ambos, como así también, describir cuales son los puntos más sobresalientes de las principales diferencias.

Dada la concentración de datos en la zona central y la escasa información hacia los bordes (Figura 25), se decide ajustar y reducir el área teniendo en cuenta las condiciones técnicas no favorables (como la indisponibilidad de perforadoras o de personal capacitado para realizar la perforación), imposibilitaba la programación de perforaciones para obtener los resultados químicos a tiempo. Dicha disposición es propicia para disminuir errores y posibles fallas, pensando en la variabilidad de los óxidos a distancias muy cortas.

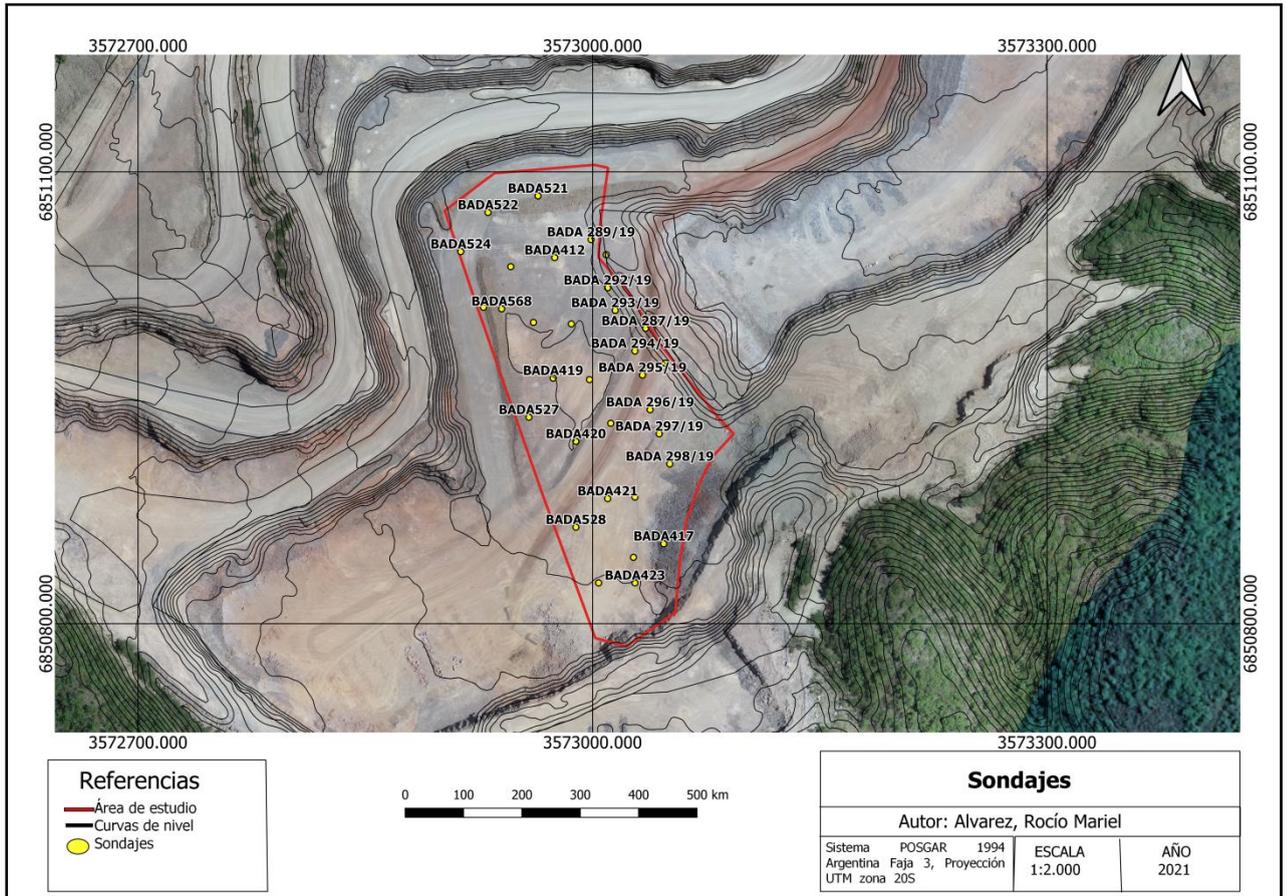


Figura 25_Distribución de los sondajes año 2019 y 2020 en la zona de estudio.

Trabajando con el área redefinida, se procede a interpolar¹ en GIS los pozos con STDCal promediado obteniendo puntos de STDCal que se discriminan por color: 60 (Rojo), 80 (Amarillo), 100 (Azul) y 120 (Cian) para luego trazar las curvas de igual calidad (dicho método es el mismo que se utiliza para las curvas de nivel) las cuales tienen que estar trazadas con mucha atención para no cometer errores e interpretar correctamente el área de la calidad (Figura 26 y Figura 27).

Posteriormente el trazado de las curvas permiten graficar polígonos que se cierran en el límite de la zona de estudio y de los cuales se calculan las áreas, el volumen y tonelaje. Las áreas se dividen en 5 “categorías” discriminadas por colores: ≤60 (Rojo), 60-80 (Amarillo), 80-100 (Azul), 100-120 (Cian) y ≥120 (Verde). Representación mencionada en resultados.

¹ Interpolador: utilizar el polinomio interpolador para calcular valores desconocidos de la función que se encuentran entre otros conocidos

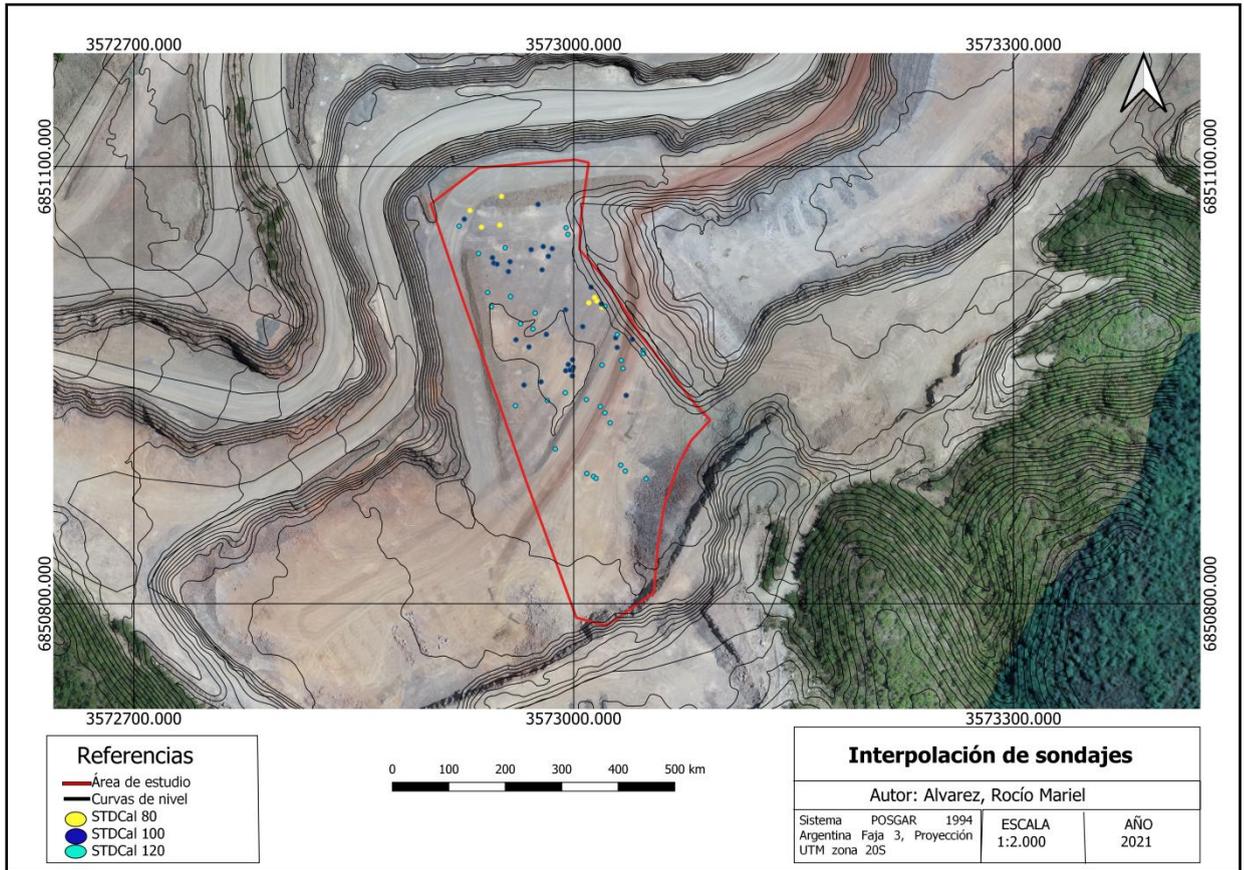


Figura 26_Puntos obtenidos de la interpolación.

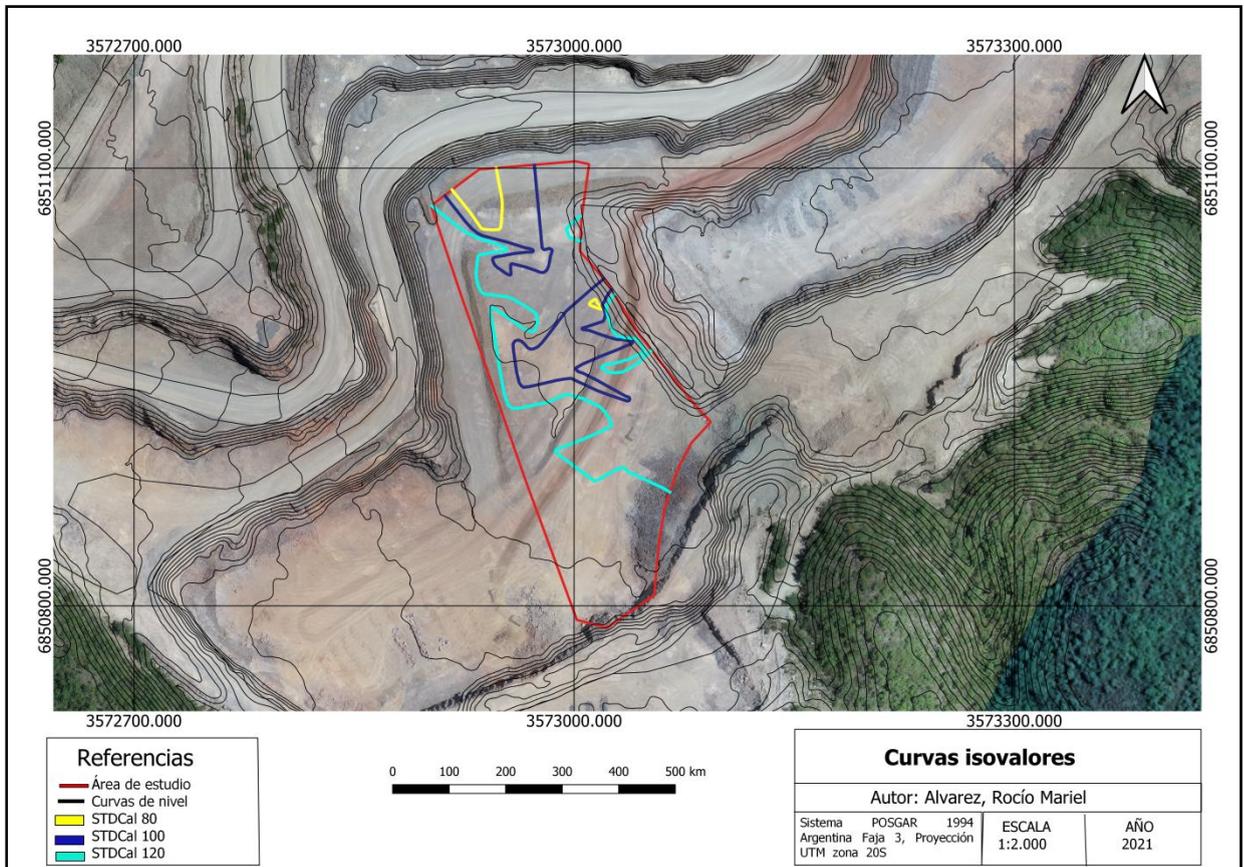


Figura 27_Conformación de las curvas de isovalores.

