

**Caracterización de Estructuras Mineralizadas y Control de Producción de la Mina  
Mocorongo, Sociedad Santa María GP.**

Orlando Antonio Trejos Rubio

Trabajo especial Proyecto de Grado

M. Sc. Mauricio Alvarán Echeverri

Programa de Geología

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Universidad de Caldas

2022

**NOTA DE APROBACIÓN**

Aprobado

---

---

---

---

---



**FIRMA DE DIRECTOR**

Manizales, marzo de 2022.

## CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| 1. Introducción.....                               | 1  |
| 2. Justificación.....                              | 3  |
| 3. Objetivos.....                                  | 4  |
| 3.1 Objetivo general.....                          | 4  |
| 3.2 Objetivos específicos.....                     | 4  |
| 4. Generalidades.....                              | 5  |
| 4.1 Gómez Plata.....                               | 5  |
| 4.2 Reseña histórica de la minería de la zona..... | 6  |
| 5. Geología Regional.....                          | 9  |
| 5.1 Batolito Antioqueño (K2ba).....                | 10 |
| 5.2 Formación San Pablo (Kap).....                 | 10 |
| 5.3 Depósitos Cuaternarios.....                    | 11 |
| 6. Geología Estructural.....                       | 12 |
| 6.1 Conjunto de Fallas del Occidente.....          | 12 |
| 6.2 Conjunto de Fallas del Norte.....              | 13 |
| 6.3 Conjunto de Fallas del Centro.....             | 13 |
| 7. Zona Minera Central de Antioquia.....           | 14 |
| 7.1 Distrito Batolito.....                         | 15 |

|  |    |
|--|----|
| 7.2 Área de Gómez Plata .....  | 16 |
| 8. Proyecto Minero Sociedad Santa María GP .....   | 17 |
| 8.1 Geología Mina Mococongo .....  | 18 |
| 8.2 Geología estructural Mina Mococongo .....  | 20 |
| 8.3 Estructuras Mineralizadas Mina Mococongo .....                                       | 21 |
| 8.4 Mina Mococongo .....   | 25 |
| 9. Funciones Desarrolladas por el Departamento de Geología Sociedad Santa María GP ..... | 29 |
| 9.1 Caracterización Geológica de Estructuras de Mineralización y Frentes de Explotación  | 29 |
| 9.2 Apertura de Nuevos Frentes .....   | 33 |
| 9.3 Control y Despacho de Cargas en Mina .....   | 37 |
| 9.4 Estimación de Calidad de un Frente de Explotación y Guías.....                       | 40 |
| 9.5. Recolección de Muestras .....   | 42 |
| 9.5.1. Muestreo Selectivo de Frente de Explotación .....                                 | 43 |
| 9.5.2. Muestreo Representativo Composito de Voladura.....                                | 44 |
| 9.5.3. Muestreo Control de Acopio .....  | 45 |
| 9.6. Cartografía y Modelamiento Minero .....   | 46 |
| 9.6.1. Topografía .....  | 46 |
| 9.6.2. Modelamiento Minero .....   | 47 |
| 9.7. Bases de Datos Departamento de Geología.....  | 48 |
| 9.7.1. Informe Cantidad de Toneladas.....  | 49 |

|   |    |
|---|----|
| 9.7.2. Informe de Avances por Voladura.....                               | 50 |
| 9.7.3. Informe de Muestras.....   | 51 |
| 9.8. Cálculo de Reservas.....   | 52 |
| 9.9. Venta de Mineral .....   | 53 |
| 10. Producción marzo a septiembre del 2021, Sociedad Santa María GP ..... | 56 |
| 11. Conclusiones.....   | 60 |
| 12. Recomendaciones .....   | 62 |
| 13. Bibliografía.....   | 64 |
| 14. Agradecimientos.....  | 66 |

## Lista de Figuras

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Mapa de los límites del municipio de Gómez Plata, Antioquia. (Tomado de Alcaldía Municipal Gómez Plata, 2018).....   | 5  |
| <b>Figura 2.</b> Mapa Geológico zona de estudio Gómez Plata. (Tomado de la plancha 131, Servicio Geológico Colombiano, 2011).....   | 9  |
| <b>Figura 3.</b> Mapa geología estructural del municipio de Gómez Plata, Antioquia. Se observa el lineamiento preferencial del Conjunto de Fallas de Centro, con orientación preferencial NW – SE. (Tomado de Corantioquia - Universidad EAFIT, 2015). .....                            | 12 |
| <b>Figura 4.</b> Mapa de las zonas mineras de Antioquia, definidas por su geología y geografía. (Tomado de Rodriguez & Pernet, 1983). .....   | 14 |
| <b>Figura 5.</b> Títulos mineros otorgados a Sociedad Santa María GP. (Tomado de Departamento de Geología, Sociedad Santa María GP).....  | 17 |
| <b>Figura 6.</b> Bocaminas y antiguas labores dentro de los títulos mineros otorgados a la Sociedad Santa María GP. (Tomado de departamento de Geología, Sociedad Santa María GP). .....  | 18 |
| <b>Figura 7.</b> Mineralogía de la granodiorita con textura típica de la Mina Mocerongo; obsérvese cristales de plagioclasa, feldespato potásico, cuarzo y anfíboles; también, se apreció fracturas afectadas por epidotización, caracterizada por su color de tonalidades verdes. .... | 19 |
| <b>Figura 8.</b> Dique félsico en contacto con la granodiorita correspondiente a la roca caja, se resalta en línea punteada amarilla dicho contacto, ubicado en la cruzada de la Mina Mocerongo. ....   | 20 |

**Figura 9. a)** Veta Grillos en respaldo de túnel en el Nivel 0 Grillos al oeste, en línea amarilla punteada se limita la estructura, con el fin de observar su forma tabular. **b)** bifurcación de Veta Molinos, ubicada en la cruzada. ....21

**Figura 10.** Mapa de la Mina Mococongo, obsérvese las estructuras mineralizadas paralelas de orientación E – W, todas interceptadas de manera perpendicular por la cruzada. (Tomado de Sociedad Santa María GP). ....22

**Figura 11. a)** Muestra de mano proveniente de la clavada 2, Mina Mococongo, con presencia de calcopirita (dorado), bornita (purpura) y covelina (azul). **b)** Muestra de mano proveniente del frente principal del Nivel 1, Mina Mococongo, con presencia de pirita (dorado pálido).....23

**Figura 12.** Frente de explotación en la sobre guía 3 al este del tambor 9, Mina Mococongo. Se observa y se resalta la Veta Grillos, en este punto se ha dividido en 2; además, contiene un lente de granodiorita en medio. La mineralización presente corresponde a pirita masiva. ....24

**Figura 13.** Epidotización presente en la roca caja, se observan fracturas rellenas por minerales de tonos verdosos, ubicado en la cruzada de la Mina Mococongo. ....25

**Figura 14.** Ejemplo sección de perfil de extracción de material de zonas de bonanza, por medio de corte y relleno en acceso por tambores y sobre guías; además, apertura de tambores exploratorios posteriormente abandonados ya que no se apreciaba la veta. Sección de perfil Nivel 0, Mina Mococongo. (Tomado de Sociedad Santa María GP). ....26

**Figura 15.** Ejemplo sección de perfil de zonas de bonanza entre Nivel 0 y Nivel 1, accediendo por medio de tambores y sobre guías, para posteriormente extraer bloques por medio de corte y relleno. Mina Mococongo. (Tomado de Sociedad Santa María GP). ....27

**Figura 16.** Perfil de la Mina Mocerongo, se observa la extracción de la Veta Grillos, consta de 1 cruzada, 2 niveles, 3 clavadas (clavada 1 completada, clavada 2 y 3 en desarrollo) y 30 tambores. (Tomado de Sociedad Santa María GP). .....28

**Figura 17.** Personal de geología tomando dato de ancho de labor, se realiza con flexómetro en el punto de mayor apertura del frente de explotación. ....30

**Figura 18.** Personal de geología tomando dato de ancho de estructura, se realiza con flexómetro en el punto medio del frente de explotación; si la veta es mas ancha o angosta en algunos puntos, se toman todas las medidas y se promedia este ancho. ....31

**Figura 19.** Personal de geología tomando dato estructural de la estructura mineralizada, se obtiene con una brújula en planos representativos, de igual manera se realiza para las fallas. ....32

**Figura 20.** Personal de geologías tomando dato de avance total de un tambor, se realiza con flexómetro en tambores nuevos, o con cinta métrica en tambores de mayor dimensión. Este dato se toma desde el frente de explotación hasta el techo de la guía. ....32

**Figura 21.** Apertura de nuevo tambor en el Nivel 1, la línea amarilla punteada resalta la continuidad de la veta en el techo de la guía. El geólogo decide el punto donde señalar con pintura verde la apertura de este nuevo frente de explotación. ....34

**Figura 22.** Diagrama de corte y relleno de un bloque. **a)** se realizan perforación y cargue de explosivos en el techo de la sobre guía. **b)** luego de la voladura, el material con veta se descarga hacia la tolva. **c)** con el piso limpio, se procede a descargar y nivelar el material estéril procedente de otros frentes, de esta manera se sube el piso y se continua con la siguiente voladura al techo.35



**Figura 23.** Malacate ubicado en la clavada 1, eleva todo el material proveniente del nivel 1; tiene una capacidad aproximada de 1 tonelada; aquí se cargan las vagonetas que son empujadas hasta los acopios en el campamento.....36

**Figura 24.** Vagoneta con capacidad de 0.7 toneladas, siendo cargada con material elevado del nivel 1 por el malacate. ....36

**Figura 25.** Acopios de la Mina Mocerongo; de izquierda a derecha: Acopio o Patio 3, para carga estéril; Acopio 2, para cargas con tenor entre 3 y 10 gramos/Ton; Acopio 4, para cargas sin tenor determinado y Acopio 1 para cargas con tenor mayor a 10 gramos/Ton. ....38

**Figura 26.** Gráfico de ejemplo de bifurcación de Veta Grillos; ubicada en la clavada 2, sobre guía 2 al este, a los 12 metros de avance.....40

**Figura 27.** Ejemplo de sulfuro "Migado", este se encuentra de una manera muy similar a la escarcha dorada. En la Mina Mocerongo funciona como guía mineralógica de zonas ricas.....42

**Figura 28.** Muestreo Selectivo de Frentes. **a)** En la imagen se resalta la Veta Grillos, de manera selectiva se va recolectando la muestra en varios puntos de la estructura, así se tiene representación de todo el frente de explotación. **b)** La muestra es recolectada en una bolsa plástica de 3 kilos, es rotulada con su respectivo consecutivo.....43

**Figura 29.** Muestreo representativo composito de voladura. **a)** con línea purpura punteada se resalta los limites de las paredes del túnel, de igual manera el techo y el frente de explotación; además, con línea verde punteada se resalta el material desprendido por la voladura, este se compone de veta, granodiorita y falla. **b)** La muestra de composito de voladura contiene diversos fragmentos de toda la pila de material, se escoge aleatoriamente, de igual manera el material fino también se toma para dicha muestra., .....44

**Figura 30.** Muestreo de Control en Acopios. **a)** el material es apilado directamente por el descargue de las vagonetas en los acopios. **b)** La muestra de control de acopio se toma con pala, recolectando un poco a lo largo y ancho de toda la pila. ....45

**Figura 31.** Ejemplo de modelamiento minero realizado con software Auto Cad. Se realiza el perfil de la clavada 2, Mina Mocerongo. (Tomado de Sociedad Santa María GP). ....47

**Figura 32.** Gráfico Excel "Vulcan", se observa en la parte inferior las diversas pestañas con los datos almacenados; cada celda del grafico almacena una muestra recolectada de los frentes de explotación. (Tomado de Sociedad Santa María GP). ....48

**Figura 33.** Volqueta de 15 toneladas siendo cargada por retrocargador con material de venta. ....55

**Figura 34.** Gráfico toneladas de cada lote de marzo a septiembre, 2021. (Tomado de Sociedad Santa María). ....58

**Figura 35.** Gráfico tenor promedio de cada lote de marzo a septiembre, 2021. (Tomado de Sociedad Santa María). ....59

**Figura 36.** Gráfico gramos totales de cada lote de marzo a septiembre, 2021. (Tomado de Sociedad Santa María). ....59

## Lista de Tablas

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Ejemplo informe cantidad de toneladas.; allí se registra todo el material extraído y elevado a superficie. (Tomado de Sociedad Santa María GP).....             | 49 |
| <b>Tabla 2.</b> Ejemplo informe de avances por voladura, allí se registra todas las voladuras realizadas con sus respectivos avances. (Tomado de Sociedad Santa María GP). .... | 51 |
| <b>Tabla 3.</b> Ejemplo informe muestras de acopio. (Tomado de Sociedad Santa María GP). ....   | 51 |
| <b>Tabla 4.</b> Ejemplo informe de muestras de frente. (Tomado de Sociedad Santa María GP). ....  | 52 |
| <b>Tabla 5.</b> Toneladas totales extraídas de marzo a septiembre, 2021. (Tomado de Sociedad Santa María). ....   | 56 |
| <b>Tabla 6.</b> Toneladas totales de material de veta (mina) en acopios de marzo a septiembre, 2021. (Tomado de Sociedad Santa María). ....                                     | 57 |
| <b>Tabla 7.</b> Datos generales de producción de cada lote de marzo a septiembre, 2021. (Tomado de Sociedad Santa María). ....  | 57 |

## **Resumen**

Como práctica profesional para titulación de pregrado en geología, se realizó trabajo rutinario como auxiliar de geología en la empresa minera Sociedad Santa María GP, en el municipio de Gómez Plata, departamento de Antioquia; de marzo a septiembre del año 2021. Desde el departamento de geología se aplican los conocimientos académicos y profesionales en la optimización de la producción minera de oro en labores subterráneas explotando depósitos tipo filón. Se desempeñan tareas como caracterización geológica de estructuras mineralizadas, muestreo representativo, levantamiento topográfico de mina subterránea, modelamiento minero de túneles y administración de datos utilizados en la operación; además, se proponen ideas de cooperación en la apertura de nuevos frentes de producción y desarrollo; controlando minuciosamente destino de cargas elevadas a superficie para el correcto manejo de tenores diluidos, cumpliendo metas propuestas en la venta de mineral a la planta de beneficio de la empresa Antioquia Gold; también, se realiza la revisión bibliográfica de la zona minera y sus datos geológicos, para poder entender completamente la historia e interpretación del depósito; con el fin de mejorar planes de producción, acelerando la extracción sin comprometer la calidad.

## **1.Introduccion**

El sector norte del departamento de Antioquia goza con el privilegio de ser una gran zona minera de metales, especialmente oro; la extracción de este mineral ha sido en depósitos aluviales y filones que han sido explotados desde hace siglos y que aun representan una enorme relevancia en la economía de la región. El municipio de Gómez Plata se fundó en torno a las quebradas ricas en mineral, paulatinamente fue creciendo y diversificando su actividad económica, en la actualidad otros sectores han superado al sector minero como principal fuente de ingresos para el municipio; aun así, la minería sustenta a una gran parte de la población. La minería en Gómez Plata no es de gran escala como en municipios como Buriticá o Segovia, esto debido a el tipo de depósito, que corresponde a filones de poco espesor con altos tenores, lo que significa una extracción con túneles angostos para minimizar la dilución. Hoy día el potencial minero de Gómez Plata es muy grande, pero a falta de inversión muchos proyectos aun no pueden desarrollarse; la minería artesanal sigue estando muy presente y actualmente solo hay una empresa minera dedicada a la extracción de oro.

La empresa Sociedad Santa María GP es la empresa minera de oro en el municipio de Gómez Plata; cuenta actualmente con una mina llamada Mocerongo de la cual se extrae material de veta para ser vendido a la planta de beneficio de la empresa Antioquia Gold en el municipio de Cisneros. En Sociedad Santa María GP se instruyen a gran variedad de practicantes profesionales en su etapa final de formación. El presente trabajo sustenta la practica académica de marzo a septiembre del 2021, donde se desempeñaron las tareas a cargo del Departamento de Geología de la Sociedad Santa María GP; que comprendían: reconocimiento de frentes de explotación, con medición de avances, caracterización geológica, recomendaciones y muestreo del depósito fundamentalmente; todo esto apoyado en su respectivo trabajo de oficina donde se realiza el registro histórico de todas

las actividades, datos y muestras recogidas; para así ejecutar el modelamiento geológico y minero de la mina.

## 2. Justificación

La minería en Gómez Plata no es la más famosa ya que no hay grandes proyectos como en otros municipios de la región; sin embargo la explotación de minerales lleva siglos siendo actividad económica del municipio, aun hoy día los experimentados y empíricos del oro recorren los ríos del pueblo en busca del mineral; también están las minas informales y artesanales, que en el caso de Mocorongo fue una bocamina que exploto vetas cercanas artesanalmente, pero es cuando la Sociedad Santa María GP llega al municipio, comienza a retomar estas labores antiguas, modernizando y formalizando la minería del sector. La empresa ha traído desarrollo y empleo al municipio, y su misión siempre ha sido continuar en expansión para aumentar cada vez más las utilidades y poder tecnificar más el trabajo; esto ha sido una realidad ya que el proyecto pequeño que arranco con unos decenas de metros de una guía principal, ahora se encuentra con 2 niveles de más de 300 metros cada uno, y actualmente se profundiza más en las clavadas para alcanzar el tercer nivel; lo mismo ocurre con el factor humano, que siempre ha crecido en número de trabajadores alcanzando ahora la cifra cercana a los 100 empleados.

Desde la parte del Departamento de Geología se ha optado por la contratación de practicantes geólogos para realizar las caracterizaciones y cartografía de los túneles; ya que al ser un depósito particular de vetas de poco espesor y de morfología camandular en rumbo y buzamiento, con una sola voladura el frente puede cambiar completamente, por ello el equipo de geología brinda el mayor profesionalismo en el entendimiento del depósito, y así optimizar la producción con el tenor requerido. La empresa Sociedad Santa María GP busca acelerar la producción con mayor cantidad de frentes de trabajo; también se busca atraer inversión para arrancar otros proyectos en la región que han presentado anomalías positivas y así continuar exitosamente con la expansión de la empresa para aumentar todos los beneficios que se han alcanzado hasta ahora en Gómez Plata.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

- Optimizar la producción y explotación de mineral en la mina Mococongo de la empresa Sociedad Santa María GP; desarrollando la caracterización de estructuras mineralizadas y demás actividades propias de geólogo de mina para la optimización de cantidad de material extraído con fundamental cuidado en control de tenores de envíos de material bruto para la venta a la empresa Antioquia Gold.

#### **3.2 Objetivos específicos**

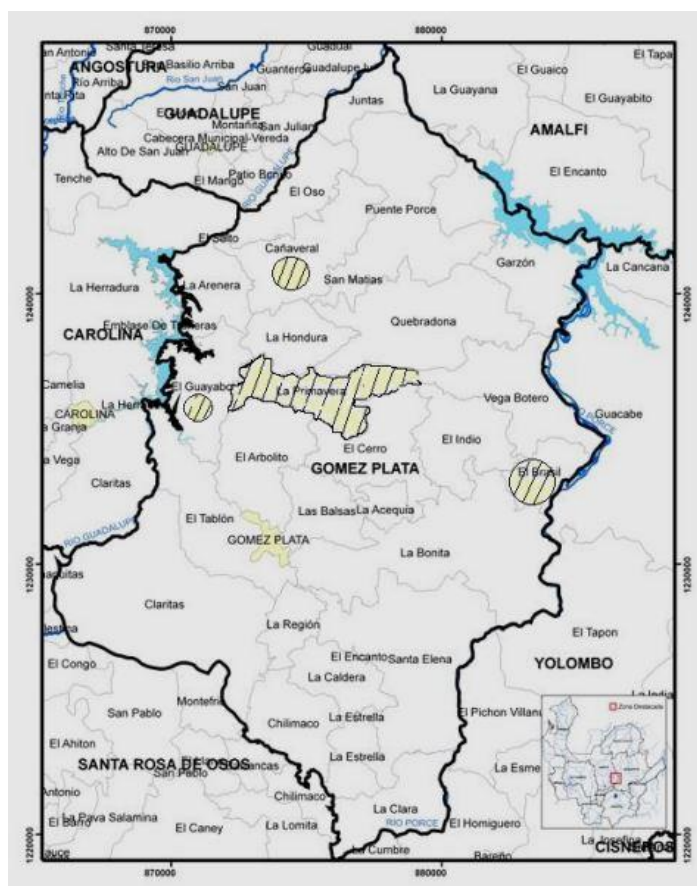
- Realizar caracterización geológica y descripción macroscópica de estructuras de mineralización en los frentes de explotación; acompañado de su respectiva toma de muestras representativas de diferentes tipos.
- Medición de avances y en su defecto corrección de rumbos de los túneles de la mina, con el fin de realizar un óptimo levantamiento topográfico con cinta y brújula para el modelamiento minero en el software Auto Cad.
- Registrar datos obtenidos en campo en el histórico de bases de datos para el correcto manejo de distribución de cargas en los diferentes acopios en función del tenor; así, manejar tenores diluidos y promedios generales de cargamentos de venta.



## 4. Generalidades

### 4.1 Gómez Plata

Con 360 Km<sup>2</sup> de extensión total, Gómez Plata es un municipio de la subregión norte de Antioquia (*Figura 1*); cuenta con una extensión urbana de 7.79 Km<sup>2</sup> y una altura de su cabecera municipal de 1800 msnm; el pueblo tiene una población de 9753 habitantes (DANE, 2018). Se localiza en la Cordillera Central de Colombia, limita con los municipios de Guadalupe y Amalfi al norte, con Santa Rosa de Osos y Yolombo al sur, con Amalfi y Yolombo al oriente; y con Carolina de Príncipe y Guadalupe al occidente. (Alcaldía Municipal Gómez Plata, 2018).



*Figura 1.* Mapa de los límites del municipio de Gómez Plata, Antioquia. (Tomado de Alcaldía Municipal Gómez Plata, 2018).

Los límites físicos del municipio están definidos por rasgos naturales del relieve como los son: al norte y al oriente el Rio Porce, al norte y occidente el Rio Guadalupe, al sur la Quebrada Guanacas; también, el filo por encima de los 2000 msnm que atraviesa el Alto El Morro y la Quebrada la Morena hasta desembocar al Rio Porce. (Alcaldía Municipal Gómez Plata, 2018).

El relieve de la zona corresponde a un sistema escalonado de altiplanos de gran extensión y zonas de escarpes de gran pendiente correspondientes al cañón del Rio Cauca; este relieve es común en toda la subregión norte de Antioquia. La altura y relieve de Gómez Plata hace que el municipio posea 3 pisos térmicos con las siguientes extensiones: 266 Km<sup>2</sup> de zona templada, 76 Km<sup>2</sup> de zona fría y 18 Km<sup>2</sup> de zona cálida; además diferencias de altura desde 600 metros en el Rio Porce, hasta 2300 metros en el Cerro Mocerongo. (Alcaldía Municipal Gómez Plata, 2018).

La actividad económica en Gómez Plata es diversa, con la mayor participación en el sector agropecuario: con agricultura productora de caña de azúcar, café, maíz, plátano y yuca. La ganadería es principalmente lechero y ceba; después de la principal actividad económica se encuentra el sector turístico y minero, teniendo ambos casi la misma participación; la minería corresponde a principalmente oro y plata extraídos en mayor medida por la empresa de capital venezolano: Sociedad Santa María GP; pero también muchos mineros aún se encuentran en la informalidad con extracción artesanal. También es importante mencionar la empleabilidad que en la actualidad genera el sector de la infraestructura, con la construcción de la autopista que conecta a Medellín con el municipio de Cisneros; y también la construcción de la central hidroeléctrica El Salto. (Alcaldía Municipal Gómez Plata, 2018).

#### **4.2 Reseña histórica de la minería de la zona**

La minería en las comunidades antioqueñas generalmente ha sido el nicho común de crecimiento de los poblados; a pesar de la gran cantidad de recursos que el departamento posee como el carbón

y el hierro, cuando se habla de minería en Antioquia generalmente se piensa en la minería de oro; este ha sido extraído de 2 maneras: las vetas y minas de aluvi6n; ancestralmente se han extraído estos 6ltimos, ya que su explotaci6n es sencilla y artesanal, donde una sola persona en los cauces de los ríos puede extraer su cantidad suficiente para tener una buena utilidad, este tipo de dep6sitos son los que se han extraído desde hace siglos y aun hoy día son vigentes para la gente del com6n; por otro lado, el extracci6n de oro en vetas, viene posteriormente, ya que su extracci6n es m6s compleja, necesitando ingeniería para la construcci6n de t6neles que puedan alcanzar y seguir las continuidades de las vetas en profundidad, esto por supuesto aumenta los costos de la operaci6n. (Arbelaez, 2000).

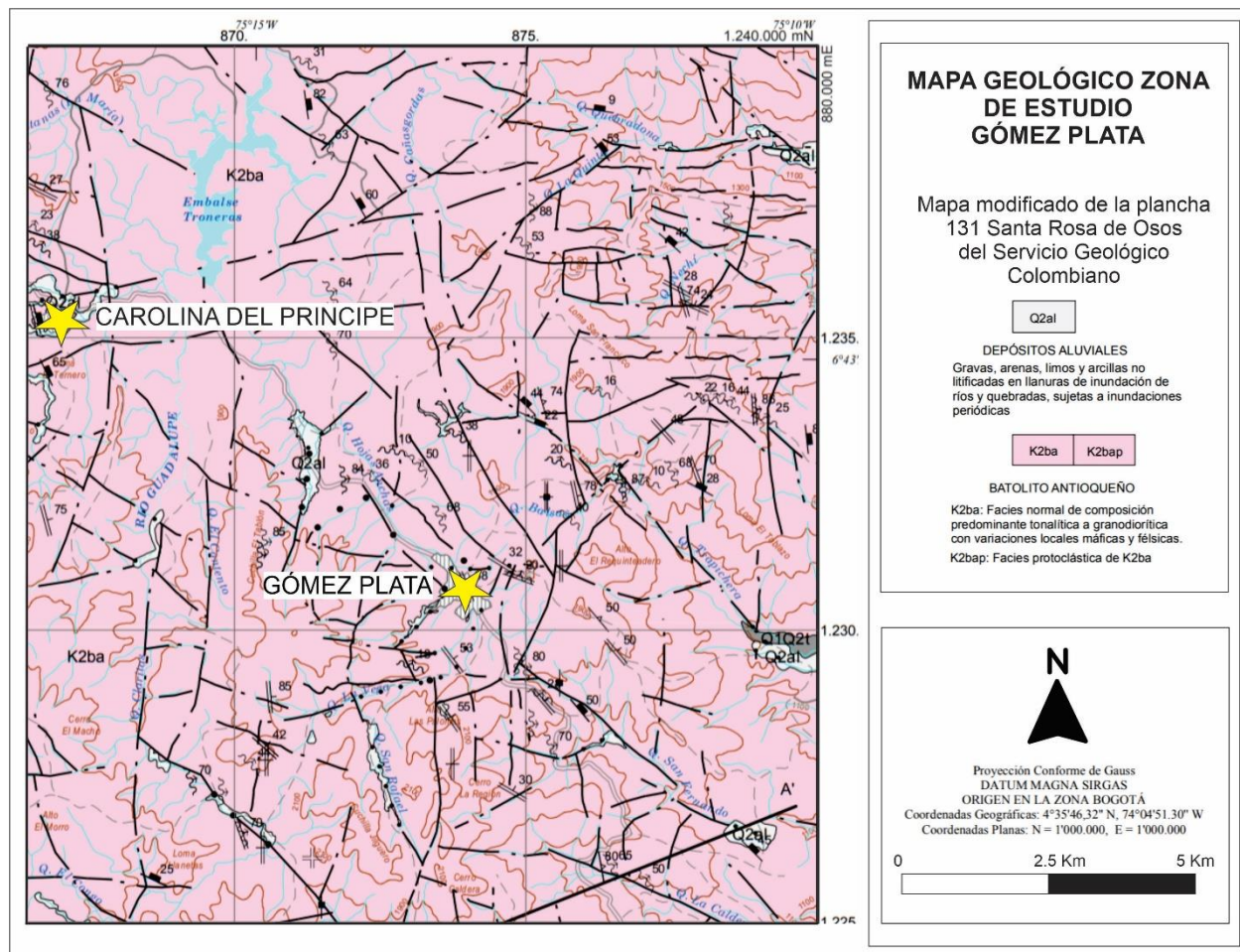
El gran negocio de oro comienza con la llegada de los conquistadores al nuevo mundo y su impresi6n del gran potencial aurífero del continente; en el siglo XVI cuando el territorio de la hoy Antioquia era explorado por los conquistadores, estos encontraron zonas que calificarían como legendarias por la riqueza del mineral, estas mismas aun famosas por su historia y actual producci6n como lo son Buriticá, el Bajo Cauca y el Bajo Nechí; a finales de este mismo siglo, la minería se había convertido en la m6s grande actividad econ6mica de la regi6n; pero es hasta el siglo XVII y XVIII que los pobladores del Valle de Aburra comienzan a migrar y llegan a los altiplanos de Santa Rosa y Rionegro, descubriendo estas potenciales provincias mineras. Luego de la independencia es cuando comienza la explotaci6n de los dep6sitos de veta, ya que hasta entonces solo ocurría en Buriticá y Marmato; con la llegada de nuevas tecnologías como el molino de piones; las vetas comenzaron a explotarse en toda la regi6n y se maximizo la producci6n y recuperaci6n del mineral. (Gamboa - Corantioquia, 2004).

En las campañas migratorias de los pobladores del Valle de Aburra, hacia el norte, se encontr6 una zona de interés entre los ríos Guadalupe y Porce, donde se encontraba una quebrada rica en

oro que adquirió el nombre de Hojas Anchas, alrededor de esta creció una ranchería con el mismo nombre. La zona se hizo relativamente famosa y comenzó a atraer a más pobladores, primero llegaron mestizos y criollos en busca del sustento de su familia, luego comenzaron a llegar terratenientes con sus respectivas cuadrillas de esclavos. Como la zona estaba teniendo una población importante, atrajo la atención del gobernador, quien decidió repartir las tierras al colono que quisiera trabajarlas para fomentar la agricultura al mismo tiempo que la minería. Los centros poblados se desplazaron, ya que el lugar no era apropiado para cultivar, pero Hojas Anchas al tener minería tan productiva, se mantuvo allí y creció en torno a la quebrada. Con el tiempo y luego de muchas disputas políticas y administrativas, Hojas Anchas tuvo muchos cambios de nombre y categoría; hasta 1903, cuando ya se establece como municipio y adquiere el nombre Gómez Plata. (Alcaldía Municipal Gómez Plata, 2018).

## 5. Geología Regional

La región central del departamento de Antioquia, se identifica por la ocurrencia mayormente de rocas ígneas representadas por el Batolito Antioqueño (**Figura 2**); en menor proporción también se encuentran rocas metamórficas, representadas en mayor proporción por el Complejo Cajamarca, estas rocas hacen las veces de encaje del batolito de edad Cretácica. Las rocas sedimentarias están representadas por secuencias que van de Cretácico a Neógeno; estas secuencias tienen áreas pequeñas, y la más representativa es la Formación San Pablo. (Corantioquia - Universidad EAFIT, 2015).



**Figura 2.** Mapa Geológico zona de estudio Gómez Plata. (Tomado de la plancha 131, Servicio Geológico Colombiano, 2011).

Estas formaciones son las de principal ocurrencia en el municipio de Gómez Plata, siendo casi en totalidad el Batolito Antioqueño; en el marco regional se encuentran otras formaciones relativamente próximas, pero fuera del área de interés como lo son las metamórficas: Granulitas de San Isidro y Anfibolita de Medellín. Las rocas ígneas: granitos cataclásticos y Gabro de Altamira. Los depósitos Cuaternarios son asociados a la actividad fluvial de los cauces y depósitos de vertiente. (Corantioquia - Universidad EAFIT, 2015).

### **5.1 Batolito Antioqueño (K2ba)**

Cuerpo intrusivo que aflora en la parte central del departamento de Antioquia, con una extensión de 7800 Km<sup>2</sup>, sin incluir sus cuerpos satélites. Descrito por varios autores desde principio del siglo XIX; fue Botero (1942), quien le asignó el nombre y sus características petrográficas y químicas. Este cuerpo lo constituyen principalmente tonalitas y granodioritas con poca variación composicional; además, en menor proporción se pueden encontrar cuarzo dioritas y dioritas. Generalmente la unidad se caracteriza por ser una roca ígnea masiva, competente, fanerítica, holocristalina de grano medio a grueso; compuestas por cristales de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, anfíbol y biotita; esta composición es muy poco variable donde las diferencias las presentan mayormente la ocurrencia de minerales secundarios, en algunas zonas se puede encontrar autolitos básicos y xenolitos incluso métricos de la roca caja. (Servicio Geológico Colombiano, 2011).