Con las áreas definidas, a través del GIS y utilizando la “Calculadora de campos” se obtiene la medida en toneladas, para cada área y plasmando los datos en una tabla Excel que se extrae para obtener los valores de toneladas.

Exportando los datos del GIS y analizando en una planilla de datos, se calculan los valores promedios de óxidos, el STDCal promedio de cada categoría y del tonelaje final. Para alcanzar los óxidos en promedio, se agrupa los pozos por categorías y luego se realiza un promedio de los mismos. Para lograr el STDCal por categoría basta con aplicar la fórmula a los óxidos promediados, pero para calcular el valor de óxidos del total se aplica la siguiente fórmula, por ejemplo el caso de CaO.

$$CaO_{total} = \frac{SUMAPRODUCTO(\sum CaO \text{ de todas las categorías} \cdot \sum Tn \text{ de todas las categorías})}{Tn_{total}}$$

Al resultado de los óxidos totales se le aplica la fórmula para obtener el STDCal total promedio de toda el área.

Para realizar la estimación de calidad con el modelo de bloques basta con introducir en el software los datos de los pozos completos y él solo genera los bloques de 20x20x3 (X, Y, Z), definida el área y la profundidad, el software nos proporciona los datos automáticamente, como ser volumen, toneladas y óxidos, con los cuales luego se calcula STDCal por categoría, y STDCal total, de la misma manera que se hizo con la estimación GIS.

Los resultados obtenidos con ambos métodos se organizan en una tabla Excel para que su visualización sea rápida acompañada de gráficos.

CAPITULO IV: RESULTADOS ALCANZADOS

Se determinó el STDCal de la caliza del frente de explotación Oeste del nivel 550 a través de dos métodos comparativos y se definieron los patrones de comportamiento estructurales, geoquímicos interpretados a partir de la relación entre STDCal y la deformación de las estructuras. Por éste motivo se dividen los resultados en “Determinación del Estándar Cal”, “Relaciones estructurales – geoquímicas” y “Relaciones a profundidad”.

IV.1. Determinación del Estándar Cal (Calidad Cementera de la Caliza)

La determinación de calidad arrojó una estimación gráfica y una numérica, que se muestran más adelante, como resultado de la primera se presentan los mapas elaborados a través del modelo de bloques y de las curvas isovalores. De manera que se pudo comparar visualmente las áreas obtenidas por las curvas:

- Distribución de la calidad a través Surpac (Figura 28): Como se mencionó con anterioridad, el modelo emplea bloques de 20x20x3; en éste punto, es importante aclarar que, cuando se define un área o zona, el software “recorta” la sección pero no tiene en cuenta los bloques cuyos centroides no caen dentro del recorte, que pueden generar diferencias en el valor del área.

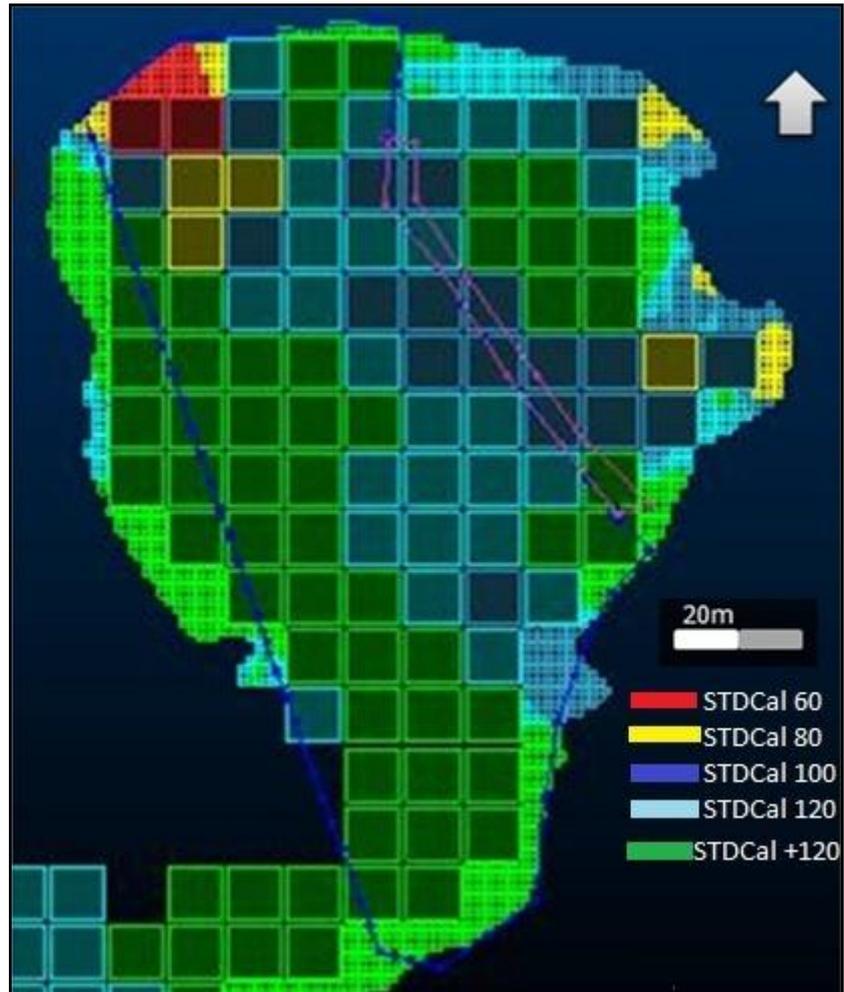


Figura 28_Distribución de la calidad según Surpac.

- Distribución de la calidad según QGIS (Figura 29): La representación obtenida por las curvas de IsoValores resulta ser más detallada considerando su interpolación con cada uno de los sondajes realizados. Así también, precisa los quiebres de las curvas, estos son más pronunciados y bruscos comparados con la tendencia en los bloques.

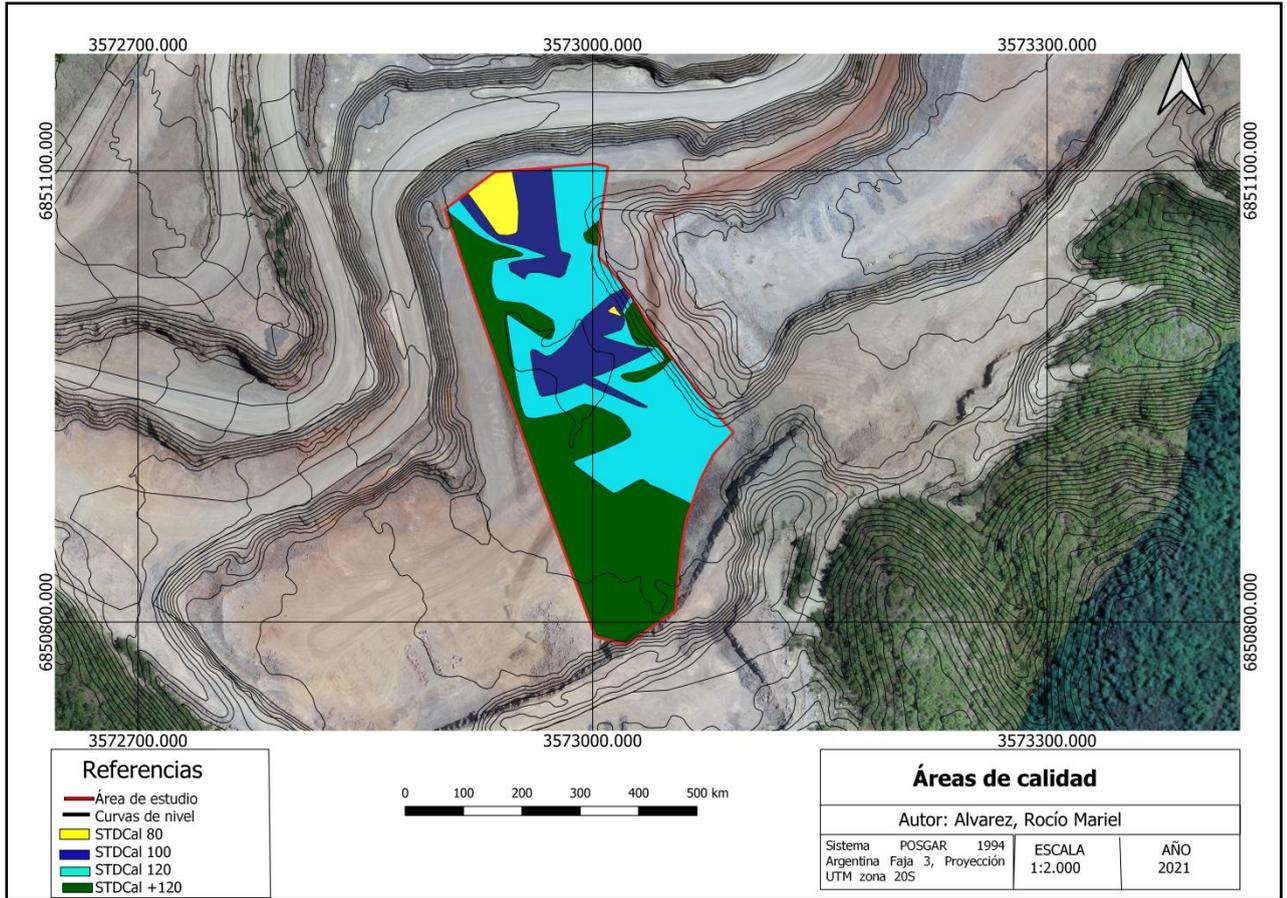


Figura 29_Distribución de la calidad según QGIS

En base a lo establecido, se aprecia que, al comparar ambas distribuciones, las tendencias se respetan, lo cual es totalmente esperado, dado que, en ambos métodos utilizan la misma información de base. Se observa que, a medida que se va avanzando al suroeste en la explotación, los valores de STDCal irán aumentando, lo contrario ocurre hacia el norte donde se encuentran “núcleos” de calidades menores.

Al momento de realizar la comparación cuantitativa, los datos presentan similitudes plasmados en las siguientes tablas (Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3):

Tabla 1_Estimación de calidad según Modelo de Bloques, los datos obtenidos son arrojados por el software, Surpac del área de estudio.