### **5.2 Formación San Pablo (Kap)**

Unidad sedimentaria conformado por 2 facies: 1. Areniscas cuarzosas de grano fino a medio, argilitas y filitas, estas facies corresponde a la mayoría de la formación; principalmente las areniscas cuarzosas que son masivas de tonalidad gris oscuro. Los estratos pelíticos van desde una estratificación fina a totalmente masivos, compuestos por argilitas y filitas caracterizadas por su

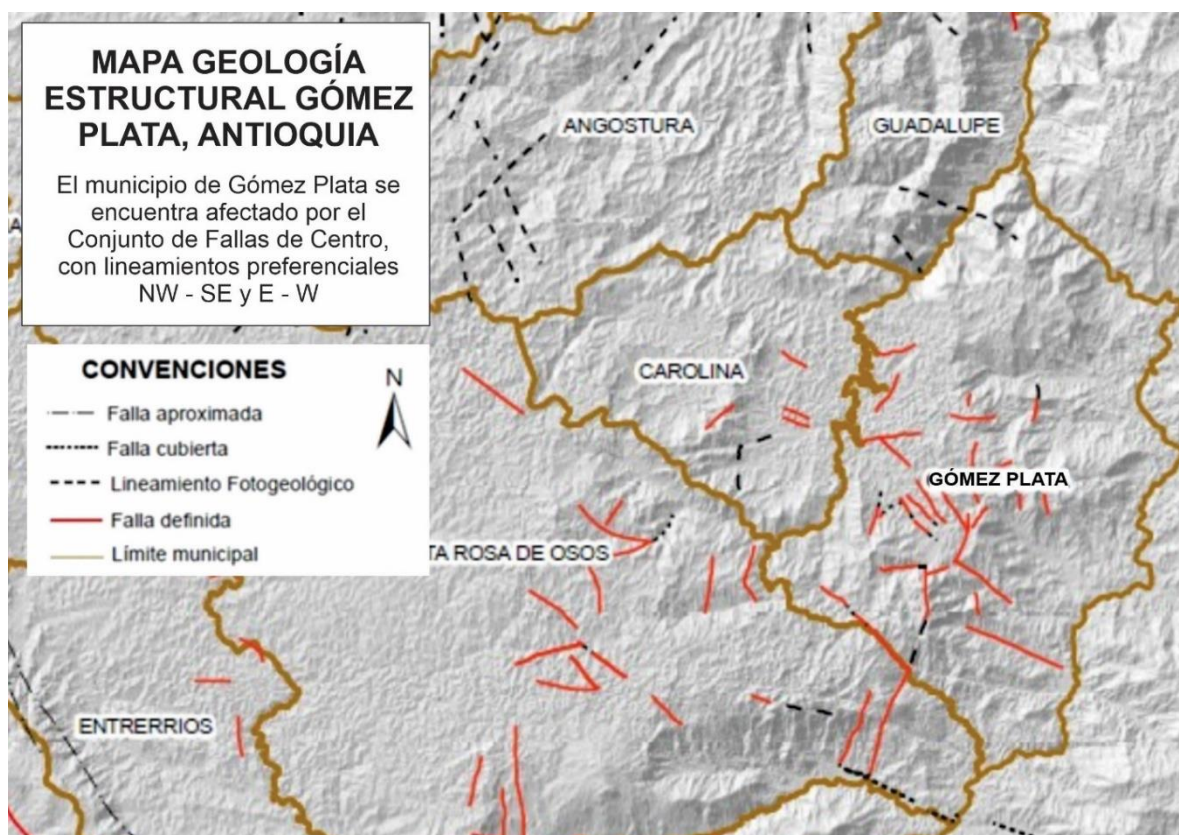
lustre satinado; esta facies se encuentra afectado por un metamorfismo regional facies esquisto verde incipiente. 2. La segunda facies corresponde a conglomerados polimicticos y oligomicticos con intercalaciones de filitas, estratificados con arenisca cuarzosa de grano grueso. La formación San Pablo está en contacto con el Batolito Antioqueño en las cercanías al municipio de Guadalupe; este contacto intrusivo genero la formación de cornubianas por la acción del metamorfismo de contacto. (Corantioquia - Universidad EAFIT, 2015).

### **5.3 Depósitos Cuaternarios**

Los depósitos cuaternarios corresponden principalmente a aluviones y coluviones que son asociados al origen aluvial de la erosión del cuerpo ígneo a lo largo de los ríos y quebradas de la zona. Estos depósitos se caracterizan por ser acumulaciones de clastos de composición heterogénea; también, clastos de todos los tamaños sin compactar ni litificar en las llanuras de inundación, abanicos y conos. (Servicio Geológico Colombiano, 2011).

## 6. Geología Estructural

La zona de la provincia minera central de Antioquia está controlada por sistemas de fallas regionales que afectan toda la Cordillera Central. En la región se definen lineamientos fotogeológicos que se agrupan en conjuntos según su orientación preferencial (conjunto de fallas de occidente, norte y centro). El municipio de Gómez Plata se encuentra afectado por el Conjunto de Fallas Centro (**Figura 3**): (Corantioquia - Universidad EAFIT, 2015).



**Figura 3.** Mapa geología estructural del municipio de Gómez Plata, Antioquia. Se observa el lineamiento preferencial del Conjunto de Fallas de Centro, con orientación preferencial NW – SE. (Tomado de Corantioquia - Universidad EAFIT, 2015).

### 6.1 Conjunto de Fallas del Occidente

Se encuentran fallas alineadas en sentido general SE – NW al occidente del Sistema de fallas Cauca. (Corantioquia - Universidad EAFIT, 2015).



## **6.2 Conjunto de Fallas del Norte**

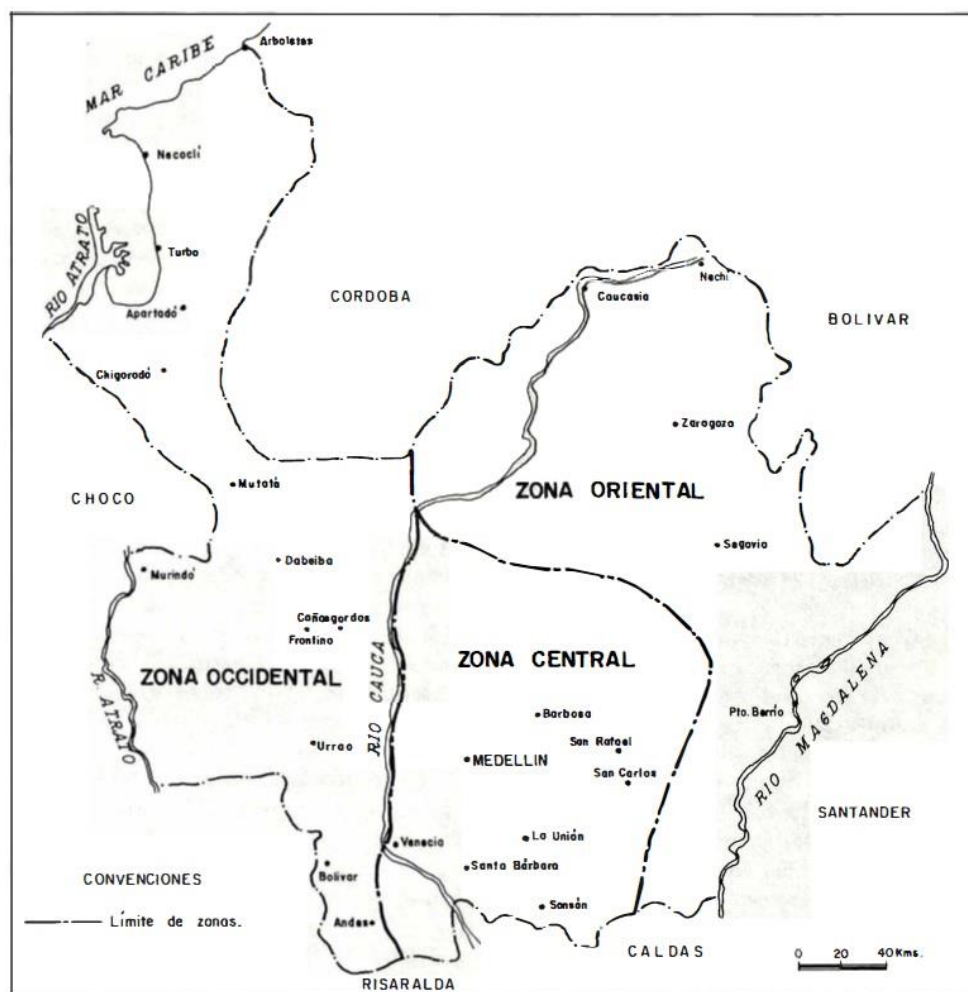
Define el contacto fallado de varias unidades en el norte de la provincia minera central, estas tienen una tendencia general N – S. (Corantioquia - Universidad EAFIT, 2015).

## **6.3 Conjunto de Fallas del Centro**

Fallas alineadas con tendencia general E – W; pero también es común la una variación haciéndolas NW – SE; entre ellas está la Falla del Rio Chico y el Sistema de Fallas del Rio Grande. (Corantioquia - Universidad EAFIT, 2015).

## 7. Zona Minera Central de Antioquia

En el trabajo realizado por Rodríguez y Pernet (1983), titulado Recursos Minerales de Antioquia; se dividió el departamento en 3 secciones con base en el Mapa Geológico desarrollado por el Servicio Geológico Colombiano, en ese entonces INGEOMINAS; esto con fines prácticos para construir 3 zonas identificables por su geología y geografía: las zonas Occidental, Central y Oriental (*Figura 4*). (Rodríguez & Pernet, 1983).



*Figura 4.* Mapa de las zonas mineras de Antioquia, definidas por su geología y geografía. (Tomado de Rodríguez & Pernet, 1983).

La zona del proyecto corresponde a la Zona Minera Central de Antioquia, se encuentra en la parte centro y sur del departamento; comprende la geología del Batolito Antioqueño y de Sonsón

principalmente, las rocas típicas son de tonalitas a cuarzodioritas. Esta zona tiene una topografía muy accidentada y de grandes desniveles desde 1000 a 2600 msnm. Dentro de la zona se han definido los siguientes distritos mineros: 1. Distrito Batolito (Batolito Antioqueño), 2. Distrito de Sonsón (Batolito de Sonsón y rocas metamórficas), 3. Distrito del Cauca (al occidente en las cercanías al Río Cauca); de estos tres, el de interés para el presente trabajo es el Distrito Batolito. (Rodriguez & Pernet, 1983).

### **7.1 Distrito Batolito**

Corresponde a toda la zona de intrusión del Batolito Antioqueño, por esta razón, es el más extenso de los distritos de todo el departamento. En todo el distrito es usual encontrar explotación del oro aluvial, desarrollada por medio de barequeo; incluso mucho del oro de otros distritos aguas abajo como los aluviones del Bajo Cauca y Nechi, proviene de la erosión de las vetas del Distrito Batolito. Otros recursos de importancia en el distrito son el cobre en el municipio de La Ceja y la bauxita en los Llanos de Cuivá. (Rodriguez & Pernet, 1983).

En el distrito se encuentran relevantes mineralizaciones en filones famosas como en los municipios de Amalfi, Anorí, Santa Rosa de Osos, Guadalupe, Carolina, Cisneros, Yolombó, Gómez Plata, Yalí entre otros. Las vetas están mineralizadas por sulfuros como la pirita, blenda, galena, calcopirita y en ocasiones arsenopirita y estibina; generalmente esta mineralización no sobrepasa el 10%. Las vetas no presentan alguna dirección preferencial y los espesores son variables, pero generalmente no superan el metro, en algunos casos las vetas pueden superar los 2 metros, pero son caracterizadas por sus bajos tenores. Muchos proyectos mineros en la región son de pequeña escala, de venta de material bruto a empresas de mayor alcance con plantas de beneficio. (Lozano & Pulido, 1986)

## 7.2 Área de Gómez Plata

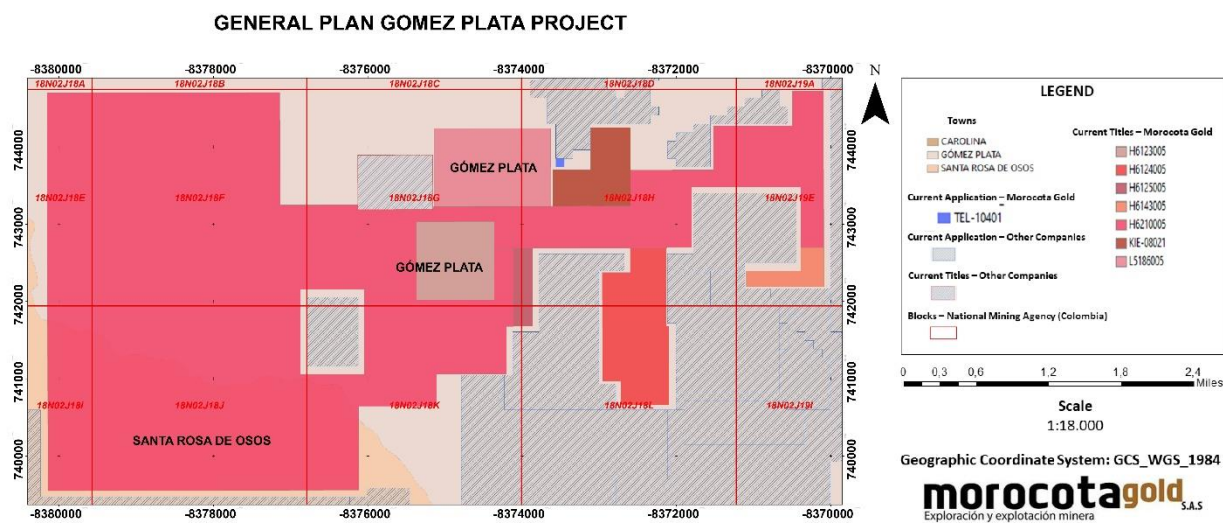
La minería actualmente se encuentra en actividad por empresas mineras que extraen las vetas en minas subterráneas; la explotación de aluviones ya no es tan usual como en otras épocas, pero algunos pobladores aun la practican. Las vetas se localizan al sur de la cabecera municipal, todas encajadas en el Batolito Antioqueño, controladas estructuralmente por el fallamiento. Se encuentran vetas de espesores centimetricos, mineralizadas con pirita y calcopirita y ganga de cuarzo; también en ocasiones blenda y galena. Es común que las venas desaparezcan hasta solo apreciarse el plano de falla con salbanda y manchas de oxidación debido a los sulfuros. En otros casos en los mismos depósitos las vetas pueden llegar a tener una potencia de 40 cm; dichos ensanchamientos se marcan por la bifurcación de la veta. (Rodriguez & Pernet, 1983).

No se ha encontrado descripciones ni observaciones de vetas emplazadas en litología diferente al Batolito Antioqueño; excepto una anotación que realizo la Planta Metalúrgica Nacional para la Mina La Región, que, según su informe, un filón se encontraría emplazado en un dique de roca básica. La explotación típica se realiza por medio de guías, clavadas y tambores. Las estructuras mineralizadas se encuentran con un buzamiento sub vertical, lo que ayuda a la facilidad de extracción por medio de tambores. La extracción de filones no se ha realizado a gran escala en la zona, por la limitación geológica de vetas de bajo espesor, pero también debido a la falta de recursos técnicos; se estima que la extracción de Gómez Plata no supera las 100000 toneladas de mineral. (Rodriguez & Pernet, 1983).

## 8. Proyecto Minero Sociedad Santa María GP

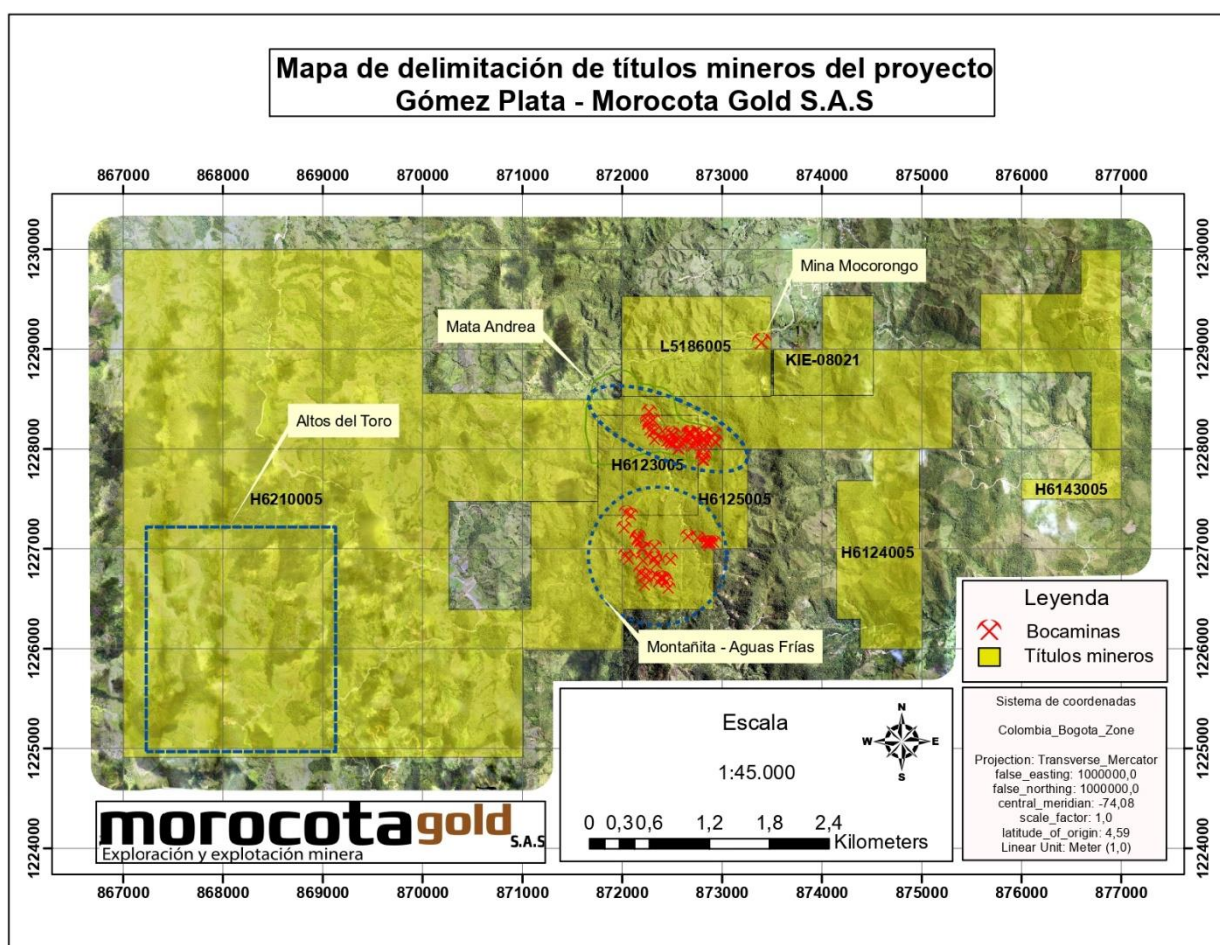
Sociedad Santa María GP es una empresa minera de oro, en operación en el municipio de Gómez Plata, Antioquia; a unos 90 Km de la ciudad de Medellín. Comúnmente se refiere a la mina y a la empresa como Morocota Gold, ya que la Sociedad es la unión de la empresa Santa María y Morocota Gold; algunos datos tienen el nombre Morocota Gold, sin embargo, esto hace referencia a la misma empresa. (Morocota Gold S.A.S, 2020).

La Sociedad Santa María GP actualmente se encuentra en producción minera en una mina llamada Mocerongo; está ubicada al sur de la cabecera municipal de Gómez Plata, en la vereda Angosturita; allí se encuentra la boca mina, el campamento minero, laboratorio y planta de beneficio. Aunque la empresa actualmente solo extrae material de la mina Mocerongo, cuenta con otros títulos mineros que fueron de producción anteriormente y también otros terrenos con anomalías positivas de exploración (*Figura 5*). (Morocota Gold S.A.S, 2020).



*Figura 5.* Títulos mineros otorgados a Sociedad Santa María GP. (Tomado de Departamento de Geología, Sociedad Santa María GP).

El suroeste de Gómez Plata ha tenido un gran historial minero, con labores artesanales muy antiguas; las empresas son las que han llegado y tecnificado estas antiguas labores, siendo más de 200 labores antiguas de extracción de filones (*Figura 6*), pero por imposibilidades técnicas, esta extracción se limitó al saprolito oxidado, sin alcanzar grandes profundidades. (Morocota Gold S.A.S, 2020).

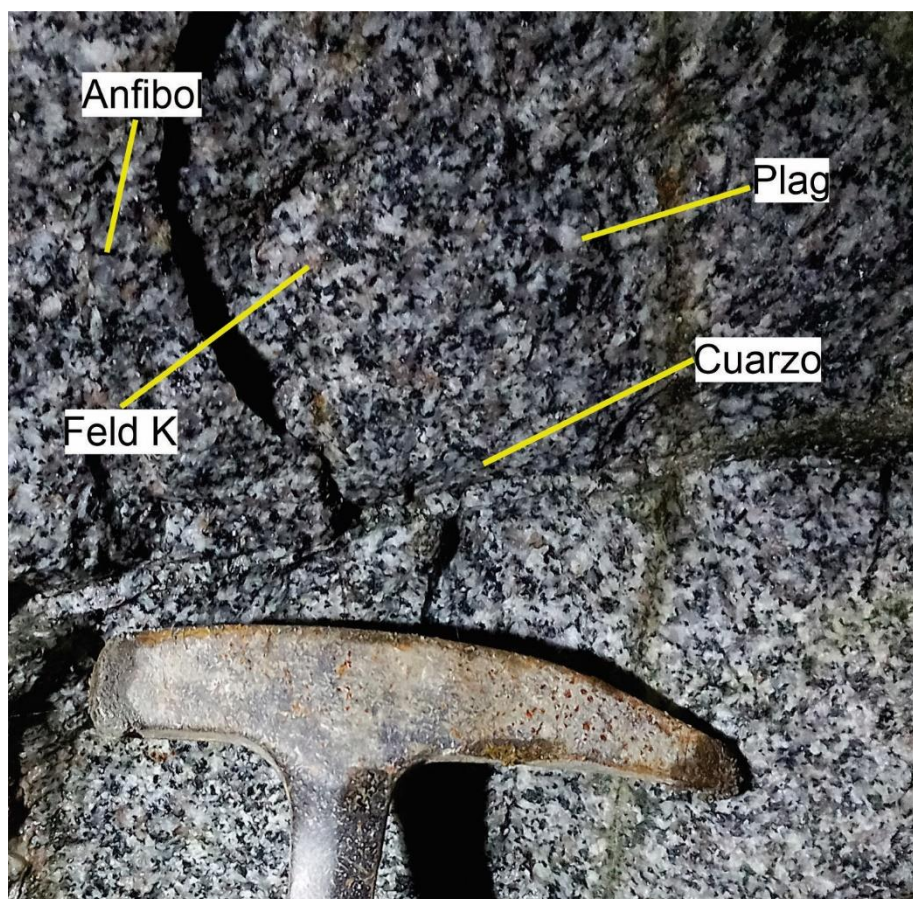


*Figura 6.* Bocaminas y antiguas labores dentro de los títulos mineros otorgados a la Sociedad Santa María GP. (Tomado de departamento de Geología, Sociedad Santa María GP).

### 8.1 Geología Mina Mocerongo

En superficie la mayoría de los afloramientos corresponden a la granodiorita del Batolito Antioqueño, de ligeramente meteorizada a algunas zonas de alta meteorización. Las zonas

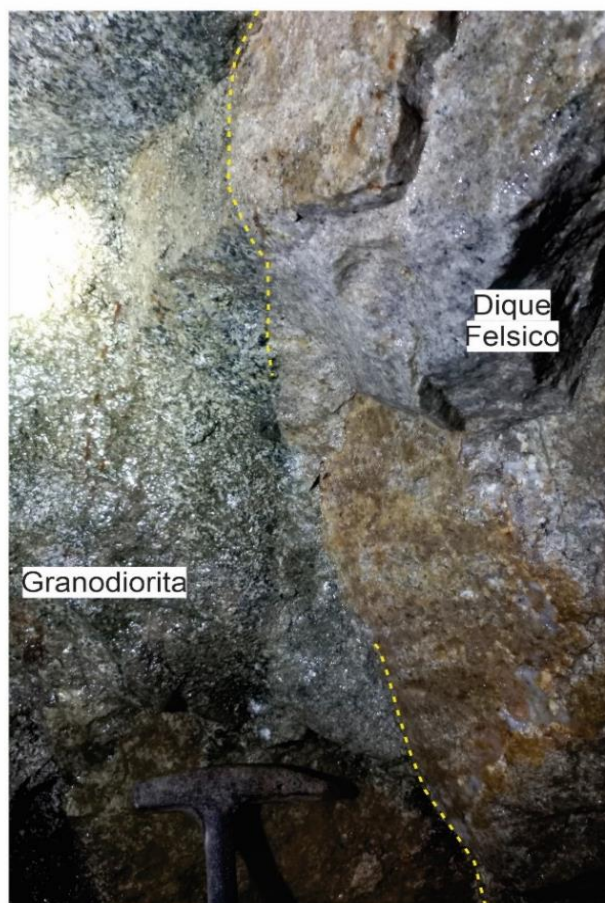
escarpadas muestran la textura y mineralogía perfectamente, pero en casos muy oxidada. Macroscópicamente esta granodiorita es fanerítica holocristalina de grano media a grueso y tonalidades claras, en ocasiones moteada por aumento de máficos, compuesta por cristales de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, anfíbol y biotita (*Figura 7*). (Morocota Gold S.A.S, 2020).



*Figura 7.* Mineralogía de la granodiorita con textura típica de la Mina Mocarongo; obsérvese cristales de plagioclasa, feldespato potásico, cuarzo y anfíboles; también, se apreció fracturas afectadas por epidotización, caracterizada por su color de tonalidades verdes.

La geología de la mina Mocarongo corresponde casi en su totalidad a la granodiorita del Batolito Antioqueño como roca caja, en los túneles es apreciable en su estado fresco; pero hay pequeñas zonas básicas que resaltan mucho de la textura y del color de la granodiorita, estas zonas parecen ser una intrusión por su manera tan tajante de su contacto; desde el equipo de geología se piensa

que es un dique félsico, su mineralogía corresponde a gran cantidad de feldespato potásico, y es característico su color rosado claro (*Figura 8*), se observa en algunos túneles con espesores de hasta 1 metro; hay ocasiones donde se encuentra la veta junto a estos diques félsicos, pero se ha relacionado a que las vetas en estas zonas dan como resultado un bajo tenor. (Morocota Gold S.A.S, 2020).



*Figura 8.* Dique félsico en contacto con la granodiorita correspondiente a la roca caja, se resalta en línea punteada amarilla dicho contacto, ubicado en la cruzada de la Mina Mocarongo.

## 8.2 Geología estructural Mina Mocarongo

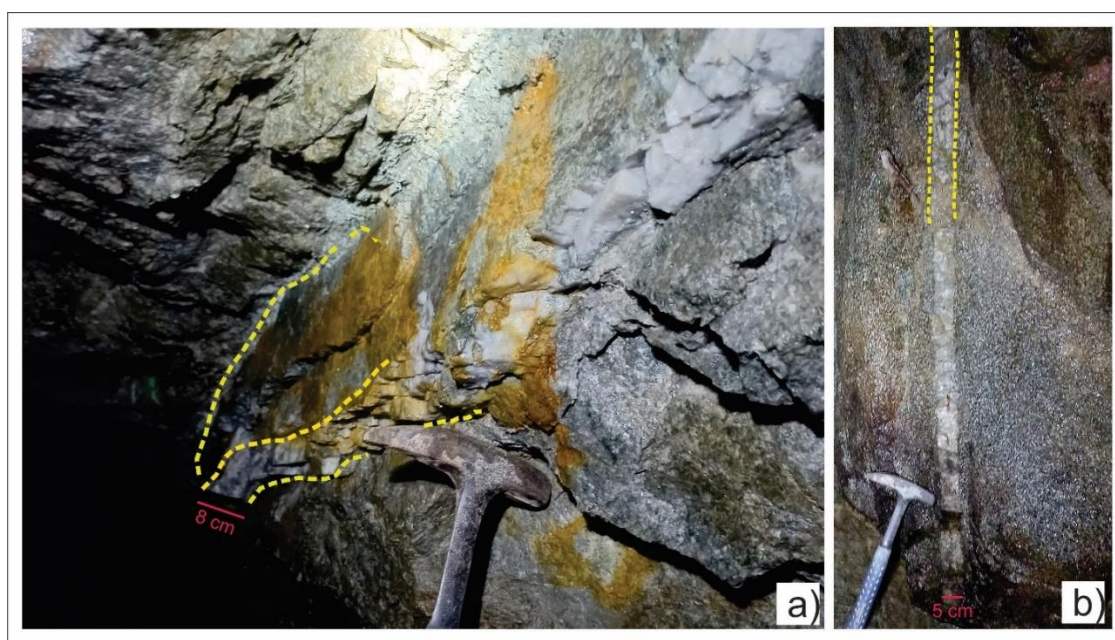
El municipio de Gómez Plata se encuentra afectado por el Conjunto de Fallas de Centro, este grupo se caracteriza por la alineación de las fallas generalmente en sentido E-W; en la zona del proyecto Sociedad Santa María GP, se encuentran varias fallas correspondientes a el mismo sentido



E-W, son paralelas y controlan la geomorfología, formando valles aluviales largos y rectilíneos. Las fallas tienen control estructural sobre las estructuras de mineralización, ya que el fluido aprovecho las fracturas en su ascenso; el depósito se caracteriza por sus vetas acompañadas de la falla. (Morocota Gold S.A.S, 2020).

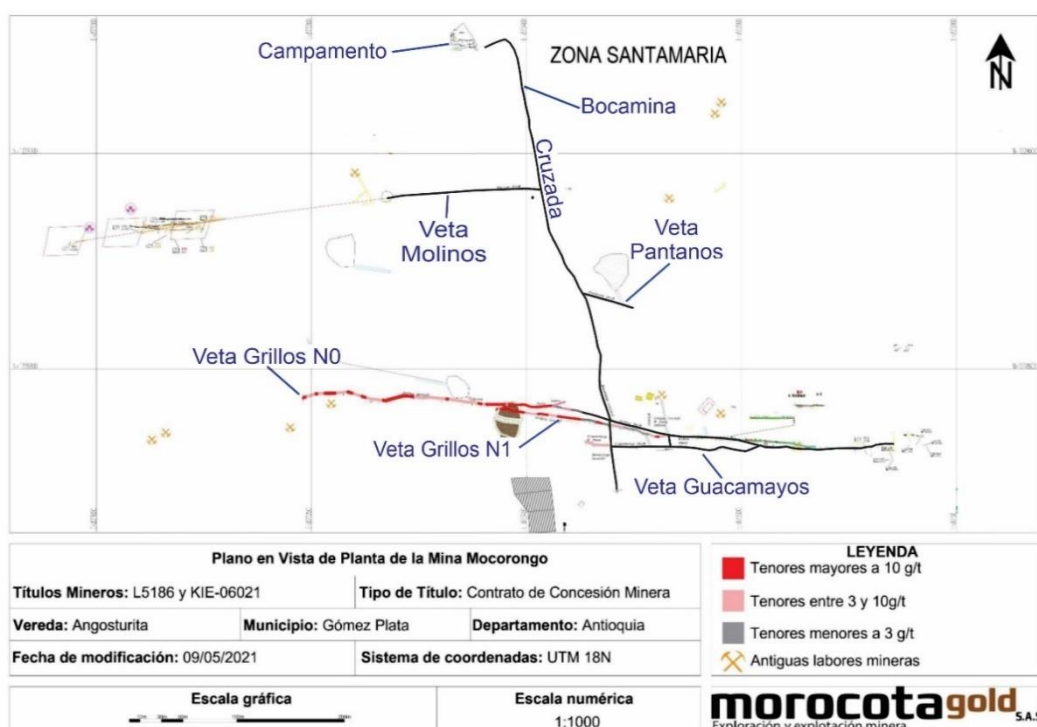
### 8.3 Estructuras Mineralizadas Mina Mocarongo

Las estructuras mineralizadas de la zona y de todo el municipio están controladas estructuralmente por las fallas en sentido E-W; es típico encontrar la estructura acompañada del plano de falla con su respectiva salbanda. Las estructuras tienen un rumbo general E-W con pequeñas variaciones de 10 grados; respecto a su buzamiento, van desde sub verticales a verticales, teniendo un buzamiento general de 80 grados hacia el sur (*Figura 9*); aunque se ha observado que en el nivel 1 en avance hacia el nivel 2, la estructura de actual producción llamada Grillos, comienza a buzarse hacia el norte. (Morocota Gold S.A.S, 2020).



**Figura 9.** a) Veta Grillos en respaldo de túnel en el Nivel 0 Grillos al oeste, en línea amarilla punteada se limita la estructura, con el fin de observar su forma tabular. b) bifurcación de Veta Molinos, ubicada en la cruzada.

En la Mina Mocerongo se encuentran varias estructuras paralelas de las mismas características, de las cuales actualmente solo una se encuentra en producción, que es la Veta Grillos, también hay otras que fueron explotadas por otras administraciones y labores antiguas, como la Veta Molinos, Veta Pantanos y Veta Guacamayos (**Figura 10**). (Morocota Gold S.A.S, 2020).

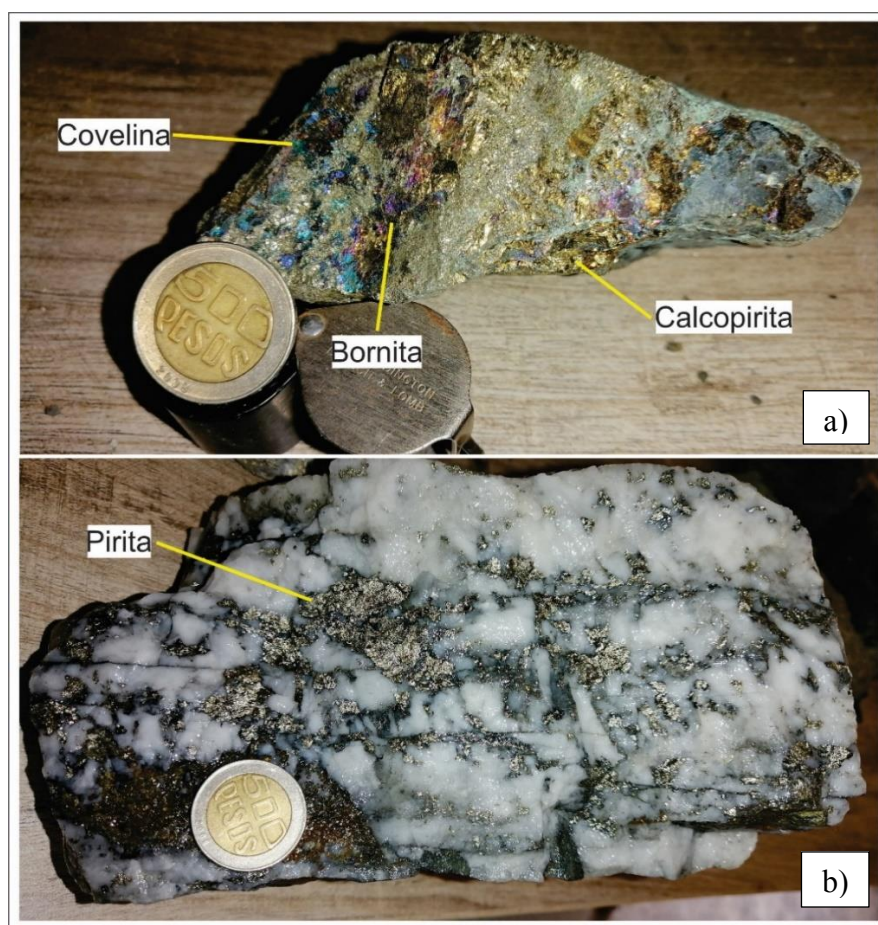


**Figura 10.** Mapa de la Mina Mocerongo, obsérvese las estructuras mineralizadas paralelas de orientación E – W, todas interceptadas de manera perpendicular por la cruzada. (Tomado de Sociedad Santa María GP).