CATEGORIA	DENSIDAD g/ml	TON	VOL m ³	%CAO	%SiO ₂	%AL ₂ O ₃	%Fe ₂ O ₃	STD-Cal
<60	2,8	19.337	6.906	38,11	24,20	3,55	1,62	52,4
60-80	2,8	34.840	12.443	41,06	19,45	3,02	1,43	69,9
80-100	2,8	209.555	74.841	43,30	15,41	2,66	1,34	92,1
100-120	2,8	523.892	187.104	44,81	13,43	2,28	1,24	109,3
>120	2,8	547.298	195.464	47,34	10,87	1,69	1,09	143,2
Total	2,8	1.334.922	476.758	45,42	13,00	2,14	1,20	114,7

Tabla 2_Estimación de calidad según Curvas IsoValores, los resultados obtenidos son arrojados por el método realizado en QGIS del área de estudio.

CATEGORIA	DENSIDAD g/ml	TON	VOL m ³	%CAO	%SIO ₂	%AL ₂ O ₃	%Fe ₂ O ₃	STDCal
60-80	2,8	42.328	15.117	41,01	18,91	3,27	1,54	71,2
80-100	2,8	253.034	90.369	43,58	14,81	2,56	1,26	96,5
100-120	2,8	498.867	178.167	44,39	13,42	2,33	1,33	108,1
>120	2,8	572.759	204.557	47,36	10,76	1,71	1,11	144,4
Total	2,8	1.366.988	488.210	45,38	12,73	2,14	1,23	116,7

Tabla 3_Diferencia de volumen y STDCal entre métodos, tomando como base el método de IsoValores, dada su mayor precisión al incluir el área.

Diferencia Tn		Diferencia STDCal	
100%	1.366.988	100%	116,7
2,35%	32066,25	1,77%	2,1

Se estableció una diferencia de 2,35% en la cubicación (toneladas) y de 1,77% en el promedio de calidad (STDCal), variaciones marginales y aceptables, según lo esperado por los estándares de la empresa, en consideración a la procedencia metodológica diferente. Por ejemplo, la diferencia en toneladas viene arrastrada por el error en el cálculo del área de Surpac en el modelo de bloques, resultando con éste método un área menor que la calculada con GIS (Figura 30).

Es importante aclarar que con el modelo de bloques se encuentran 19.000Tn que corresponden a calidad menor que 60 STDCal y con el método de curvas de IsoValores dicha calidad no se encuentra, se dedujo que es debido a que los bloques del modelo en profundidad tienen 3 metros, y al requerir un promedio de 16 metros el software promedia hasta los 18 metros (6 bloques), es decir incluye 2 metros más los cuales son de valores bajos, pero éste volumen no afecta en gran medida el resultado final.

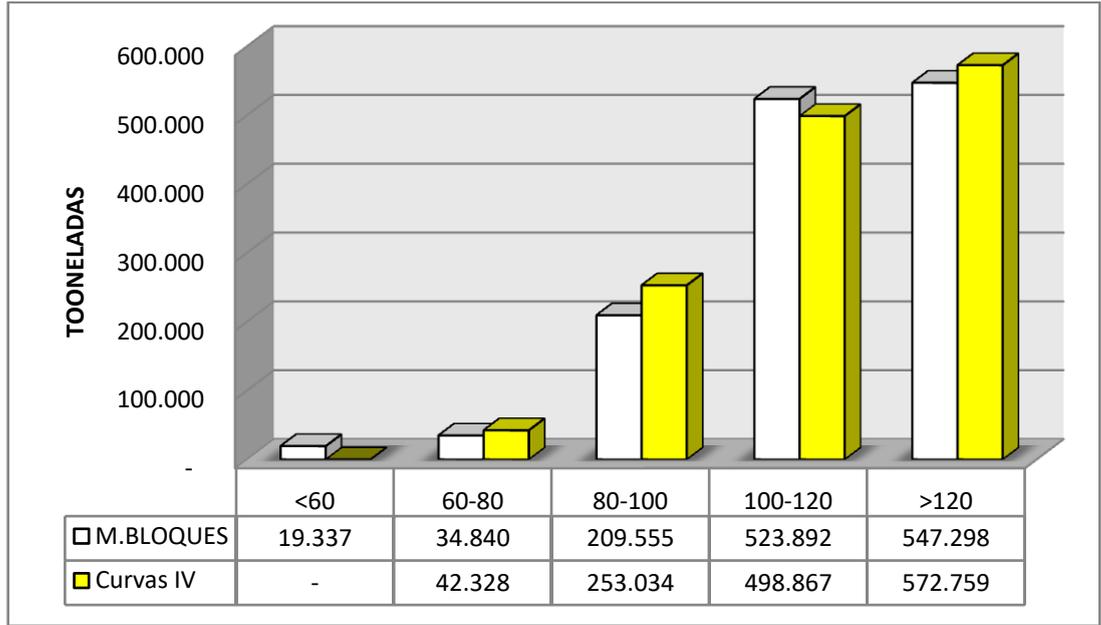


Figura 30_ Comparación de tendencia de las Tn por categoría.

En base a los resultados obtenidos, se estableció que la calidad media del frente de explotación Oeste del nivel 550 se encuentra por encima de la requerida para la explotación (101 STDCal).

IV.2. Relaciones estructurales – geoquímicas

Estructuralmente el frente del banco de estudio es de las más complejas de la cantera, ya que se evidencian diversos eventos tectónicos y metamórficos los cuales afectaron a la caliza, el propósito de estudiar las estructuras es relacionarlas con la geoquímica presente, entendiendo que ciertos elementos químicos se ven afectados por los eventos tectónicos generando zonas con diferenciación de concentraciones de algunos elementos en detrimento de otros.

En toda la cantera se encuentran tres direcciones principales de fallas, la primera noroeste-sureste que coinciden con las fracturas regionales que controlan el alzamiento de la Sierra de Ancasti, es decir, que están asociadas al levantamiento Terciario del Complejo Ambato por reactivación de estructuras antiguas, vinculadas con la Orogenia Andina del Terciario. Las segundas en dirección este-oeste, las cuales, en diversos estudios, se determinó que no son concluyentes en la ubicación de los bancos calcáreos aunque si, muy frecuentes y están asociadas al sistema de fallas transcurrentes noroeste-sureste durante los esfuerzos compresivos del Terciario. Y las terceras en dirección noreste-suroeste reactivadas, asociadas al sistema de los Lineamientos Aconquija y Catamarca, posiblemente de edad Pliocena.

A demás de las fallas, la cantera también se encuentra plegada; regionalmente algunos flancos de pliegues tienen más de 20km de extensión, las rocas esquistosas y la caliza quedaron intercaladas entre rocas plutónicas-metamórficas más competentes a la deformación. La zona de estudio se encuentra en el Dominio Central (Pellegrini 2013) que se caracteriza por la presencia de importantes pliegues con rumbos generales noroeste- sureste y

planos axiales verticales, que dan origen a la repetición de los estratos de caliza. La potencia vertical de la caliza plegada es superior a los 150 metros.

El Dominio Central estuvo sometido a un fuerte estrés tectónico durante el Terciario, los esfuerzos compresivos se resolvieron con plegamiento y fracturación de la secuencia calcárea. Las principales fallas cartografiadas en el Dominio Central exponen fallas con múltiples planos verticales denominadas FPB, F241W y F213 (Figura 30) orientadas en paralelo con los planos de pliegues.

Los dos juegos de fallas principales, reconocidos en el Dominio Central, muestran frecuentemente estrías de atrición en posición horizontal, indicando que superado el límite dúctil del plegamiento la caliza se fracturó principalmente a través de los planos de pliegues axiales verticales, con desplazamiento de los bloques en dirección sureste-noroeste y hacia el este a través de las fracturas de alivio.

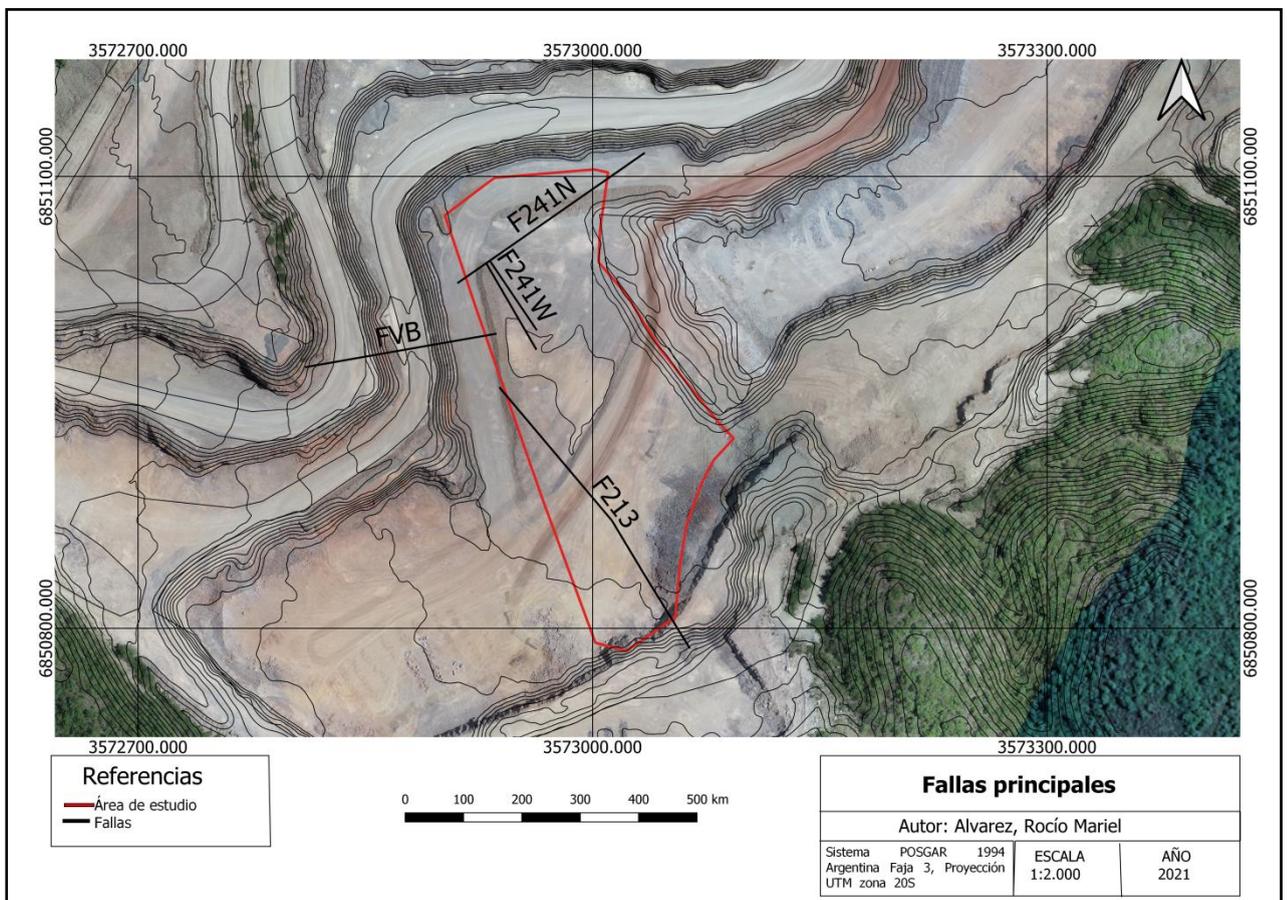


Figura 30_Fallas extendidas en la zona de estudio.

Lo expuesto anteriormente sirve para intentar relacionar la calidad obtenida con las estructuras presentes, superponiendo las estructuras a la calidad (Figura 32) se observaron tendencias de calidad que coinciden con los rumbos de las fallas.

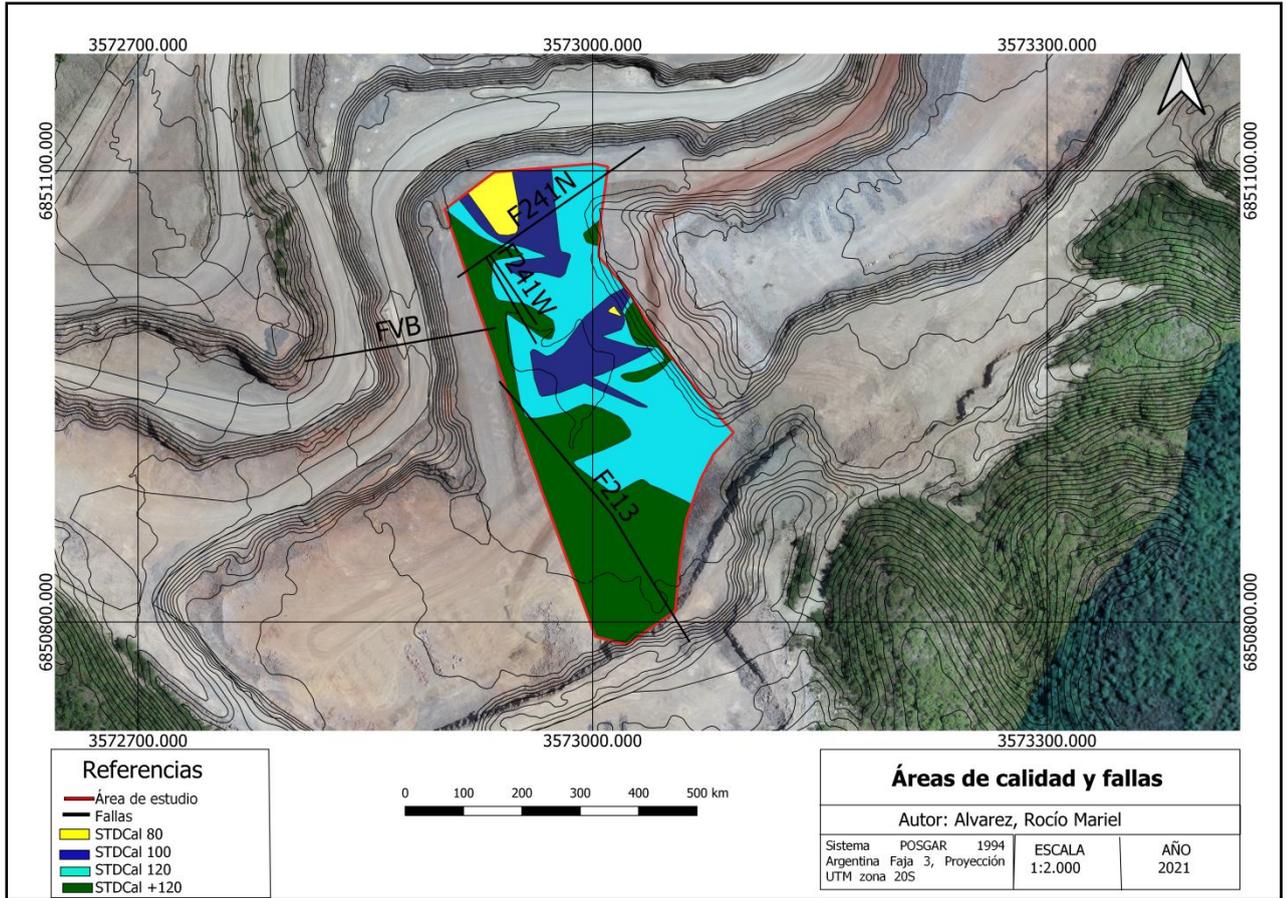


Figura 31_Calidad y fallas de la zona de estudio.

Las fallas dominantes son las de dirección Noroeste-Sureste, F213 y F241W, que coincide con la tendencia de calidad mayor a 120. Se pudo interpretar que estas fallas “separaron” la calidad, hacia el Oeste calidad alta y hacia el Este calidad más baja, consideran también la posición del esquisto a profundidad, que hacia el Este aparece a menos metros que hacia el Oeste. Por la cronología expuesta anteriormente la siguiente falla en suceder es la FVB que a su vez si se prolonga al Noreste se pudo observar que “corta” dos “cuerpos” con calidad 80 a 100. Se estimó que esos cuerpos eran uno solo y que posteriormente la falla los dividió produciendo fricción y calor que recrystalizó la caliza generando una zona intermedia con calidad mayor. Y posteriormente F241N con dirección Noreste-Suroeste marca un límite de calidad de 80.

Se puede inferir que la dirección de las tendencias de STDCal se correlaciona aparentemente con las fallas presentes, misma situación que se identificó en el nivel de explotación 535 (inferior), donde la aplicación de la misma metodología permitió determinar zonas de diferentes STDCal delimitadas por las estructuras geológicas presentes.

IV.3. Relaciones a profundidad

Para estudiar a mayor detalle el comportamiento del STDCal se realizaron perfiles en cuatro filas, que simulan avances de explotación, definidas según el programa de explotación del frente actual (Figura 33):

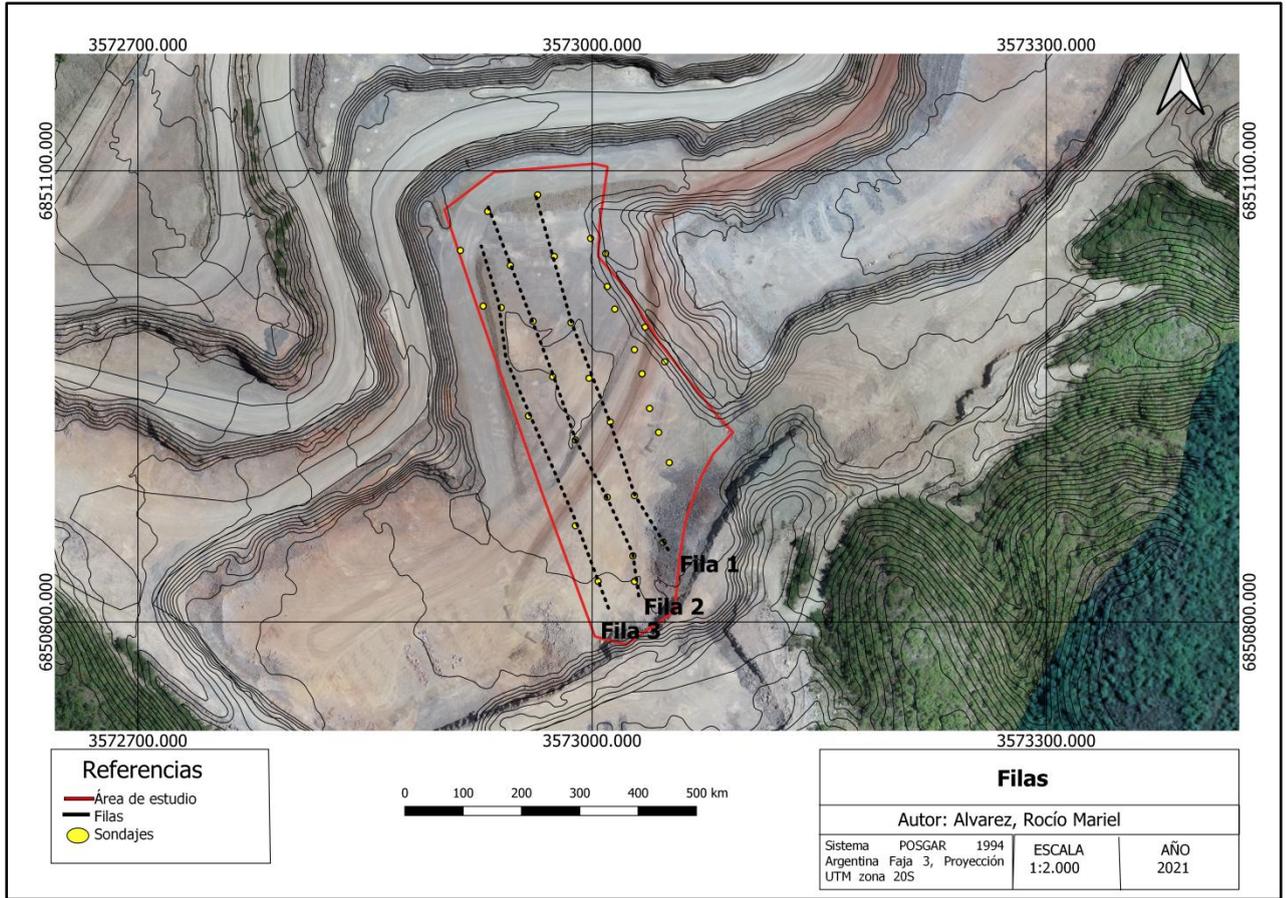


Figura 32_Determinación de las filas para realizar los perfiles.

Los perfiles de isovalores se efectúan con Leapfrog Mining, software específico para el modelamiento 3D con una proyección de uso muy alta entre las empresas mineras. Para la ejecución de los perfiles se tuvo en cuenta toda la información del pozo, es decir 21 metros, para evaluar la tendencia del STDCal considerando que no se realizan cálculos numéricos que puedan verse afectados por dichos 5 metros agregados.

Los perfiles fueron graficados con los mismos intervalos de calidad y colores que se utilizan en un modelo “globular”, lo cual quiere decir que los “mantos” que se formen en muchos casos se cerraran y en otros no, quedando un espacio “vacío” negro ya que se definen curvas no bloques.

Perfil N°1 (Figura 33): Contiene los sondajes de norte a sur 292-293-294-295-296-297-298, mide 21 metros de profundidad y 71 de largo. Se pudo observar claramente que los valores de STDCal mas altos se encontraron a mayores profundidades, siendo los primeros metros valores menores a 100. Es importante considerar la distribución de la calidad a profundidad al momento de realizar la explotación del nivel a ésta altura ya que los datos de STDCal promedio muchas veces son altos pero en alguna parte del pozo se encuentran valores bajos.