Todo el conjunto de estas vetas es similar en su mineralización, representada por pirita y ocasionalmente calcopirita, bornita y covelina; se diferencian en su potencia, pero no hay datos concretos para cada una, puesto que la morfología de las vetas del depósito es camándular, tanto en rumbo como en buzamiento, provocando que en cada voladura el frente de explotación pueda cambiar significativamente. (Morocota Gold S.A.S, 2020).

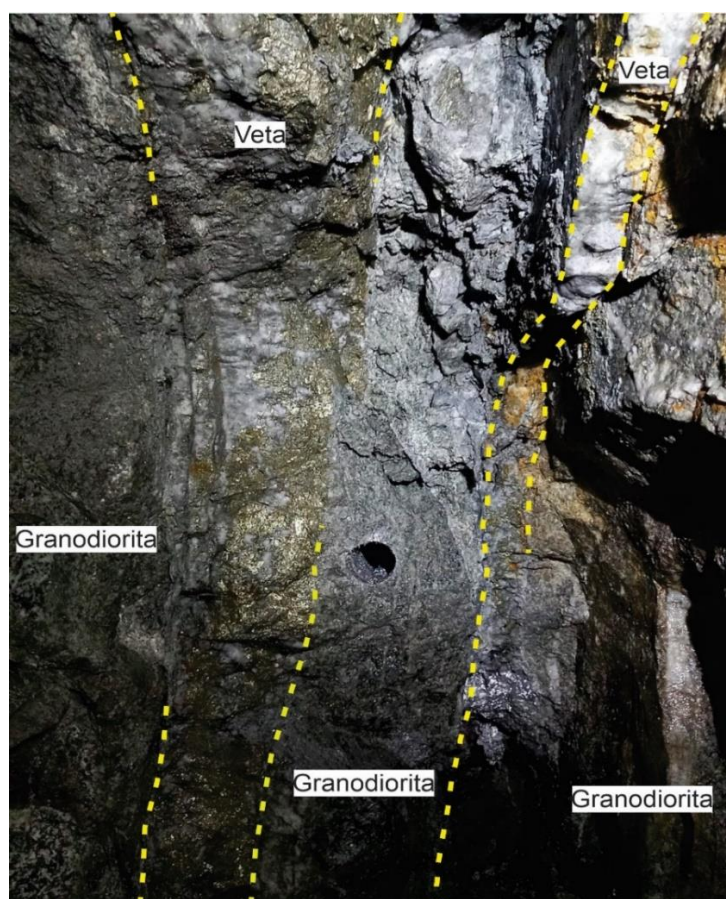
La veta de interés actual corresponde a la Veta Grillos, es la única en producción, el cuarzo típico es lechoso y ahumado en igual proporción; pero puede variar a totalmente lechoso o

totalmente ahumado; también se puede encontrar drusas de cuarzo, pero esto no es muy usual. Los sulfuros son representados mayormente por pirita masiva y bandeada, pero también se encuentran cristales bien formados de hasta 1 cm de lado; esta mineralización también varía mucho en porcentaje, puede ser desde un 5% hasta casos de 35%. Los frentes de alto tenor son caracterizados por la presencia de sulfuros de cobre en forma masiva, estos se encuentran localmente en ciertos frentes de explotación, incluso en mayor proporción que la pirita; mayormente calcopirita, y en menor medida bornita y covelina (**Figura 11**); en este depósito estos sulfuros de cobre funcionan como guía mineralógica y geoquímica para frentes de explotación de alto tenor (> 75 gramos/Ton de veta). (Morocota Gold S.A.S, 2020).



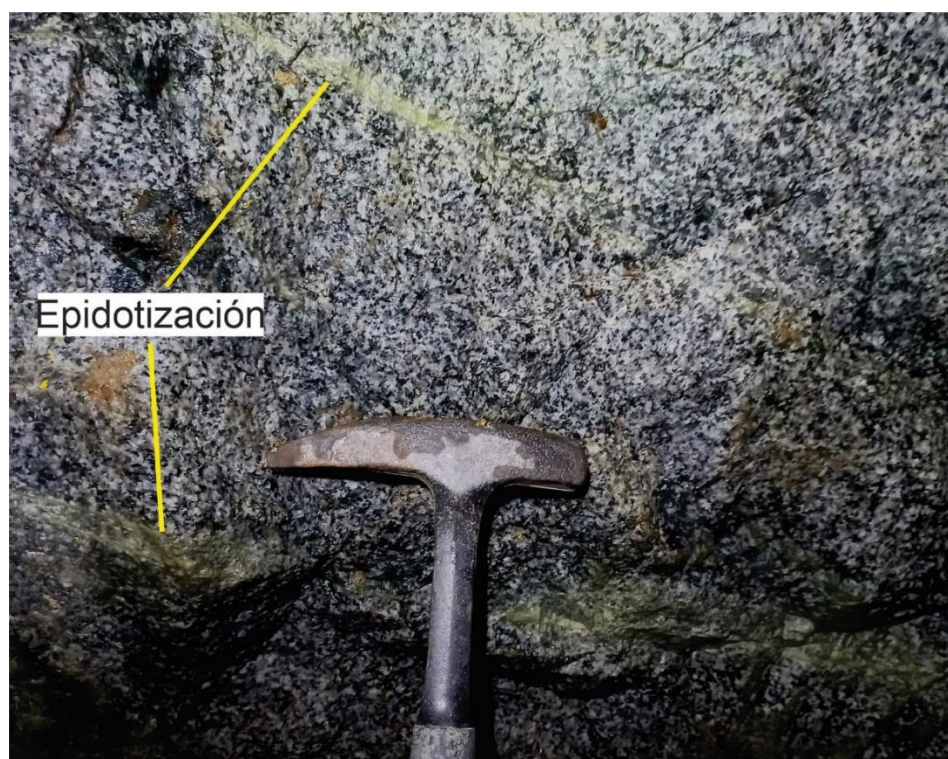
**Figura 11.** a) Muestra de mano proveniente de la clavada 2, Mina Mocarongo, con presencia de calcopirita (dorado), bornita (púrpura) y covelina (azul). b) Muestra de mano proveniente del frente principal del Nivel 1, Mina Mocarongo, con presencia de pirita (dorado pálido).

La Veta Grillos tiene una potencia muy variable, ya que en el mejor de los casos puede alcanzar hasta 90 centímetros de espesor, pero hay ocasiones que disminuye hasta 5 cm, incluso comúnmente se pincha; lo típico es encontrarla de 15 a 40 centímetros; el rumbo típico es de 273 grados en azimut, con un buzamiento de 77 grados al sur; la estructura siempre va acompañada de plano de falla, siendo este desde 1 a 15 centímetros, generalmente está a un costado de la veta, pero también se puede encontrar cortándola. Los lentes de roca caja también son comunes en los frentes de explotación de la Veta Grillos, pueden ser de hasta 30 centímetros, haciendo que la veta se divida (*Figura 12*), incluso se puede dividir tanto que las labores se realizan siguiendo solo una de las bifurcaciones. (Morocota Gold S.A.S, 2020).



*Figura 12.* Frente de explotación en la sobre guía 3 al este del tambor 9, Mina Mocarongo. Se observa y se resalta la Veta Grillos, en este punto se ha dividido en 2; además, contiene un lente de granodiorita en medio. La mineralización presente corresponde a pirita masiva.

Las alteraciones hidrotermales presentes en el depósito son la alteración potásica de 2% a 8% y la epidotización de 1% a 5%, se encuentran presentes en la veta y en la roca caja (**Figura 13**); no todos los frentes tienen las alteraciones presentes. (Morocota Gold S.A.S, 2020).

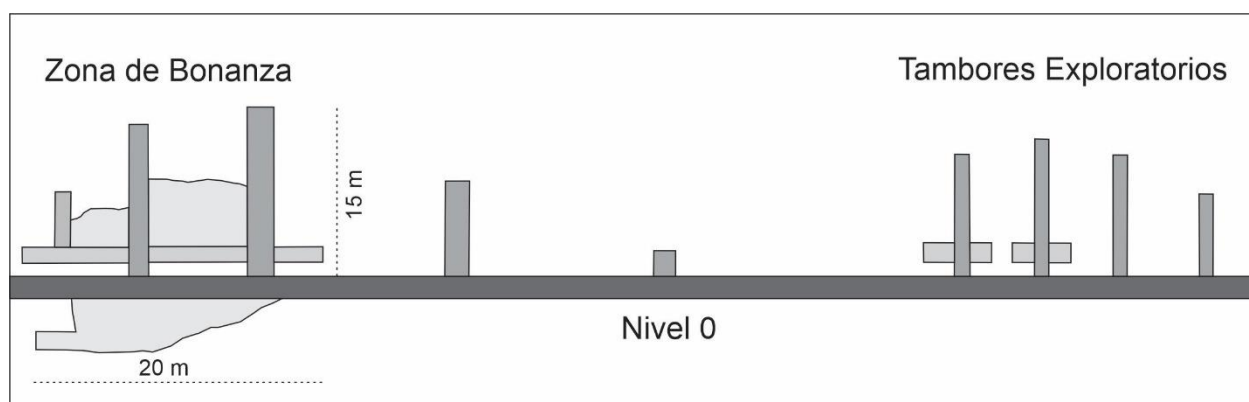


**Figura 13.** Epidotización presente en la roca caja, se observan fracturas rellenas por minerales de tonos verdosos, ubicado en la cruzada de la Mina Mocarongo.

#### **8.4 Mina Mocarongo**

Es la principal mina de la empresa Sociedad Santa María GP, ya que han tenido otras minas más al sur, pero han sido más pequeñas, actualmente toda la gestión y producción se localiza en Mocarongo; inicialmente se construye una cruzada en sentido N-S, con el fin de interceptar las estructuras perpendicularmente. La Veta Molinos se interceptó a los 96 metros; la Veta Pantanos a los 203 metros, estas fueron extraídas por operaciones antiguas a la empresa, pero también bajo otras administraciones, actualmente sus respectivas guías están selladas e inundadas. (Morocota Gold S.A.S, 2020).

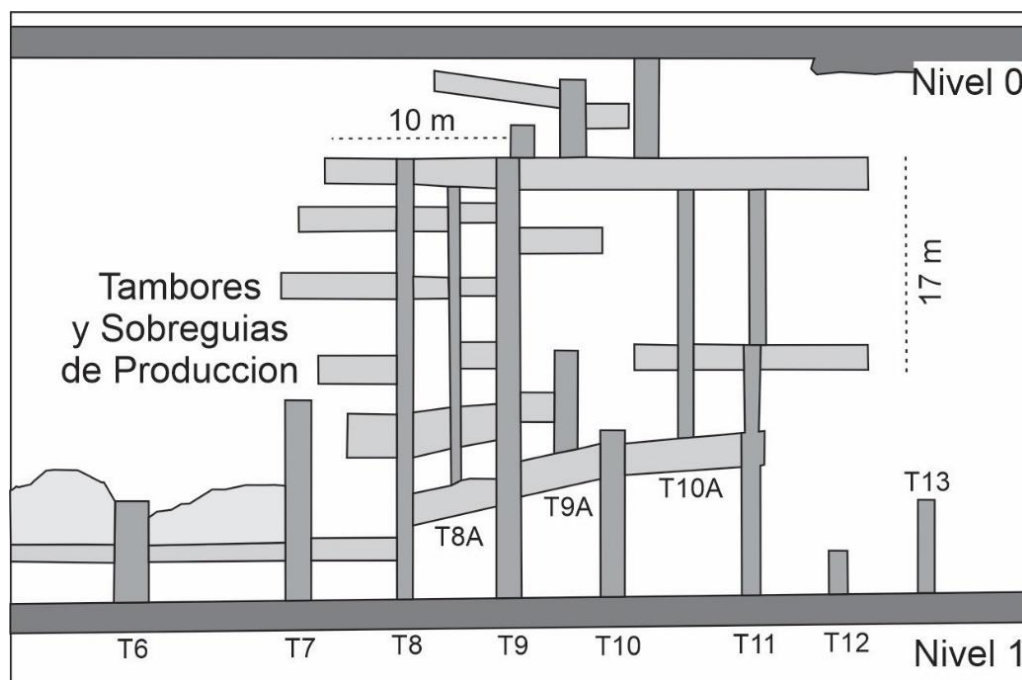
La Veta Grillos es la siguiente que se intercepto a los 324 metros de cruzada, esta es la principal y la de producción actual; este punto se conoce como “cambio de vías” y allí comienza la extracción del material de veta en forma de guía en ambos sentidos, al oeste se tiene un avance de aproximadamente 290 metros y al este se tiene un avance de aproximadamente 230 metros; actualmente estos frentes no han seguido avanzando por el pinchamiento de la estructura en los frentes de explotación, esta guía se conoce como Nivel 0 y en él se encontraron unas zonas de bonanza que se extrajeron por medio de tambores y sobre guías, estas zonas se les llamo B1 y B2, en otros puntos se avanzó con tambores de hasta 15 metros, pero estos no dieron resultados positivos (**Figura 14**); en el presente ya no hay labores activas en el Nivel 0. (Morocota Gold S.A.S, 2020).



**Figura 14.** Ejemplo sección de perfil de extracción de material de zonas de bonanza, por medio de corte y relleno en acceso por tambores y sobre guías; además, apertura de tambores exploratorios posteriormente abandonados ya que no se apreciaba la veta. Sección de perfil Nivel 0, Mina Mocarongo. (Tomado de Sociedad Santa María GP).

Desde cambio de vías en sentido Grillos al este, a 154 metros se construyó la clavada 1, con una sección aproximada de 3 metros por 3 metros, esta se construyó a plomo para poder instalar un malacate que elevara la carga proveniente del Nivel 1; esta clavada desciende 50 metros, allí se abre el Nivel 1, con una guía de sección de 2 metros por 2 metros, tiene un avance total de 273 metros al oeste y 43 metros al este; se determinó concluir los avances en sentido este, por el historial en el Nivel 0, donde la veta pincha totalmente. El Nivel 1 avanzo en zonas ricas donde se abrieron

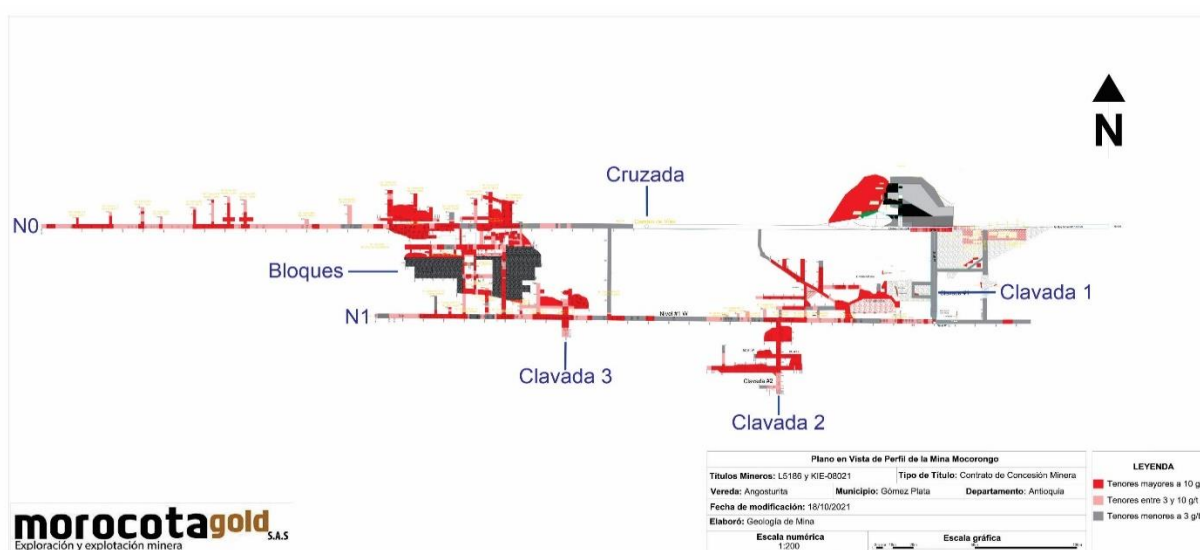
tambores y se marcaron nuevos bloques de alto tenor, incluso se podría hacer relación con la proyección de los bloques ricos del Nivel 0. El objetivo de los bloques marcados en el Nivel 1, era extracción total hasta comunicar con el nivel superior, su explotación fue por medio de tambores y sobre guías (*Figura 15*), posteriormente se extrajeron los bloques y se rellenaron con material estéril, lo que se conoce como método de corte y relleno. (Morocota Gold S.A.S, 2020).



*Figura 15.* Ejemplo sección de perfil de zonas de bonanza entre Nivel 0 y Nivel 1, accediendo por medio de tambores y sobre guías, para posteriormente extraer bloques por medio de corte y relleno. Mina Mocarongo. (Tomado de Sociedad Santa María GP).

El frente principal del Nivel 1 retoma desarrollo esporádicamente, cuando no hay muchos frentes de explotación activos, de manera que no se ejecutan avances constantemente, debido al pinchamiento de la veta. El principal desarrollo de la Mina Mocarongo se encuentra en las clavadas 2 y 3, donde se busca alcanzar 50 metros de avance para abrir un Nivel 2; estas se encuentran a 75 y 178 metros de la clavada 1, respectivamente (*Figura 16*). La clavada 2 se avanzó por la estructura, porque se priorizó la extracción de material de alto tenor. La clavada 3 se avanzó a plomo, esto pensando como un frente de desarrollo para la posterior instalación de un malacate.

De manera general la cruzada y las guías tienen una sección de 2 metros por 2 metros; los tambores de 2 metros por 1 metro al igual que las sobre guías, las clavadas a plomo de 3 metros por 3 metros y clavada 2 una sección de 3 metros por 2 metros siguiendo el buzamiento de la veta. (Morocota Gold S.A.S, 2020).



**Figura 16.** Perfil de la Mina Macorongo, se observa la extracción de la Veta Grillos, consta de 1 cruzada, 2 niveles, 3 clavadas (clavada 1 completada, clavada 2 y 3 en desarrollo) y 30 tambores. (Tomado de Sociedad Santa María GP).

En el Nivel 0, siguiendo el avance de la cruzada, a los 347 metros se intercepta la Veta Guacamayos, esta se avanzó 23 metros al oeste y 130 metros al este, justo en este punto la Veta Guacamayos se junta con la Veta Grillos, y se ha interpretado como un sigmoide de la veta principal, actualmente, no se realiza más producción ni desarrollo, y su guía se utiliza para alojar vías eléctricas y compresores; además, en su extremo se adecuó un tanque sedimentador; por último a 389 metros de avance de la cruzada, se interceptó la Veta Planta que al ser de potencia de máximo 10 centímetros, se decidió no avanzar estas labores y se priorizó la Veta Grillos. (Morocota Gold S.A.S, 2020).



## **9. Funciones Desarrolladas por el Departamento de Geología Sociedad Santa María GP**

El Departamento de Geología de la empresa se encarga de aplicar la ciencia para optimizar la producción de mineral de la mina; se realiza distintas actividades donde se lleva el control de todos los frentes de explotación, cartografía de los túneles de la mina, producción y manejo de cargas con sus respectivos promedios generales. Lo ideal sería contar con campañas de exploración y logeos, pero la falta de recursos es limitante para desarrollar estas actividades, así que la certeza de la interpretación del depósito puede verse afectada.

### **9.1 Caracterización Geológica de Estructuras de Mineralización y Frentes de Explotación**

El depósito en Sociedad Santa María GP tiene una morfología particular que complica un poco la extracción, ya que la estructura es camadular en rumbo y buzamiento, provocando que, en ocasiones, con solo una voladura más, la estructura cambie drásticamente; por esta razón, el geólogo se encarga de caracterizar la estructura y tomar datos, cada turno donde se realicen avances en los frentes de explotación.

Se trata de la descripción del frente de explotación, primeramente, midiendo ancho de labor (*Figura 17*), alto de labor y ancho de estructura (*Figura 18*); se continua con la caracterización geológica de la estructura, describiendo el tipo de cuarzo que la comprende, el tipo de sulfuros, con descripción de minerales, sus hábitos y porcentajes de ocurrencia; también, se observa si en el frente de explotación hay presencia de fallas; si las hay, se mide su espesor, su distancia y relación a la estructura mineralizada, de igual manera se toman los datos de distancias de las fallas y estructuras a ambas paredes de la labor, realizando el respectivo diagrama; en ocasiones la falla y la roca caja pueden estar mineralizadas, si es muy representativo se hacen muestreos selectivos y exclusivos para determinar tenor de estas zonas que no corresponden a veta. Todo avance lleva su

respectivo dato estructural de veta y de falla (*Figura 19*); a la oxidación de los minerales de la estructura se le establece un porcentaje; de igual manera a las alteraciones hidrotermales si se observan en el frente de explotación; es común encontrar la veta bifurcada, en estos casos se toman datos de su distribución, y si es necesario se realiza muestreo selectivo y exclusivo a cada bifurcación; finalmente se termina con la señalización de ultimo avance, que se realiza con marcas en las paredes, para así medir con mayor facilidad el avance y eficacia de la voladura (*Figura 20*). Cada visita a los frentes va sujeta a muestreos de veta, o si es preciso de falla o roca caja.



*Figura 17.* Personal de geología tomando dato de ancho de labor, se realiza con flexómetro en el punto de mayor apertura del frente de explotación.



*Figura 18.* Personal de geología tomando dato de ancho de estructura, se realiza con flexómetro en el punto medio del frente de explotación; si la veta es mas ancha o angosta en algunos puntos, se toman todas las medidas y se promedia este ancho.

Todos los datos recolectados en mina se administran en la única libreta de campo destinada para ello, de igual manera la información se proporciona a los demás geólogos y supervisores en las entregas de turno; es común que los perforistas por confusión o por ineficiencia de las voladuras, dejen la veta rezagada (cuando la voladura desprende roca caja y la veta queda intacta en su respectiva pared) o que el túnel se desvíe; por ello el geólogo en estos casos demarca la veta para guiarse más fácil con los perforistas y el supervisor; esto tiene una observación muy minuciosa ya que puede afectar seriamente la dilución de las cargas, pero también evita el ancho exagerado de las labores, evitando gastos innecesarios en sostenimiento por la inestabilidad.



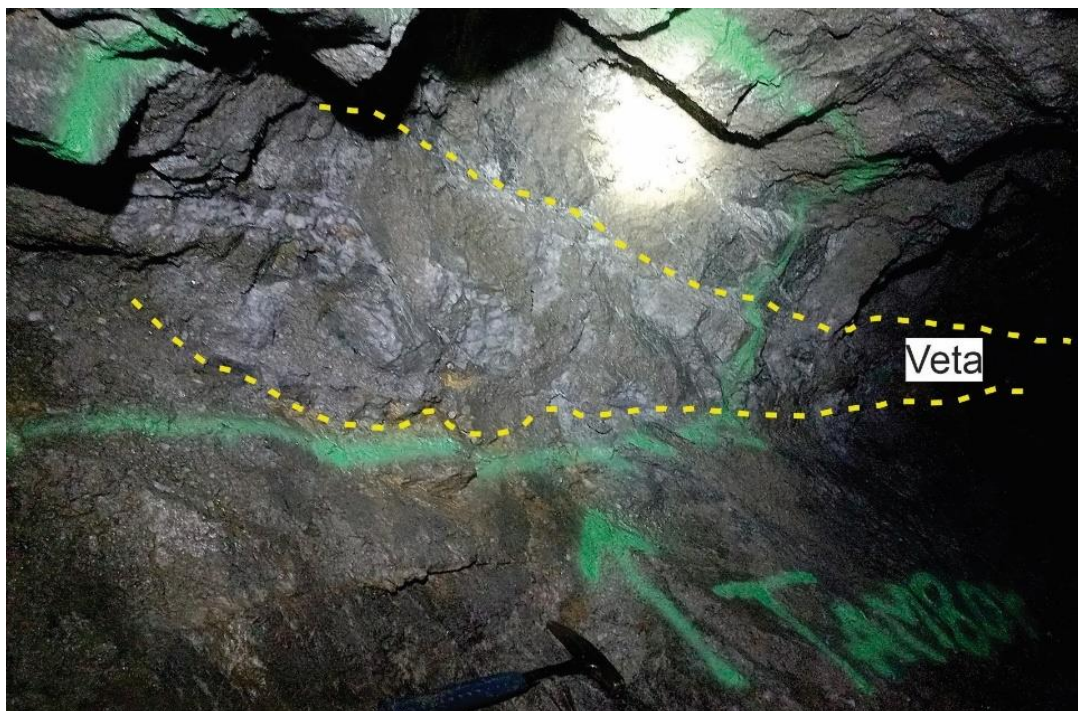
**Figura 19.** Personal de geología tomando dato estructural de la estructura mineralizada, se obtiene con una brújula en planos representativos, de igual manera se realiza para las fallas.



**Figura 20.** Personal de geologías tomando dato de avance total de un tambor, se realiza con flexómetro en tambores nuevos, o con cinta métrica en tambores de mayor dimensión. Este dato se toma desde el frente de explotación hasta el techo de la guía.

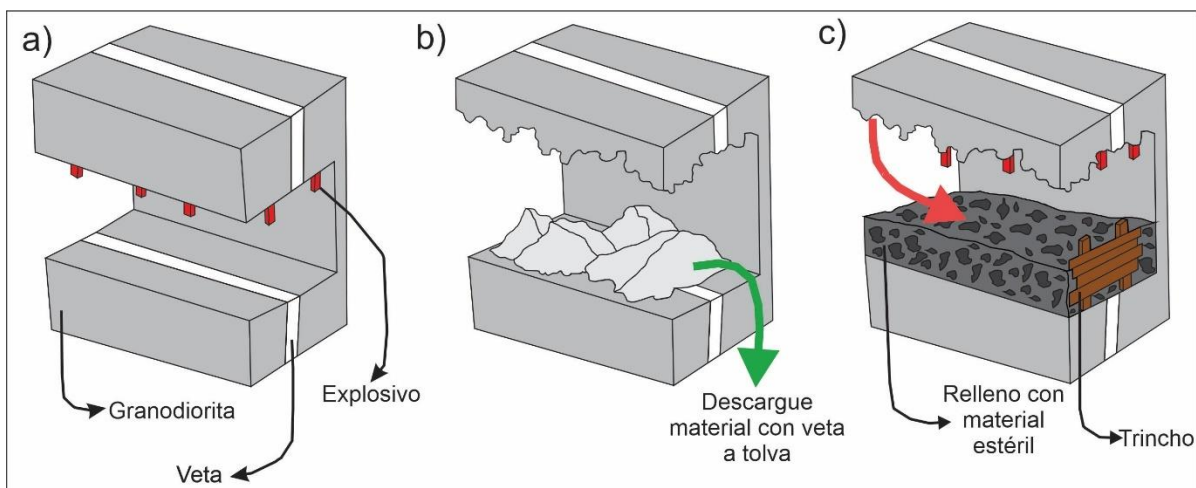
## 9.2 Apertura de Nuevos Frentes

El geólogo de minas además de encargarse de las visitas y descripciones de los frentes, se ocupa de proponer nuevos frentes de explotación, esto se realiza con base a los datos obtenidos en cada caracterización, ya que se estudia las zonas donde más potencia y porcentaje de sulfuros tenía la estructura; además se tienen determinados los tenores de ese punto cuando era el frente de explotación; con estos criterios, el Departamento de Geología y el Departamento de Mina, deciden la apertura de nuevos frentes (*Figura 21*); los frentes más básicos para apertura son los tambores, que pueden ser de producción o de desarrollo, se clasifica un tambor positivo cuando la veta sigue manteniéndose con alto contenido de sulfuro y potencia de 25 centímetros en adelante; aunque esto puede variar si el tenor diluido se mantiene en vetas más angostas; los tambores negativos simplemente corresponden a frentes de explotación con la veta pinchada. Normalmente si un tambor no da resultados positivos en los primeros metros se abandonan; con un tambor de resultados positivos se puede avanzar decenas de metros, incluso conectar Nivel 1 con Nivel 0, esto dependiendo del comportamiento de la veta; según los mismos criterios de apertura, en los tambores se abren sobre guías, que avanzaran de igual manera según la veta; y así sucesivamente. La Mina Mocerongo cuenta con 2 niveles (N0 y N1), en los tambores que alcanzaban a conectar entre los 2 niveles, se podía tener hasta 4 sobre guías; estas no estaban siempre a la misma distancia de avance; sino que se abrían en los puntos de buena potencia y buen tenor diluido.



**Figura 21.** Apertura de nuevo tambor en el Nivel 1, la línea amarilla punteada resalta la continuidad de la veta en el techo de la guía. El geólogo decide el punto donde señalar con pintura verde la apertura de este nuevo frente de explotación.

En las zonas de bonanza se pueden tener tambores distanciados apenas a 5 metros, con sobre guías diferenciadas por 3 metros, a diferencia de zonas pobres y regulares donde los tambores son generalmente cada 15 metros; de esta manera se marcan pequeños bloques que posteriormente son extraídos por medio del método de corte y relleno, que consiste en voladuras en la parte inferior de los bloques, descargando el material de veta y luego rellenan con material estéril; de esta manera se va subiendo el piso y se evita la utilización de madera para el sostenimiento (**Figura 22**). El material estéril para rellenar es proporcionado por los frentes de desarrollo como el frente principal del Nivel 1, ya que la estructura ha pinchado, la carga de este frente se despacha como estéril, y llega a estas zonas de relleno por medio de los primeros tambores de conexión de la zona de bloques con el Nivel 0, y por allí se vacía la carga estéril.



**Figura 22.** Diagrama de corte y relleno de un bloque. **a)** se realizan perforación y cargue de explosivos en el techo de la sobre guía. **b)** luego de la voladura, el material con veta se descarga hacia la tolva. **c)** con el piso limpio, se procede a descargar y nivelar el material estéril procedente de otros frentes, de esta manera se sube el piso y se continúa con la siguiente voladura al techo.

Los frentes en clavadas toman más discusión su apertura, fundamentalmente se utiliza el mismo criterio de potencia y tenor de la zona; pero ahora se piensa con más detenimiento en la logística para la extracción, pensando a futuro en instalaciones y apertura de un siguiente nivel; estas decisiones toman más tiempo y debate, por eso se coordinan con todos los departamentos, gerencia e inversionistas. La clavada 2 fue pensada como una zona de producción, sus tenores eran de orden de 80 a 160 gramos, que diluidos podrían bajar de 25 a 33 gramos; esto representaba una zona de mucho provecho para la mina, por esto se decidió hacer la clavada siguiendo el buzamiento de la veta; la clavada 2 tiene un buzamiento promedio de 80 grados al norte, justo como a 10 metros de avance, la Veta Grillos invirtió su buzamiento al norte. Posteriormente se abrieron sobre guías y por medio de tambores se conectaban, de igual manera a la zona de bloques ya descrita.

La Clavada 3 fue pensada más como un frente de desarrollo, se planea bajar a plomo 50 metros para la posterior apertura de un Nivel 2 y por esto se necesita un túnel vertical para la instalación de un malacate que eleve la carga, de igual manera como se hace en la Clavada 1 (**Figura 23**), allí se cargan las vagonetas que terminan de transportar la carga hasta los acopios (**Figura 24**).



**Figura 23.** Malacate ubicado en la clavada 1, eleva todo el material proveniente del nivel 1; tiene una capacidad aproximada de 1 tonelada; aquí se cargan las vagonetas que son empujadas hasta los acopios en el campamento.



**Figura 24.** Vagoneta con capacidad de 0.7 toneladas, siendo cargada con material elevado del nivel 1 por el malacate.



### 9.3 Control y Despacho de Cargas en Mina

Sociedad Santa María GP extrae material bruto de veta, para su posterior venta a la empresa Antioquia Gold. La producción de la Mina Mocerongo es variable según la zona que se esté explotando, hay periodos donde se realizan envíos de 100 toneladas cada 1 o 2 semanas, a un tenor alrededor de 7 g; pero en otros casos se realizan envíos de 30 toneladas a 25 gramos de tenor cada semana. El departamento de compras de la empresa Antioquia Gold hace esta actividad de adquirir material de alto tenor para subir sus tenores, ya que ellos tienen vetas con potencia de 2 a 3 metros, pero a bajo tenor; por esta razón es atractivo el material de Sociedad Santa María GP. De aquí la responsabilidad de mantener buenos promedios en los acopios de Mocerongo.