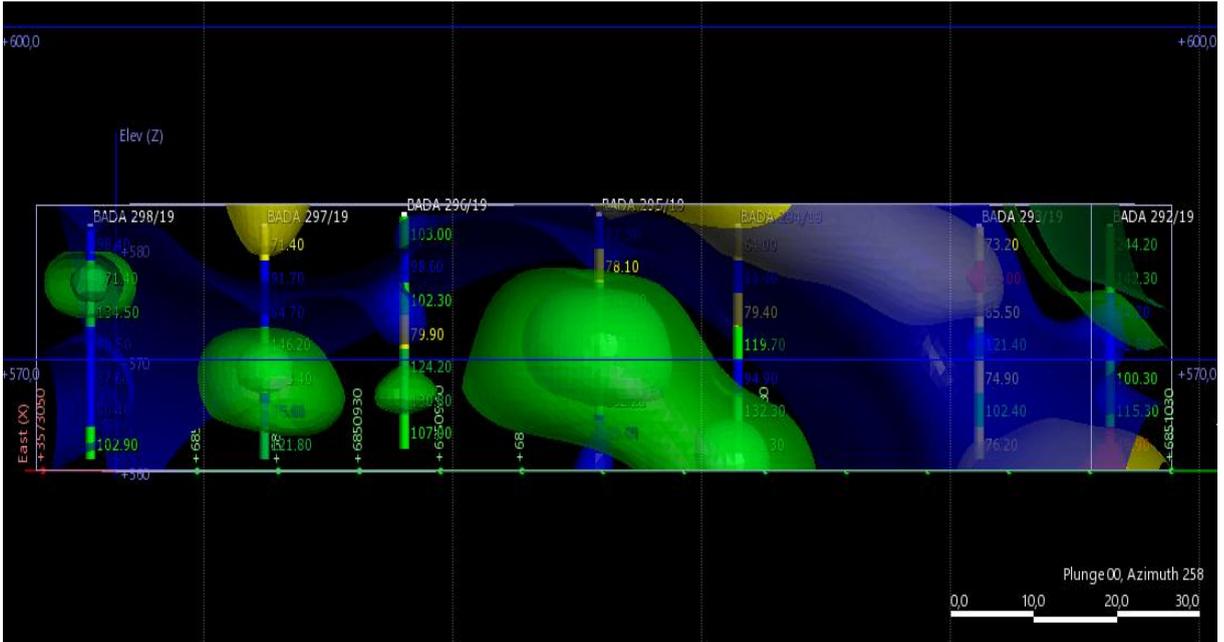


Figura 33_Perfil N°1 de sur a norte.

Perfil N°2 (Figura 34): Contiene los sondajes de norte a sur 521-412-413-414-415-416-417, con una altura de 21 metros y un largo de 125 metros. En ésta fila se observaron tendencias diferentes al anterior, la mayoría de los pozos presentan tendencias de STDCal menor en el centro y mayores hacia arriba y abajo.

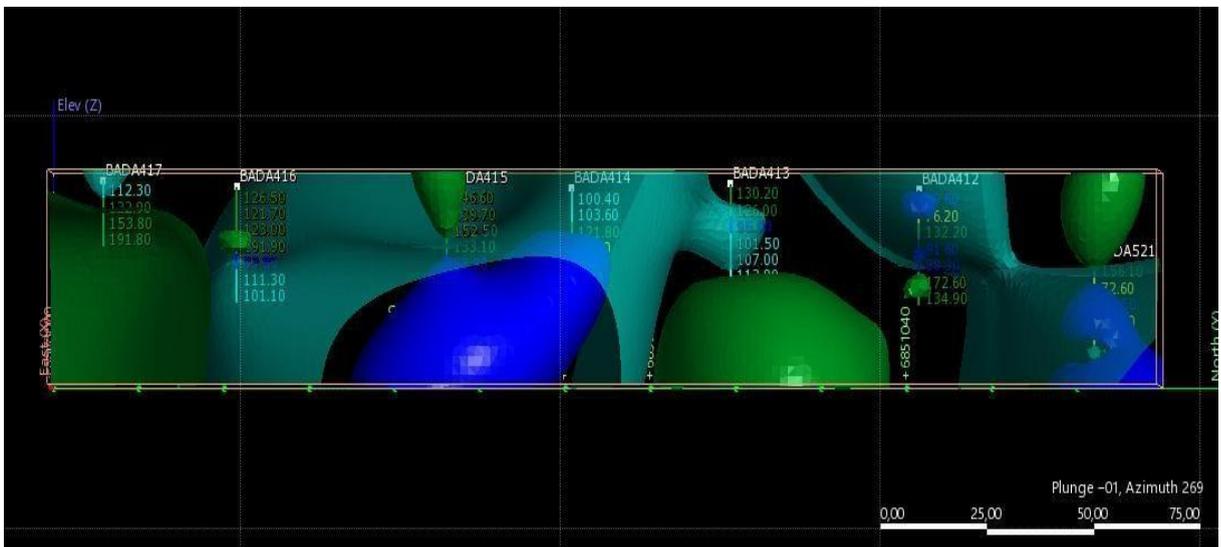


Figura 34_Perfil N°2 de sur a norte.

Perfil N°3 (Figura 35): Contiene los sondajes de norte a sur 522-523-418-419-420-421-422-423 con una altura de 21 metros y un largo de 270 metros. Fue posible apreciar el cambio de calidad por donde atraviesa la falla al norte entre los sondajes 522 y 523, detectando que hacia el norte disminuye notablemente la calidad, y en profundidad se observa que no mejora. Lo opuesto sucede hacia el sur donde se ve que la calidad solo aumenta con picos de 270 STDCal.

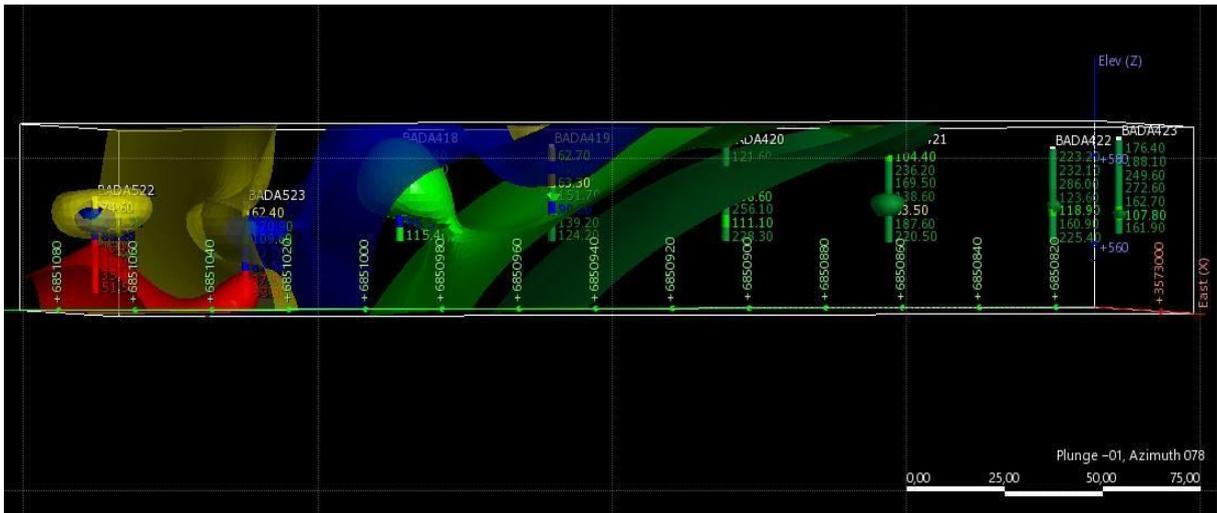


Figura 35_Perfil N°3 de sur a norte.

La realización de estos perfiles permitió evaluar la calidad a mayor detalle en profundidad, muchas veces desde la operación se guía con el promedio del pozo sin considerar que a lo largo del mismo existen variaciones extremas con tenores muy diferentes al promedio de toda la columna del pozo, un promedio de 120 esconde mínimos de 40 y máximos de 300 de calidad, ésta evaluación sirve para evitar las “sorpresas” al momento de extraer el material, permite una mejor planificación de los niveles y optimización de los materiales y lo procesos de fabricación del cemento.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

V.1. Conclusiones

- ✚ La metodología aplicada en el frente de explotación Oeste del nivel 550 de la Cantera Doña Amalia para la “Estimación de la Calidad”, constituye un aporte al plan de minado de mediano plazo y es factible de ser aplicado en otros sectores de la cantera.
- ✚ La calidad media del frente de explotación Oeste del nivel 550 se encuentra por encima de 101 STDCal, que es la requerida para la explotación.
- ✚ La zona evidencia una gran deformación regional dada por la presencia de estructuras principales bien definidas y múltiples estructuras secundarias. Se encuentra dentro del denominado Dominio Central, delimitado por las fallas Dolomita (al este) y por la falla Arcilla Roja (al oeste), caracterizado por:
 - i. Importantes pliegues, de rumbo general Noroeste y planos axiales verticales, con sucesión de sinclinales y anticlinales al Sureste.
 - ii. Dos juegos de fallas principales que muestran frecuentemente estrías en posición horizontal, indicando que superado el límite dúctil del plegamiento, la caliza se fracturó principalmente a través de los planos de pliegues verticales y se fue desplazando en dirección sureste-noroeste y hacia el este a través de las fracturas de alivio.
- ✚ En base a las relaciones geoquímicas – estructurales encontradas, fue posible inferir la presencia de estructuras que ofician de guías con respecto a la calidad promedio de los pozos. Se interpretó que las fallas “separaron” la calidad en el siguiente orden cronológico:
 - i. Las fallas dominantes F213 y F241W, coinciden con la tendencia de STDCal mayor a 120 separando hacia el oeste, las zonas de calidad alta y hacia el este, las de calidad más baja;
 - ii. La FVB en su prolongación noreste corta al cuerpo de caliza, viviéndolo en dos bloques con calidad 80 a 100, infiriendo que, por fricción y calor, se produjo recristalización de la caliza, generando una zona intermedia con calidad mayor.
 - iii. La falla posterior F241N, con dirección noreste-suroeste, marca un límite en la calidad de 80.
- ✚ Los dos métodos utilizados brindaron resultados similares tanto grafica como numéricamente, con diferencias poco significativas para la escala de trabajo, asociados a factores metodológicos. Se obtuvo 1.334.922Tn con 114.7 de STDCal para el método por Surpac y 1.366.988Tn con 116.7 de STDCal para el método por curvas de isovalores, considerando una diferencia de 2,35% en la cubicación (toneladas) y de 1,77% en el promedio de calidad (STDCal).
- ✚ La estimación de calidad del frente de explotación Oeste del Nivel 550, permitió determinar la gran importancia que existe en realizar la evaluación geoquímica y estructural de los sectores de explotación.

V.2. Recomendaciones

- ✚ Utilizar la metodología aplicada en esta investigación para los niveles restantes de la cantera y obtener el STDCal de cada uno de ellos.
- ✚ Ejecutar una nueva campaña de sondajes de diamantina a futuro y continuar con los sondajes de aire reverso anuales.
- ✚ Relevar las estructuras de toda la cantera para densificar la base de datos.
- ✚ Continuar con el estudio geológico y modelamiento de la caliza.
- ✚ Realizar un estudio petrológico para confirmar las relaciones geoquímicas-estructurales.
- ✚ Los estudios de evaluación de los recursos mineros y predicción de su calidad cementera, debe ser responsabilidad de profesionales idóneos.

BIBLIOGRAFÍA

Cisterna, C., 2003. Faja Intrusiva La Majada, sierra de Ancasti, Catamarca: Caracterización petrológica-estructural. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 58 (1): 20-30.

Coira, B. L. y Koukhars, M.L., 1970. Geología y petrología de la Sierra Brava. La Rioja, Argentina.