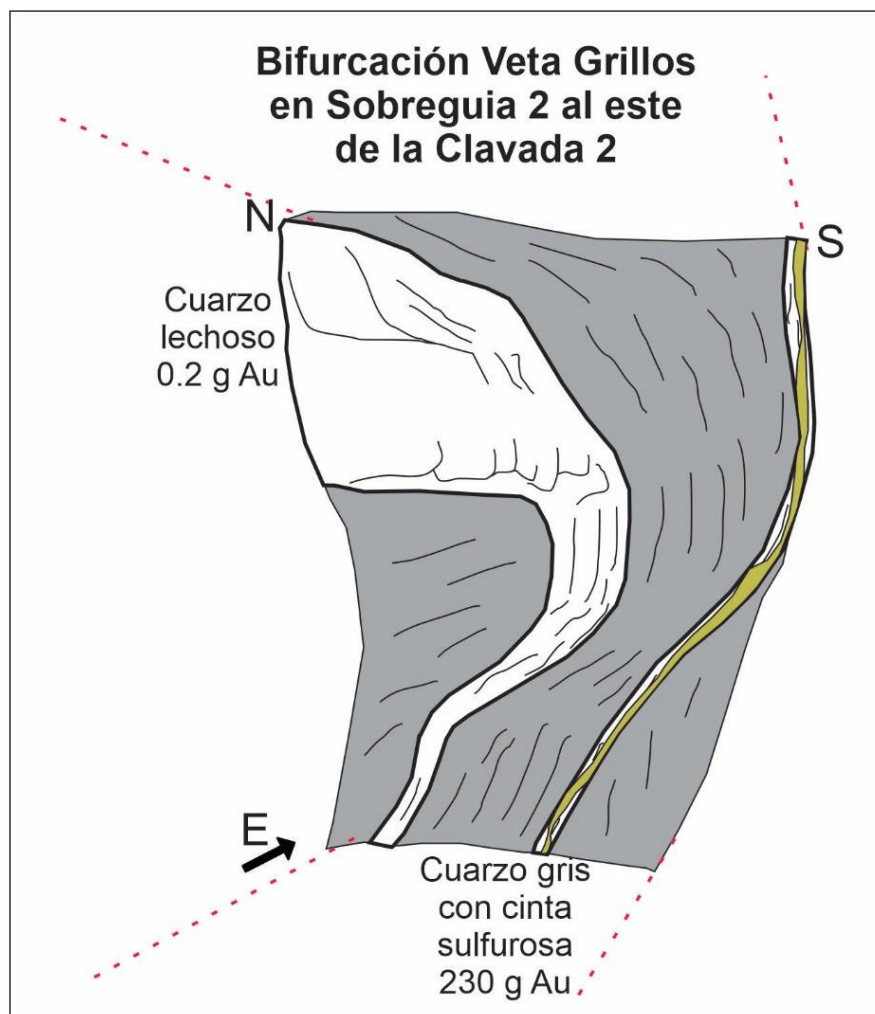
En campamento se tienen 4 acopios: Acopio 1 para cargas de alto tenor (mayor a 10 gramos/Ton); Acopio 2 para cargas de bajo tenor (entre 3 y 10 gramos/Ton); Acopio 3 para cargas de estéril y Acopio 4 para cargas que no tienen tenor determinado y que urge sacarlas a superficie, ya que pueden retrasar algunas actividades en la mina; este último acopio es una herramienta para evitar afectaciones en los promedios generales (*Figura 25*). Es responsabilidad del geólogo informar al supervisor a donde se despacha la carga de cada frente de explotación; según el tenor determinado por el laboratorio se toma esta decisión, pero apoyándose en el ancho de la labor y la estructura, ya que esto puede afectar significativamente el tenor diluido de las cargas.



**Figura 25.** Acopios de la Mina Mocerongo; de izquierda a derecha: Acopio o Patio 3, para carga estéril; Acopio 2, para cargas con tenor entre 3 y 10 gramos/Ton; Acopio 4, para cargas sin tenor determinado y Acopio 1 para cargas con tenor mayor a 10 gramos/Ton.

Las voladuras no siempre se desarrollan correctamente, puede ocurrir, por ejemplo: que alguna malla de perforación no se haya distribuido efectivamente o que algún explosivo no detone; lo que provoca que algunas voladuras no se realicen de manera óptima, se pueden quedar sin avance o puede que se detonen de manera que amplíen la sección, diluyendo la carga. El geólogo se encarga de observar las cargas antes de ser despachadas a superficie; en estos casos donde ocurren imprevistos se tienen en cuenta los tenores y espesores, para poder realizar una estimación; además, visualmente se logra apreciar cuando la carga se ha diluido demasiado, ya que la cantidad de sulfuros disminuye significativamente. Si la estimación no es rotundamente clara, se tomará una muestra de composito de voladura, que consiste en el muestreo estadístico de toda la carga con un palustre; en estos casos el descargue se retrasa mientras el laboratorio determina el tenor; pero si es urgente sacar esta carga a superficie para que no se retrase otras tareas, esta carga se eleva y se despacha a Acopio 4, cuando se tenga claridad en el tenor se decide a que acopio mover dicha carga.

Las bifurcaciones de veta y lentes de roca caja son muy comunes en la mina Mocorongo, normalmente se describen en la caracterización, e incluso la roca caja puede estar mineralizada; las bifurcaciones pueden ser de orden de centímetros y decímetros, luego de 2 o 3 voladuras, las bifurcaciones de la veta vuelven a juntarse; esto no representa ninguna complicación, ya que la voladura se hace por sección completa o diferencial que tenga alcance a ambas bifurcaciones. Hay otros casos donde las separaciones son más grandes, incluso pueden ser de 1 metro, con una zona tan grande de roca caja, ya es inviable la perforación por sección completa, y tampoco es viable hacer 3 voladuras diferenciales para el mismo avance, pues serían una voladura diferencial por cada bifurcación de veta, y otra voladura diferencial por estéril; en estos casos el geólogo toma la decisión de continuar por una de las dos bifurcaciones, teniendo en cuenta espesores, mineralización y tenor; esto se determina haciendo muestreo selectivo y exclusivo a cada una de las bifurcaciones. Un ejemplo de este caso ocurrió en la clavada 2, sobre guía 2 al este, donde aproximadamente a los 12 metros de avance se tenía una veta norte de cuarzo lechoso de 25 centímetros sin mineralización, su tenor fue de 0,2 gramos de Au; al sur se tenía una veta de cuarzo gris o ahumado de 5 centímetros de espesor con una cinta sulfurosa de calcopirita y pirita en alta proporción, su tenor fue de 230 gramos de Au (*Figura 26*); por esta razón se determinó continuar siguiendo a la veta sur, que a pesar de su potencia podría suministrar una carga con un mejor tenor diluido.



**Figura 26.** Gráfico de ejemplo de bifurcación de Veta Grillos; ubicada en la clavada 2, sobre guía 2 al este, a los 12 metros de avance

#### 9.4 Estimación de Calidad de un Frente de Explotación y Guías

En Sociedad Santa María, la certeza de calidad de un frente de explotación, preliminarmente la da la caracterización geológica, ya que es el primer vistazo que puede indicar material de alto tenor o uno de carga estéril. En cada visita del geólogo al frente de explotación se hace el muestreo selectivo, que se le entrega a laboratorio y aproximadamente en 6 horas se entregan resultados de tenor de las muestras; por esta razón puede que el resultado se entregue cuando la carga ya este elevada a superficie; es responsabilidad del geólogo hacer el correcto despacho de las cargas y se

toma la decisión con base a la revisión del frente de explotación que es preliminar, pero también a los datos de tenores de la zona, que se han obtenido y se trata estos registros como un conjunto.

Ocurren casos donde un frente de explotación puede tener una potencia de 60 centímetros (que para la Mina Mocerongo es algo significativo), sulfuros en orden de 25 %, con mucha presencia de pirita mayormente; pero su tenor termina siendo de 2 a 4 gramos, estos casos son muy usuales y se le conoce como "Veta Reina" en la Sociedad Santa María GP; por esta razón el geólogo puede tomar la decisión de retrasar un descargue, para evitar afectar los tenores. Desde la experiencia del personal de geología se ha identificado algunos rasgos indicativos del depósito que pueden ser confiables para hacer una estimación preliminar y poder evitar esos retrasos, estas guías funcionan como guías mineralógicas para este depósito; por ejemplo, las vetas de cuarzo lechoso masivo, con sulfuro representado con solo pirita ya sea masiva, bandeada o en cristales; esos frentes de explotación no son muy ricos; por otro lado si se encuentra un frente con cuarzo ahumado o gris, y el sulfuro en forma "migada" (como escarcha) (*Figura 27*), significa un frente de explotación rico; si a eso le sumamos presencia de calcopirita y bornita, esa certeza aumenta significativamente; estas características son clasificadas como guía mineralógica y geoquímica, ya que es la presencia y presentación de dichos minerales la que favorece la mayor riqueza en una determinada zona de la Mina Mocerongo. Estas estimaciones se realizan para no afectar las labores de personal de mina, pero también como ya se mencionó, se manejan los datos de los tenores próximos como un conjunto; para los casos donde no hay buenos datos, se procede a despachar esas cargas a Acopio 4.



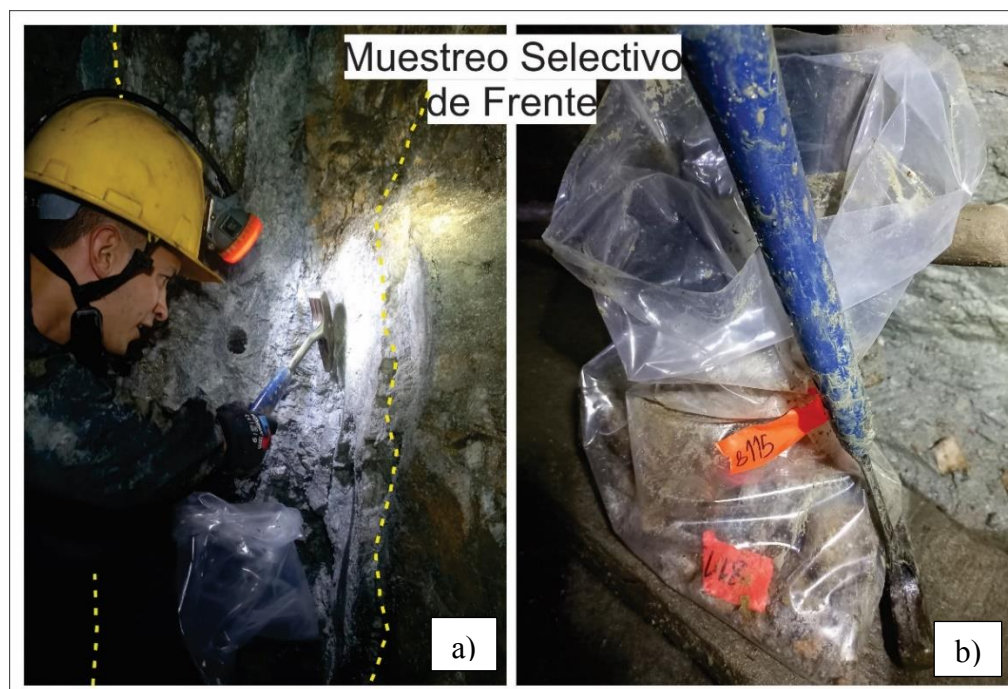
*Figura 27.* Ejemplo de sulfuro "Migado", este se encuentra de una manera muy similar a la escarcha dorada. En la Mina Mococongo funciona como guía mineralógica de zonas ricas.

### **9.5. Recolección de Muestras**

La recolección de muestras es una tarea fundamental para el Departamento de Geología, puesto que casi fundamentalmente es el determinante de la toma de decisión en el despacho de una carga elevada a superficie. Además de la caracterización, que puede ser muy prometedora, es oportuno esperar el resultado de laboratorio del tenor. El geólogo se encarga de hacer el muestreo estadístico de los frentes, mínimo 1 muestra; en otros casos se debe tomar más muestras si hay bifurcación significativa de veta, si la falla o granodiorita están mineralizadas o si hay alguna carga sin determinación de destino; por ello se toman 3 tipos de muestras: muestreos selectivos de frente de veta, muestreos estadísticos de cargas de compositos de voladura y muestreo de control en acopios.

### 9.5.1. Muestreo Selectivo de Frente de Explotación

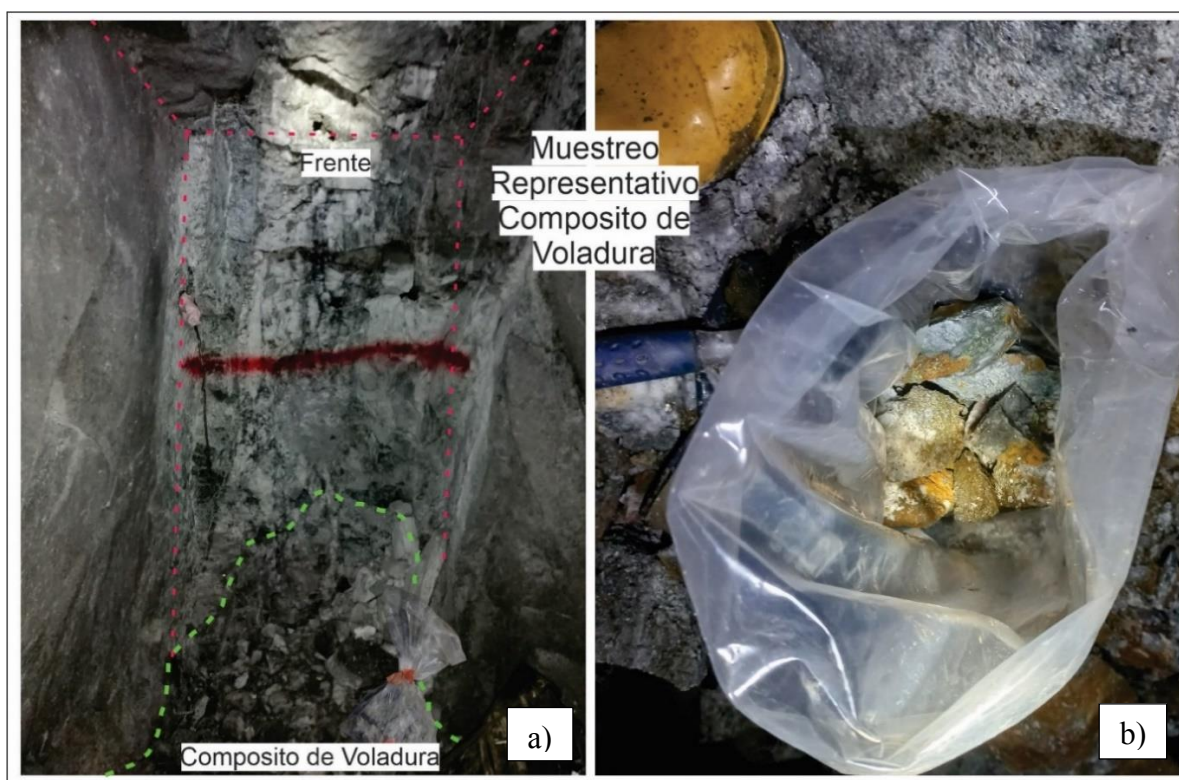
Después de cada voladura realizada a un frente de explotación activo, se toma la respectiva muestra, fundamentalmente se toma una muestra selectiva de la estructura mineralizada, abarcando todo lo largo y ancho de esta; por esta razón se hace luego del descargue con el frente limpio (**Figura 28**). Cuando ocurre bifurcación de veta, se toma una muestra para las 2 bifurcaciones si no están muy separadas, pero cuando tienden a separarse mucho se toma una muestra a cada una, en especial si comienzan a tener características diferentes. Las fallas pueden estar mineralizadas al igual que la granodiorita, si la mineralización es muy representativa también se les toma muestra, aunque comúnmente estas zonas no tienen un buen tenor. En cada avance se tiene una muestra, por eso al abrir nuevos frentes de explotación se tiene registro metro a metro de todas las labores. Se realiza con el martillo geológico por toda la distribución de la veta, recolectando material en una bolsa de 3 kilos marcada con un consecutivo; por ejemplo: 8001, 8002, 8003 y así sucesivamente.



**Figura 28.** Muestreo Selectivo de Frentes. **a)** En la imagen se resalta la Veta Grillos, de manera selectiva se va recolectando la muestra en varios puntos de la estructura, así se tiene representación de todo el frente de explotación. **b)** La muestra es recolectada en una bolsa plástica de 3 kilos, es rotulada con su respectivo consecutivo.

### 9.5.2. Muestreo Representativo Composito de Voladura

Se realiza ocasionalmente cuando hay cargas sin determinar tenor certero, esto puede ocurrir en casos donde hay cargas antiguas represadas que en su momento no fueron elevadas a superficie o cuando ocurren imprevistos con la voladura cuando se arranca más estéril de lo esperado, afectado seriamente la dilución (**Figura 29**); antes de despejar esta carga el geólogo toma muestras de la carga producto de la voladura, está compuesta por veta, falla y granodiorita. Se realiza con palustre, pala o en su defecto con el puño, tomando material a lo largo de toda la carga, tomando todo tipo de material. Según el tamaño de la carga se decide cuantas muestras sacar, ya que debe ser representativo para toda la pila. Se marca con un consecutivo con el serial inicial "CV"; por ejemplo: CV-009, CV-010, CV-011 y así sucesivamente.



**Figura 29.** Muestreo representativo composito de voladura. **a)** con línea purpura punteada se resalta los limites de las paredes del túnel, de igual manera el techo y el frente de explotación; además, con línea verde punteada se resalta el material desprendido por la voladura, este se compone de veta, granodiorita y falla. **b)** La muestra de composito de voladura contiene diversos fragmentos de toda la pila de material, se escoge aleatoriamente, de igual manera el material fino también se toma para dicha muestra.,



### 9.5.3. Muestreo Control de Acopio

El material que es elevado a superficie se deposita en los Acopios 1, 2,3 y 4; esta distribución se decidió así para llevar un mejor control de las cargas según el tenor o si es de contenido estéril, para cuando se venda poder tener un mejor estimativo del tenor del envío. Todas las noches se realiza control a los acopios que hayan recibido carga en el transcurso del día; según el tamaño de la pila se decide el número de muestras, en promedio una muestra por cada vagoneta descargada. Se realiza con palustre o pala, tomando un poco de carga a lo largo y ancho de toda la pila (*Figura 30*), siendo un muestreo muy representativo con los cuales se realizará el promedio general de acopios. Cuando un envío de venta se realiza, antes de cargar las volquetas, se revuelven las cargas con excavadora y se toman de nuevo las muestras necesarias para abarcar toda la pila. Se marcan un con consecutivo con el serial inicial "MC", por ejemplo: MC-130, MC-131, MC-132 y así sucesivamente.