Gerencia Geología y Minería, 2009. Cantera Doña Amalia, Modelo Geoquímico de Cantera. Etapa Explotación Corto Plazo. Informe Interno Camargo Correa-Loma Negra. González Bonorino F., 1978. Hoja Geológica 14f, San Fernando del Valle de Catamarca, Provincias de Catamarca y Tucumán, Servicio Geológico Nacional, Buenos Aires.

Gutiérrez, A. y R. Mon, 2008. Macroindicadores cinemáticas en el Bloque Ambato, provincias de Tucumán y Catamarca. Revista de la Asociación Geológica Argentina, V.63, n1, Buenos Aires.

Marchioli, A., 2003. Estudio de Cuerpos Graníticos en la zona comprendida por los Paralelos (28°04' y 29°00' Lat. S.) y los Meridianos (65°10' y 66°00' Long. W). Provincia de Catamarca, para ser utilizados como Rocas de Ornamentación y otros usos. Seminario, F.T.C.A., Universidad Nacional de Catamarca.

Marcos, P. y E. Domínguez, 2014. Petrografía de 20 muestras de la Cantera Doña Amalia. Catamarca, InterCement S.A. Dpto. de Geología, Universidad nacional del Sur.

Murra, J., Baldo, E., Galindo, C., Casquet, C., Pankhurst, R., Rapela, C., Dahlquist, J., 2011. Sr, C and O isotope composition of marbles from the Sierra de Ancasti, Eastern Sierra Pampeanas, Argentina: age and constraints for the Neoproterozoic-Lower Paleozoic evolution of proto-Gondwanamargin. Geologica Acta, Vol.9, pag. 79 – 92.

Pellegrini J. 2004, Análisis estadístico en Esquisto verde y Caliza. SiO₂ vs Cuarzo. Cantera Doña Amalia, Planta Catamarca.

Pellegrini J. 2009, Cantera Doña Amalia, Modelo Geoquímico de Cantera. Etapa Explotación de Corto Plazo. Dirección Técnica, Gerencia de Geología y Minería. Loma Negra.

Pellegrini, J., 2013. Mapeo Geológico Y Geoquímico en Doña Amalia Catamarca. Informe Interno INTERCEMENT.

SMGA. 2012. Plan de Cierres de Canteras Operativas de Intercement en Argentina - Cantera Doña Amalia.

SMGA. 2014. Informe de exploración Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia.

SMGA. 2017. Actualización Informe de Impacto Ambiental, Loma Negra Planta Catamarca. Catamarca.

SMGA. 2018. Informe de Ampliación Actualización 2017. Informe de Impacto Ambiental Planta Catamarca - Cantera Doña Amalia. Catamarca.

SMGA. 2019. Actualización Bianual informe de impacto ambiental etapa explotación. Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia.

ANEXOS

Tabla 4 Base de datos

So ndaje	Material	From m)	o m)	Y	X		iO2	l2O3	e2O3	aO	C	TC
DA 287/19	Caliza			573035	850996	83	,01	,02	,49	3,88	5	12,8
DA 287/19	Caliza			573035	850996	83	,22	,13	,44	6,67	5	50,0
DA 287/19	Caliza			573035	850996	83	,24	,72	,92	0,97	5	69,6
DA 287/19	Caliza		2	573035	850996	83	0,26	,87	,05	6,73	4	48,3
DA 287/19	Caliza	2	5	573035	850996	83	6,15	,93	,55	2,37	4	5,5
DA 287/19	Caliza	5	8	573035	850996	83	9,82	,98	,64	0,39	4	6,2
DA 287/19	Caliza+Esqui sto Verde	8	1	573035	850996	83	3,79	,02	,81	7,45	3	1,0
							,576	,134	,89	0,124	5	17,1
DA 288/19	Caliza			573048	850973	82	,75	,04	,48	4,1	5	69,6
DA 288/19	Caliza			573048	850973	82	,6	,24	,7	2,98	5	89,0
DA 288/19	Caliza			573048	850973	82	8,18	,16	,51	0,98	4	3,9
DA 288/19	Caliza		2	573048	850973	82	3,83	,4	,37	4,09	4	04,2
DA 288/19	Caliza+Esqui sto Verde	2	5	573048	850973	82	3,49	,85	,9	6,58	3	0,5
DA 288/19	Caliza	5	8	573048	850973	82	4,08	,28	,22	4,08	4	03,0
DA 288/19	Caliza	8	1	573048	850973	82	6,5	,37	,66	1,22	4	0,7
							2,37	,138	,192	5,746	4	21,0
DA 289/19	Caliza			572999	851055	79	0,21	,43	,26	6,81	4	50,8
DA 289/19	Caliza			572999	851055	79	1,71	,98	,29	5,55	4	27,0
DA 289/19	Caliza			572999	851055	79	3,13	,45	,38	4,32	4	09,6
DA 289/19	Caliza		2	572999	851055	79	0,63	,31	,95	6,8	4	46,8
DA 289/19	Caliza	2	5	572999	851055	79	4,55	,32	,27	3,33	4	8,1
DA 289/19	Caliza	5	8	572999	851055	79	8,32	,52	,78	9,9	3	0,7
DA 289/19	Caliza	8	1	572999	851055	79	,57	,69	,22	6,58	4	57,9
							2,046	,898	,23	5,362	4	23,7
DA 291/19	Caliza			573009	851045	82	,52	,32	,26	7,86	4	82,7
DA 291/19	Caliza			573009	851045	82	7,3	,35	,74	0,77	4	6,4
DA 291/19	Caliza			573009	851045	82	4,56	,4	,39	3,62	4	8,3
DA 291/19	Caliza		2	573009	851045	82	2,81	,41	,38	4,04	4	11,5
DA 291/19	Caliza	2	5	573009	851045	82	1,74	,02	,31	5,4	4	26,1
DA 291/19	Caliza	5	8	573009	851045	82	,56	,52	,15	7,23	4	61,5
DA 291/19	Caliza	8	1	573009	851045	82	,53	,64	,2	7,02	4	60,3

ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE CALIZA EN EL FRENTE DE EXPLOTACIÓN OESTE DEL NIVEL 550 DE LA CANTERA DOÑA AMALIA, EL ALTO, CATAMARCA

							2,986	,3	,416	4,338	4	11,2
BA DA 292/19	Caliza			3 573010	6 851023	82	,65	,89	,96	9,5	4	44,2
BA DA 292/19	Caliza			3 573010	6 851023	82	0,59	,91	,26	6,45	4	42,3
BA DA 292/19	Caliza			3 573010	6 851023	82	6,27	,08	,48	2,1	4	4,2
BA DA 292/19	Caliza		2	3 573010	6 851023	82	5,38	,34	,36	3,1	4	2,5
BA DA 292/19	Caliza	2	5	3 573010	6 851023	82	4,41	,21	,3	3,84	4	00,3
BA DA 292/19	Caliza	5	8	3 573010	6 851023	82	2,82	,12	,34	5,15	4	15,3
BA DA 292/19	Caliza+Esqui sto Verde	8	1	3 573010	6 851023	82	4,18	,44	,63	6,82	3	9,9
							2,66	,086	,272	4,998	4	16,5
BA DA 293/19	Caliza			3 573015	6 851008	82	8,4	,87	,52	1,58	4	3,2
BA DA 293/19	Caliza+Esqui sto Verde			3 573015	6 851008	82	2,44	,7	,78	8,1	3	5,0
BA DA 293/19	Caliza			3 573015	6 851008	82	9,67	,17	,55	9,79	3	5,5
BA DA 293/19	Caliza		2	3 573015	6 851008	82	2,46	,81	,3	5,87	4	21,4
BA DA 293/19	Caliza	2	5	3 573015	6 851008	82	7,93	,5	,6	1,33	4	4,9
BA DA 293/19	Caliza	5	8	3 573015	6 851008	82	4,67	,92	,03	4,97	4	02,4
BA DA 293/19	Caliza	8	1	3 573015	6 851008	82	7,74	,21	,51	1,33	4	6,2
							8,18	,61	,55	1,334	4	3,9
BA DA 294/19	Caliza			3 573028	6 850981	82	9,81	,93	,72	9,04	3	4,0
BA DA 294/19	Caliza			3 573028	6 850981	82	4,3	,51	,37	3,49	4	9,4
BA DA 294/19	Caliza			3 573028	6 850981	82	6,81	,23	,59	1,09	4	9,4
BA DA 294/19	Caliza		2	3 573028	6 850981	82	2,29	,02	,35	5	4	19,7
BA DA 294/19	Caliza	2	5	3 573028	6 850981	82	5,12	,49	,23	3,59	4	4,9
BA DA 294/19	Caliza	5	8	3 573028	6 850981	82	1,24	,09	,26	5,86	4	32,3
BA DA 294/19	Caliza	8	1	3 573028	6 850981	82	,75	,55	,11	8,04	4	61,3
							5,666	,836	,452	2,442	4	8,4
BA DA 295/19	Caliza			3 573033	6 850965	83	7,04	,66	,33	2,52	4	2,5
BA DA 295/19	Caliza			3 573033	6 850965	83	7,29	,39	,54	1,59	4	8,1
BA DA 295/19	Caliza			3 573033	6 850965	83	,84	,32	,1	7,79	4	60,5
BA DA 295/19	Caliza		2	3 573033	6 850965	83	,02	,72	,94	0,67	5	76,8
BA DA 295/19	Caliza	2	5	3 573033	6 850965	83	0,43	,85	,15	6,16	4	44,1
BA DA 295/19	Caliza	5	8	3 573033	6 850965	83	,71	,37	,09	7,77	4	62,2
BA DA 295/19	Caliza	8	1	3 573033	6 850965	83	5,87	,66	,21	3,18	4	9,6
							2,124	,988	,212	5,746	4	23,7
BA DA 296/19	Caliza			3 573038	6 850942	83	4,09	,23	,3	4,11	4	03,0
BA DA 296/19	Caliza			3 573038	6 850942	83	4,52	,45	,21	3,58	4	8,6
BA DA 296/19	Caliza			3 573038	6 850942	83	3,79	,61	,47	3,49	4	02,3
BA DA 296/19	Caliza		2	3 573038	6 850942	83	6,59	,71	,58	1,27	4	9,9
BA DA 296/19	Caliza	2	5	3 573038	6 850942	83	2,09	,93	,18	5,72	4	24,2

ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE CALIZA EN EL FRENTE DE EXPLOTACIÓN OESTE DEL NIVEL 550 DE LA CANTERA DOÑA AMALIA, EL ALTO, CATAMARCA

DA 296/19	BA	Caliza	5	8	573038	850942	83	1,83	,54	,25	6,7	30,8
DA 296/19	BA	Caliza	8	1	573038	850942	83	3,62	,31	,24	4,47	07,0
								4,216	,586	,348	3,634	00,1
DA 297/19	BA	Caliza			573044	850926	82	8,93	,19	,47	1,06	1,4
DA 297/19	BA	Caliza			573044	850926	82	5,37	,66	,36	4,3	1,7
DA 297/19	BA	Caliza			573044	850926	82	6,29	,71	,47	2,04	4,7
DA 297/19	BA	Caliza		2	573044	850926	82	0,49	,49	,18	6,54	46,2
DA 297/19	BA	Caliza	2	5	573044	850926	82	,39	,5	,24	7,69	83,4
DA 297/19	BA	Caliza	5	8	573044	850926	82	4,86	,51	,33	3,3	5,6
DA 297/19	BA	Caliza	8	1	573044	850926	82	2,45	,69	,1	5,68	21,8
								3,894	,31	,344	4,066	04,0
DA 298/19	BA	Caliza			573051	850906	82	4,36	,61	,53	3,45	8,4
DA 298/19	BA	Caliza			573051	850906	82	,16	,37	,13	7,89	71,4
DA 298/19	BA	Caliza			573051	850906	82	1,29	,6	,18	5,99	34,5
DA 298/19	BA	Caliza		2	573051	850906	82	6,95	,41	,59	2,13	0,5
DA 298/19	BA	Caliza	2	5	573051	850906	82	5,04	,85	,61	1,61	7,6
DA 298/19	BA	Caliza	5	8	573051	850906	82	7,2	,74	,38	1,92	0,4
DA 298/19	BA	Caliza	8	1	573051	850906	82	4,06	,24	,41	4,06	02,9
								3,36	,568	,408	4,214	07,3
DA412	BA	Caliza			572975	851043	83	4,41	,44	,37	3,83	9,6
DA412	BA	Caliza			572975	851043	83	7,95	,76	,49	1,4	6,2
DA412	BA	Caliza			572975	851043	83	1,55	,73	,06	6,24	32,2
DA412	BA	Caliza		2	572975	851043	83	4,99	,11	,38	2,47	1,6
DA412	BA	Caliza	2	5	572975	851043	83	5,82	,89	,33	2,76	8,3
DA412	BA	Caliza	5	8	572975	851043	83	,02	,52	,05	7,74	72,6
DA412	BA	Caliza	8	1	572975	851043	83	1,22	,75	,29	6,19	34,9
								4,944	,586	,326	3,34	5,0
DA413	BA	Caliza			572986	850999	84	1,62	,86	,23	6,14	30,2
DA413	BA	Caliza			572986	850999	84	2,04	,89	,21	6,16	26,0
DA413	BA	Caliza			572986	850999	84	5,21	,38	,19	4,14	5,9
DA413	BA	Caliza		2	572986	850999	84	4,29	,42	,19	4,16	01,5
DA413	BA	Caliza	2	5	572986	850999	84	3,81	,22	,16	4,85	07,0
DA413	BA	Caliza	5	8	572986	850999	84	2,87	,34	,26	4,95	13,8
DA413	BA	Caliza	8	1	572986	850999	84	,09	,53	,01	8,15	92,3
								3,394	,154	,196	5,09	10,8
DA414	BA	Caliza			572998	850962	83	4,04	,77	,28	3,41	00,4
DA414	BA	Caliza			572998	850962	83	3,84	,54	,24	3,96	03,6
DA414	BA	Caliza			572998	850962	83	2,35	,93	,09	5,62	21,8

ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE CALIZA EN EL FRENTE DE EXPLOTACIÓN OESTE DEL NIVEL 550 DE LA CANTERA DOÑA AMALIA, EL ALTO, CATAMARCA

DA414	BA	Caliza			3 572998	6 850962	83	7,9	,85	,37	4 1,32	6,2
								4,532	,5225	,245	4 3,5775	8,3
DA415	BA	Caliza			3 573012	6 850933	83	0,62	,76	,12	4 7,57	46,6
DA415	BA	Caliza			3 573012	6 850933	83	0,92	,77	,19	4 6,59	39,7
DA415	BA	Caliza			3 573012	6 850933	83	0,07	,8	,17	4 7,26	52,5
DA415	BA	Caliza		2	3 573012	6 850933	83	1,51	,94	,17	4 6,83	33,1
DA415	BA	Caliza	2	5	3 573012	6 850933	83	6,34	,94	,48	4 1,94	3,8
DA415	BA	Caliza	5	8	3 573012	6 850933	83	5,84	,61	,39	4 2,95	9,1
								1,892	,042	,226	4 6,038	26,5
DA416	BA	Caliza			3 573028	6 850884	83	1,59	,64	,29	4 5,88	26,5
DA416	BA	Caliza			3 573028	6 850884	83	2,12	,48	,11	4 5,57	21,7
DA416	BA	Caliza			3 573028	6 850884	83	2,95	,47	,79	4 7,25	23,0
DA416	BA	Caliza		2	3 573028	6 850884	83	,59	,18	,86	4 9,79	91,9
DA416	BA	Caliza	2	5	3 573028	6 850884	83	5,32	,72	,36	4 3,95	3,8
DA416	BA	Caliza	5	8	3 573028	6 850884	83	3,41	,6	,22	4 5,91	11,3
DA416	BA	Caliza	8	1	3 573028	6 850884	83	4,53	,55	,31	4 4,89	01,1
								2,114	,098	,082	4 6,488	25,7
DA417	BA	Caliza			3 573047	6 850853	84	3,09	,33	,46	4 5,18	12,3
DA417	BA	Caliza			3 573047	6 850853	84	1,98	,5	,13	4 5,58	22,9
DA417	BA	Caliza			3 573047	6 850853	84	0,61	,32	,76	4 8,75	53,8
DA417	BA	Caliza		2	3 573047	6 850853	84	,58	,12	,83	4 9,56	91,8
								1,065	,8175	,045	4 7,2675	40,2
DA418	BA	Caliza			3 572961	6 851000	83	1,91	,96	,22	4 6,46	27,8
DA418	BA	Caliza			3 572961	6 851000	83	0,48	,6	,13	4 8,23	51,2
DA418	BA	Caliza			3 572961	6 851000	83	5,76	,95	,34	4 3,1	9,2
DA418	BA	Caliza		2	3 572961	6 851000	83	,93	,16	,87	5 0,2	08,4
DA418	BA	Caliza	2	5	3 572961	6 851000	83	3,21	,08	,08	4 5,87	14,6
DA418	BA	Caliza	5	8	3 572961	6 851000	83	5,12	,75	,08	4 4,02	5,5
DA418	BA	Caliza	8	1	3 572961	6 851000	83	3,49	,53	,88	4 6,25	15,4
								1,858	,95	,128	4 6,772	29,4
DA419	BA	Caliza			3 572974	6 850963	83	9,91	,24	,6	3 8,57	2,7
DA419	BA	Caliza			3 572974	6 850963	83	5,81	,35	,37	4 1,61	5,1
DA419	BA	Caliza			3 572974	6 850963	83	9,66	,41	,77	3 8,72	3,3
DA419	BA	Caliza		2	3 572974	6 850963	83	0,37	,68	,91	4 7,82	51,7
DA419	BA	Caliza	2	5	3 572974	6 850963	83	5,52	,02	,35	4 3,08	0,3
DA419	BA	Caliza	5	8	3 572974	6 850963	83	1,19	,7	,88	4 7,08	39,2
DA419	BA	Caliza	8	1	3 572974	6 850963	83	2,06	,22	,13	4 5,94	24,2

ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE CALIZA EN EL FRENTE DE EXPLOTACIÓN OESTE DEL NIVEL 550 DE LA CANTERA DOÑA AMALIA, EL ALTO, CATAMARCA

							6,254	,34	,4	1,96	4	3,6
DA420	BA	Caliza			3 572989	6 850921	83	2,17	,41	,23	4 5,72	21,6
DA420	BA	Caliza			3 572989	6 850921	83	1,09	,74	,99	4 7	39,6
DA420	BA	Caliza			3 572989	6 850921	83	,74	,17		4 9,7	87,8
DA420	BA	Caliza		2	3 572989	6 850921	83	3,49	,67	,2	4 5,12	08,6
DA420	BA	Caliza	2	5	3 572989	6 850921	83	,46	,07	,84	5 0,84	56,1
DA420	BA	Caliza	5	8	3 572989	6 850921	83	3,21	,51	,02	4 4,97	11,1
DA420	BA	Caliza	8	1	3 572989	6 850921	83	,23	,11	,85	5 0,36	28,3
							0,39	,812	,052		4 7,676	49,8
DA421	BA	Caliza			3 573010	6 850883	83	4,44	,89	,99	4 5,11	04,4
DA421	BA	Caliza			3 573010	6 850883	83	,02	,97	,8	5 0,27	36,2
DA421	BA	Caliza			3 573010	6 850883	83	,59	,06	,02	4 8,69	69,5
DA421	BA	Caliza		2	3 573010	6 850883	83	0,77	,26	,12	4 6,34	38,6
DA421	BA	Caliza	2	5	3 573010	6 850883	83	9,85	,52	,45	3 9,12	3,5
DA421	BA	Caliza	5	8	3 573010	6 850883	83	,56	,52	,92	4 9,3	87,6
DA421	BA	Caliza	8	1	3 573010	6 850883	83	,41	,15	,96	5 0,02	20,5
							2,334	,14	,076		4 5,906	22,0
DA422	BA	Caliza			3 573027	6 850844	83	,81	,71	,14	4 8,53	23,2
DA422	BA	Caliza			3 573027	6 850844	83	,22	,97	,94	5 0,93	32,1
DA422	BA	Caliza			3 573027	6 850844	83	,63	,31	,88	5 0,96	86,0
DA422	BA	Caliza		2	3 573027	6 850844	83	2,41	,5	,15	4 5,98	23,6
DA422	BA	Caliza	2	5	3 573027	6 850844	83	2,35	,42	,3	4 5,38	18,9
DA422	BA	Caliza	5	8	3 573027	6 850844	83	,78	,63	,84	4 7,88	60,9
DA422	BA	Caliza	8	1	3 573027	6 850844	83	,52	,84	,66	5 0,59	25,4
							,884	,582	,082		4 8,356	76,7
DA423	BA	Caliza			3 573028	6 850827	85	,98	,97	,12	4 8,86	76,4
DA423	BA	Caliza			3 573028	6 850827	85	,95	,98	,89	5 0,35	88,1
DA423	BA	Caliza			3 573028	6 850827	85	,91	,64	,68	5 1,24	49,6
DA423	BA	Caliza		2	3 573028	6 850827	85	,3	,68	,75	5 1,56	72,6
DA423	BA	Caliza	2	5	3 573028	6 850827	85	,83	,08	,78	4 8,73	62,7
DA423	BA	Caliza	5	8	3 573028	6 850827	85	4,35	,46	,16	4 5,9	07,8
DA423	BA	Caliza	8	1	3 573028	6 850827	85	,76	,27	,86	4 8,62	61,9
							,194	,87	,244		5 0,148	02,4
DA521	BA	Caliza			6 851084	3 572964	70	0,28	,23	,77	4 7,88	56,1
DA521	BA	Caliza			6 851084	3 572964	70	8,08	,46	,56	4 0,33	2,6
DA521	BA	Caliza			6 851084	3 572964	70	5,66		,41	4 2,62	8,5
DA521	BA	Caliza		2	6 851084	3 572964	70	7,28	,87	,37	4 1,84	9,7
DA521	BA	Caliza	2	5	6 851084	3 572964	70	8,97	,68	,34	4 1,94	3,6

ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE CALIZA EN EL FRENTE DE EXPLOTACIÓN OESTE DEL NIVEL 550 DE LA CANTERA DOÑA AMALIA, EL ALTO, CATAMARCA

DA521	BA	Caliza	5	8	851084	572964	70	0,01	,59	,92	7,37	55,7
DA521	BA	Caliza	8	1	851084	572964	70	7,11	,79	,56	2,27	1,2
								6,054	,648	,29	2,922	8,0
DA522	BA	Caliza			851073	572931	71	7,78	,14	,68	0,61	4,6
DA522	BA	Caliza			851073	572931	71	,56	,45	,99	7,61	81,3
DA522	BA	Caliza			851073	572931	71	6,41	,28	,2	3,48	8,2
DA522	BA	Caliza		2	851073	572931	71	6,4	,8	,94	6,9	6,4
DA522	BA	Caliza	2	5	851073	572931	71	9,03		,84	4,83	0,0
DA522	BA	Caliza	5	8	851073	572931	71	1,42	,6	,91	3,39	5,4
DA522	BA	Caliza	8	1	851073	572931	71	4,21	,57	,59	7,53	1,5
								9,636	,934	,53	0,686	8,6
DA523	BA	Caliza			851037	572946	70	0,86	,6	,34	9,5	2,4
DA523	BA	Caliza			851037	572946	70	,64	,06	,71	8,97	70,9
DA523	BA	Caliza			851037	572946	70	3,19	,34	,14	4,19	09,6
DA523	BA	Caliza		2	851037	572946	70	4,86	,91	,34	2,85	3,7
DA523	BA	Caliza	2	5	851037	572946	70	5,84	,31	,18	2,73	9,5
DA523	BA	Caliza	5	8	851037	572946	70	0,35	,23	,77	4,11	7,5
DA523	BA	Caliza	8	1	851037	572946	70	3,86	,13	,5	8,39	3,8
								4,878	,444	,142	3,648	6,7
DA524	BA	Caliza			851047	572913	71	,32	,37	,85	9,34	75,0
DA524	BA	Caliza			851047	572913	71	1	,39	,82	7,85	45,4
DA524	BA	Caliza			851047	572913	71	,76	,36	,81	9,17	84,9
DA524	BA	Caliza		2	851047	572913	71	,95	,51	,83	8,36	60,7
DA524	BA	Caliza	2	5	851047	572913	71	,77	,56	,82	8,81	64,6
DA524	BA	Caliza	5	8	851047	572913	71	,65	,95	,94	7,79	60,2
DA524	BA	Caliza	8	1	851047	572913	71	,76	,68	,87	8,68	63,4
								,76	,438	,826	8,706	65,2
DA525	BA	Caliza			851010	572928	70	6,14	,35	,04	6,74	6,9
DA525	BA	Caliza			851010	572928	70	7,54	,83	,47	1,78	8,5
DA525	BA	Caliza			851010	572928	70	7,63	,77	,24	2,44	9,7
DA525	BA	Caliza		2	851010	572928	70	2,65	,42	,19	5,12	15,9
DA525	BA	Caliza	2	5	851010	572928	70	,22	,91	,07	7,51	06,0
DA525	BA	Caliza	5	8	851010	572928	70	,01	,19	,86	9,24	02,3
DA525	BA	Caliza	8	1	851010	572928	70	2,54	,46	,85	6,96	25,9
								6,236	,656	,402	2,718	6,5
DA526	BA	Caliza			350973	572945	70	,27	,56	,91	8,41	71,0
DA526	BA	Caliza			350973	572945	70	,19	,1	,83	9,31	99,4
DA526	BA	Caliza			350973	572945	70	,35	,23	,88	8,72	73,1

ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE CALIZA EN EL FRENTE DE EXPLOTACIÓN OESTE DEL NIVEL 550 DE LA CANTERA DOÑA AMALIA,
EL ALTO, CATAMARCA

DA526	BA	Caliza		2	6 350973	3 572945	70	5,24	,85	,95	4,09	7,2
DA526	BA	Caliza	2	5	6 350973	3 572945	70	,38	,32	,69	9,45	18,8
DA526	BA	Caliza	5	8	6 350973	3 572945	70	,11	,22	,43	4,06	84,4
DA526	BA	Caliza	8	1	6 350973	3 572945	70	,15	,2	,46	4,19	78,8
								,886	,412	,852	7,996	60,9
DA527	BA	Caliza			6 850937	3 572958	70	5,81	,54	,04	3,91	1,9
DA527	BA	Caliza			6 850937	3 572958	70	,13	,33	,02	8,88	76,2
DA527	BA	Caliza			6 850937	3 572958	70	0,43	,54	,97	8,14	52,5
DA527	BA	Caliza		2	6 850937	3 572958	70	5,21	,06	,44	3,28	2,2
DA527	BA	Caliza	2	5	6 850937	3 572958	70	3,23	,33	,27	4,35	09,5
DA527	BA	Caliza	5	8	6 850937	3 572958	70	,95	,01	,8	9,88	08,4
DA527	BA	Caliza	8	1	6 850937	3 572958	70	2,09	,26	,81	7,59	32,9
								2,762	,16	,148	5,712	17,5
DA528	BA	Caliza			6 850864	3 572989	70	,91	,94	,7	0,49	13,3
DA528	BA	Caliza			6 850864	3 572989	70	,82	,43	,9	8,84	64,4
DA528	BA	Caliza			6 850864	3 572989	70	,74	,28	,55	3,83	82,1
DA528	BA	Caliza		2	6 850864	3 572989	70	2,66	,69	,87	7,01	24,0
DA528	BA	Caliza	2	5	6 850864	3 572989	70	,91	,66	,99	8,18	59,2
DA528	BA	Caliza	5	8	6 850864	3 572989	70	3,64	,15	,33	3,9	03,1
DA528	BA	Caliza	8	1	6 850864	3 572989	70	5,82	,84	,31	2,99	8,9
								,808	,2	,802	7,8914286	80,4
DA529	BA	Caliza			6 850827	3 573004	72	,78	,89	,89	9,91	90,6
DA529	BA	Caliza			6 850827	3 573004	72	,96		,01	8,67	63,9
DA529	BA	Caliza			6 850827	3 573004	72	,68	,05	,45	9,69	09,9
DA529	BA	Caliza		2	6 850827	3 573004	72	7,57	,18	,71	0,23	1,3
DA529	BA	Caliza	2	5	6 850827	3 573004	72	2,81	,25	,66	5,19	12,4
DA529	BA	Caliza	5	8	6 850827	3 573004	72	6,7	4,98	,29	4,35	,9
DA529	BA	Caliza	8	1	6 850827	3 573004	72	8,15	5,58	,19	4,08	,6
								1,36	,874	,944	6,738	32,7
DA568	BA	Caliza			6 851009	3 572940	69	0,38	,19	,87	8,26	55,8
DA568	BA	Caliza			6 851009	3 572940	70	2,79	,03	,15	5,31	16,6
DA568	BA	Caliza			6 851009	3 572940	70	3,34	,1		5,01	11,5
DA568	BA	Caliza		2	6 851009	3 572940	70	1,5	,29	,69	7,47	39,2
DA568	BA	Caliza	2	5	6 851009	3 572940	70	3,87	,83	,88	5,39	09,5
DA568	BA	Caliza	5	8	6 851009	3 572940	70	0,72	,45	,87	7,53	47,5
DA568	BA	Caliza	8	1	6 851009	3 572940	70	,94	,13	,72	9,19	83,7
								2,376	,688	,918	6,288	24,6

FIGURAS

Figura 1_Mapa de rutas de acceso desde San Fernando del Valle (rojo) y desde Frías – Santiago del Estero (azul) a Cantera Doña Amalia	10
Figura 2_Vista panorámica de la Cantera Doña Amalia con el área de estudio.	11
Figura 3_Vista a detalle del área de estudio.	11
Figura 4_Unidades morfológicas presentes en la región.....	13
Figura 5_Valores medios de temperatura y precipitación, periodo 1981-2010. Estadísticas a largo plazo. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, Estación meteorológica de las Termas de Río Hondo.....	14
Figura 6_Mapa de suelos de la provincia de Catamarca, el recuadro amplificado muestra el área de estudio.....	16
Figura 7_Esquema geológico general de la Sierra de Ancasti. Informe de exploración Planta Catamarca – cantera Doña Amalia. SMGA. 2014.	20
Figura 8_Miembro La Calera, secuencia estratigráfica. Informe de exploración Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia. SMGA. 2014.....	21
Figura 9 Geología local de la Cantera Doña Amalia.....	22
Figura 10_Contacto esquisto pardo-dolomita-caliza. Informe de exploración Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia. 2014.....	24
Figura 11_Banco de caliza sub-horizontal en contacto con esquisto verde. Informe de exploración Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia. 2014.....	24
Figura 12_Dominios Estructurales: Mirador, Transición, Central y La Puntilla. Mapeo Geológico Y Geoquímico en Doña Amalia Catamarca. Informe Interno INTERCEMENT. Pellegrini. J., 2013.....	26
Figura 13_Dominio Mirador. Informe de exploración Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia. SMGA. 2014.....	26
Figura 14_Dominio Transición, núcleo del pliegue. Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia. SMGA. 2014.....	27
Figura 15_Dominio Central. Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia. SMGA. 2014.	28
Figura 16_Dominio La Puntilla. Mapeo Geológico Y Geoquímico en Doña Amalia Catamarca. Informe Interno INTERCEMENT. Pellegrini. J., 2013.	29
Figura 17_Serranía La Puntilla. Informe de exploración Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia. SMGA. 2014.....	30
Figura 18_Dominio La Puntilla, Vertiente Noreste, Canales de Alteración Perpendiculares. Informe de exploración Planta Catamarca – Cantera Doña Amalia. SMGA. 2014.....	31
Figura 19_Vista al Norte desde el techo del nivel 550.....	33
Figura 20_Depresiones con estancamiento de agua/barro.	34
Figura 21_Vista desde el Norte hacia el sur del Esquisto Verde al Sur del nivel 550.	35
Figura 22_Continuidad de la Caliza al Norte en los siguientes niveles.....	35
Figura 23_Unidades litológicas presentes en la zona de trabajo y topografía de Diciembre 2020.....	36
Figura 24_Aspecto de la caliza con presencia de cuarzo y pirita diseminada.	37
Figura 25_Distribución de los sondajes año 2019 y 2020 en la zona de estudio.....	38
Figura 26_Puntos obtenidos de la interpolación.....	39
Figura 27_Conformación de las curvas de isovalores.....	39
Figura 28_Distribución de la calidad según Surpac.	42
Figura 29_Distribución de la calidad según QGIS.....	43

Figura 31_Fallas extendidas en la zona de estudio.	46
Figura 32_Calidad y fallas de la zona de estudio.	47
Figura 33_Determinación de las filas para realizar los perfiles.....	48
Figura 34_Perfil N°1de sur a norte.....	49
Figura 35_Perfil N°2 de sur a norte.....	49
Figura 36_Perfil N°3 de sur a norte.....	50

TABLAS

Tabla 1_Estimación de calidad según Modelo de Bloques, los datos obtenidos son arrojados por el software, Surpac del área de estudio.....	43
Tabla 2_Estimación de calidad según Curvas IsoValores, los resultados obtenidos son arrojados por el método realizado en QGIS del área de estudio.	44
Tabla 3_Diferencia de volumen y STDCal entre métodos, tomando como base el método de IsoValores, dada su mayor precisión al incluir el área.	44
Tabla 5 Base de datos	54