**Figura 30.** Muestreo de Control en Acopios. **a)** el material es apilado directamente por el descargue de las vagonetas en los acopios. **b)** La muestra de control de acopio se toma con pala, recolectando un poco a lo largo y ancho de toda la pila.

## **9.6. Cartografía y Modelamiento Minero**

La construcción de planos y mapas de la mina comienza a partir de la obtención de medidas por parte del geólogo, se realiza en cada avance de las labores; pero esta medición se comprueba alrededor de cada semana, donde se vuelven a tomar medidas de los avances completos. Estas medidas se grafican en el software Auto Cad, donde se tiene plano de perfil de los niveles y labores que se han construidos en la extracción de la Veta Grillos; también se cuenta con un mapa donde se aprecia la cruzada y los niveles, este archivo es menormente actualizado ya que se aprecia los frentes de explotación principales de los niveles, donde actualmente no hay producción y el desarrollo es muy ocasional.

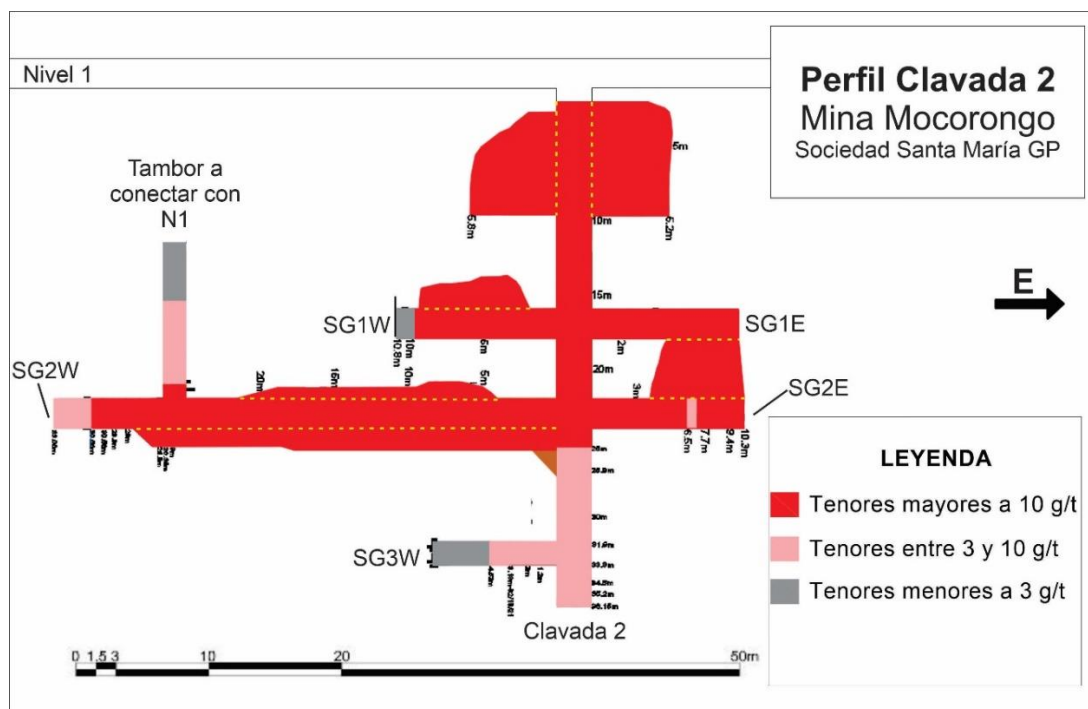
### **9.6.1. Topografía**

El levantamiento topográfico de los túneles se realiza a partir de cinta métrica y brújula; la medición de avances la toma el geólogo en cada visita de caracterización de frente, esos mismos datos funcionan para verificar eficacia de voladura según su longitud de perforación. Con la cinta métrica se miden desde los inicios de las sobre guías o tambores, a el actual frente de explotación; pero estas mediciones se realizan asumiendo un avance de sobre guía horizontal, pero las perforaciones tienden a avanzar con pendiente positiva; por esta razón, semana a semana se realiza confirmación de avance total, y nivelación. Cuando hay 2 labores próximas a conectar se adelanta la nivelación para tener datos más certeros. La nivelación se realiza a partir de un nivel de manguera transparente, aproximadamente cada 4 o 5 metros se anclan puntos en la pared y así respectivamente se amarran todos los avances a puntos georreferenciados en las guías principales. Cuando los túneles se desvían demasiado en pendiente, se corrigen con coordinación del supervisor, donde se nivela el piso con voladuras a piso.

## 9.6.2. Modelamiento Minero

### 9.6.2.1. Modelamiento en Software Auto Cad

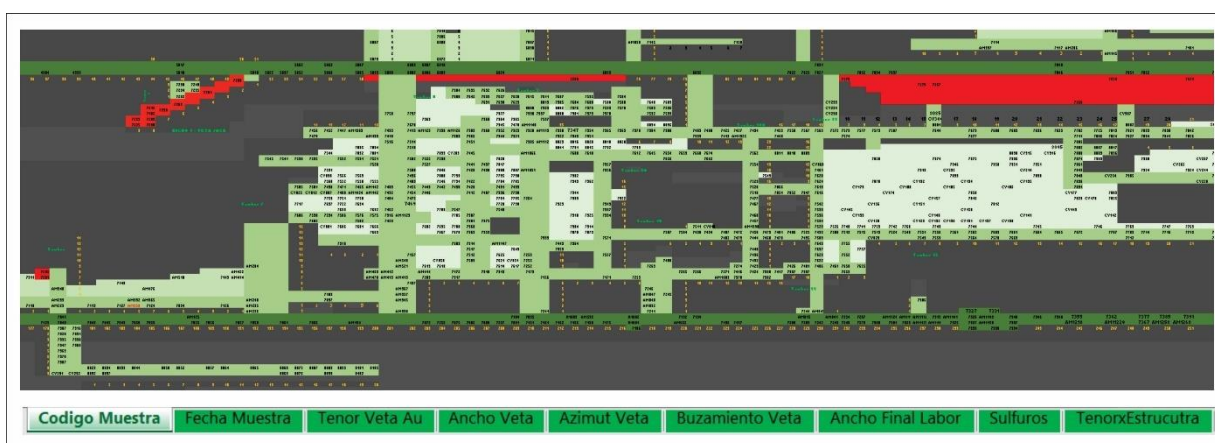
Con las mediciones de distancias y ángulos obtenidos en la cartografía de mina, se realiza la construcción de la mina en el software Auto Cad. Se grafica un plano de vista de perfil de las labores de extracción de la Veta Grillos; se asumen las guías principales como horizontales, aunque en realidad avanzan con pendiente positiva; a partir de estas guías se comienzan a graficar todos los tambores y sobre guías día a día que se realicen cambios y avances. Para realizar el modelamiento minero, el departamento de geología se basa en los tenores diluidos de las muestras que cada metro se toman; estos tenores diluidos se obtienen multiplicando el tenor de la veta que proporciona el laboratorio, multiplicado por el ancho de la estructura, dividido el ancho total de la labor. La zonificación se realiza de la siguiente manera: rojo para tenores mayores a 10 gramos; rosado para tenores entre 3 y 10 gramos; gris para tenores menores de 3 gramos (*Figura 31*).



*Figura 31.* Ejemplo de modelamiento minero realizado con software Auto Cad. Se realiza el perfil de la clavada 2, Mina Mocarongo. (Tomado de Sociedad Santa María GP).

### 9.6.2.2. Modelamiento en "Vulcan"

Se ha implementado un sistema para el almacenamiento de la información obtenida en mina y que sea representada de forma gráfica y practica; a partir de un archivo Excel, se trata a una celda como un metro de la mina, de ancho y alto; de esta manera se tiene un gráfico de los túneles que se construye a partir del plano de perfil Auto Cad. Este archivo Excel se le conoce en el Departamento de Geología como "Vulcan" y allí está contenido primeramente la construcción de labores con los datos métricos de avance, y se utilizan diferentes pestañas para almacenar los siguientes datos: código de muestra, fecha de muestra, tenor de veta, ancho de veta, azimut veta, buzamiento veta, ancho final de labor, % sulfuros y un índice del tenor multiplicado por el ancho de veta; de esta manera se accede mucho más fácil al historial de la mina, facilitando la búsqueda de información en la apertura de nuevos frentes de explotación. (*Figura 32*).



*Figura 32.* Gráfico Excel "Vulcan", se observa en la parte inferior las diversas pestañas con los datos almacenados; cada celda del gráfico almacena una muestra recolectada de los frentes de explotación. (Tomado de Sociedad Santa María GP).

## 9.7. Bases de Datos Departamento de Geología

Los planos, gráficos y mapas de Sociedad Santa María GP se construyen a partir de las bases de datos que el Departamento de Geología maneja, estas contienen la información obtenida en mina, las voladuras realizadas, la carga que se eleva a superficie, tenores de muestras y manejo de

promedios generales para la venta de cargamentos. Todos los turnos se actualizan estas para tener la información actualizada, ya que esta información la requiere el jefe de mina y gerencia.

### 9.7.1. Informe Cantidad de Toneladas

Consta de una tabla en Excel con la información de todas las vagonetas que se elevan a superficie; esta información la proporciona el supervisor de turno, su informe contiene cuantas vagonetas salieron y donde fueron depositadas; además, tienen que informar el frente de explotación de donde procede dicha carga (*Tabla 1*). En la Mina Mocerongo se tienen 2 tipos de vagonetas, de 0,7 y 1 tonelada, mayormente se utiliza las vagonetas de 0,7 toneladas. El archivo contiene la siguiente información: fecha, turno, nivel, frente de explotación, tipo de voladura, acopio, vagoneta de estéril o de mina, tamaño de vagoneta, conversión a tonelada y numero de lote de envío

**Tabla 1.** Ejemplo informe cantidad de toneladas.; allí se registra todo el material extraído y elevado a superficie. (Tomado de Sociedad Santa María GP).

| FECHA      | TURNO | Nivel | FRENTE                                  | TIPO DE VOLADURA                  |
|------------|-------|-------|---|-----------------------------------|
| 20/09/2021 | 2     | 1     | GRILLOS W NIVEL #1 - BLOQUE 11          | Slash a techo                     |
| 20/09/2021 | 2     | 1     | GRILLOS W NIVEL #1 - CLAVADA 3          | Slash a techo                     |
| 20/09/2021 | 2     | 1     | GRILLOS W NIVEL #1 - CLAVADA 3          | Slash a techo                     |
| 20/09/2021 | 3     | 1     | GRILLOS W NIVEL #1 - CLAVADA 2          | Slash a techo                     |
| 20/09/2021 | 3     | 1     | GRILLOS W NIVEL #1 - BLOQUE 17          | Slash a techo                     |
| 21/09/2021 | 1     | 1     | GRILLOS W NIVEL #1 - BLOQUE 17          | Slash a techo                     |
| 21/09/2021 | 2     | 1     | GRILLOS W NIVEL #1 - CLAVADA 2 - SGWD24 | Slash a techo                     |
| 21/09/2021 | 2     | 1     | GRILLOS W NIVEL #1 - TAMBOR #9A         | Slash a techo                     |
| 21/09/2021 | 2     | 1     | GRILLOS W NIVEL #1 - CLAVADA 3          | Slash a techo                     |
| 22/09/2021 | 1     | 1     | GRILLOS W NIVEL #1 - CLAVADA 2          | Slash a piso                      |
| 22/09/2021 | 1     | 1     | GRILLOS W NIVEL #1 - CLAVADA 3          | Diferencial por estéril o ensache |
| 22/09/2021 | 2     | 1     | GRILLOS W NIVEL #1 - CLAVADA 2 - SGWD24 | Slash a piso                      |
| 22/09/2021 | 2     | 1     | GRILLOS W NIVEL #1 - BLOQUE 17          | Slash a techo                     |

| ACOPIO | VAG. ESTERIL | VAG. MINA | Lequeña/Grat | Conver/Tons Ester | Conver/Tons Mina | N- ACOPIO |
|--------|--------------|-----------|--------------|-------------------|------------------|-----------|
| 2      | 0            | 1         | P            | 0                 | 0,75             | AG58      |
| 3      | 2            | 0         | P            | 1,5               | 0                | AG58      |
| 3      | 2            | 0         | P            | 1,5               | 0                | AG58      |
| 3      | 3            | 0         | P            | 2,25              | 0                | AG58      |
| 2      | 0            | 2         | P            | 0                 | 1,5              | AG58      |
| 2      | 0            | 2         | P            | 0                 | 1,5              | AG58      |
| 1      | 0            | 4         | P            | 0                 | 4                | AG58      |
| 2      | 0            | 2         | P            | 0                 | 1,5              | AG58      |
| 3      | 1            | 0         | P            | 0,75              | 0                | AG58      |
| 1      | 0            | 6         | P            | 0                 | 6                | AG58      |
| 3      | 3            | 0         | P            | 2,25              | 0                | AG58      |
| 4      | 0            | 2         | P            | 0                 | 2                | AG58      |
| 2      | 0            | 1         | P            | 0                 | 0,75             | AG58      |

El peso se tomaba estándar según la capacidad de las vagonetas, esto generaba desfases por exceso en los datos de peso de volquetas en la empresa Antioquia Gold; porque algunos envíos contenían mayor cantidad de sulfuros, como por ejemplo el material procedente de la clavada 2, que siempre se mantuvo con tenores diluidos en orden de 18 a 24 gramos de Au; esto aumentaba significativamente el peso de la carga. Se planeaba adquirir una balanza que pesaría cada vagoneta en la bocamina y tener mayor control en el pesaje de la carga, de esta manera el informe de cantidad de toneladas cambiaría para el momento de contabilidad de peso de las vagonetas; este recurso es muy indispensable ya que en envíos de 100 toneladas se podrían tener desfasados unas 10 o 17 toneladas de exceso.

### **9.7.2. Informe de Avances por Voladura**

Consta de una tabla de Excel con la información de todas las voladuras que se realizan en la mina Mocorongo. Información suministrada por el supervisor (*Tabla 2*). Anteriormente, el Departamento de Geología se encargaba de realizar el informe de explosivos, que contenía de igual manera, contenía todas las voladuras, pero con todos los insumos y tipos de explosivos que se utilizaban en la perforación; esta labor ya fue trasladada al jefe de mina y el área administrativa.

El informe de avance por voladuras guarda todo el historial de las voladuras con sus respectiva eficiencia y datos de avance, se actualiza cada turno para tener el informe disponible para el área que lo requiera. El informe contiene la siguiente información: fecha, turno, lote, nivel, veta, código de frente de explotación, frente de trabajo, tipo de voladura, longitud de perforación, avance acumulado anterior, avance acumulado actual, avance por voladura, % de rendimiento de voladura, ancho de labor, alto de labor, espesor de veta, código de muestra y si hay alguna observación. Los tipos de voladura pueden ser: avance por sección completa, breasting, diferencial por estéril, diferencial por mina (veta), slach a piso y slach a techo.

**Tabla 2.** Ejemplo informe de avances por voladura, allí se registra todas las voladuras realizadas con sus respectivos avances. (Tomado de Sociedad Santa María GP).

| Fecha     | Turno | Lote | Nivel | VETA      | Código                           | Fronte de trabajo                           |
|-----------|-------|------|-------|-----------|----------------------------------|---|
| 7/09/2021 | 3     | AG56 | 0     | GRILLOS W | Grillos W - Nivel #0 - NICH0 SUR |   |
| 7/09/2021 | 3     | AG56 | 1     | GRILLOS W | N1GrW_TD210_BlqD20W              | Nivel 1 al W - Bloque 11                    |
| 7/09/2021 | 3     | AG56 | 1     | GRILLOS W | N1GrW_TD230                      | Nivel 1 al W - Tambor 11 - SGD26E           |
| 8/09/2021 | 1     | AG56 | 1     | GRILLOS W | N1GrW_CID180                     | Clavada 3                                   |
| 8/09/2021 | 2     | AG56 | 1     | GRILLOS W | N1GrW_TD230                      | Nivel 1 al W - Tambor 11 - SGD26E           |
| 8/09/2021 | 2     | AG56 | 1     | GRILLOS W | N1GrW_CID74_SGD24E               | Clavada 2 - Sobreguía 2 al E                |
| 8/09/2021 | 2     | AG56 | 1     | GRILLOS W | N1GrW_CID180                     | Clavada 3                                   |
| 8/09/2021 | 3     | AG56 | 1     | GRILLOS W | N1GrW_TD230_BlqD26W              | Nivel 1 al W - Bloque 17                    |
| 8/09/2021 | 3     | AG56 | 1     | GRILLOS W | N1GrW_CID74_SGD24E               | Clavada 2 - Sobreguía 2 al E                |
| 9/09/2021 | 1     | AG56 | 1     | GRILLOS W | N1GrW_TD230_SGW34                | Nivel 1 al W - Tambor 11 - Sobreguía 3 al W |
| 9/09/2021 | 1     | AG56 | 1     | GRILLOS W | N1GrW_CID74_SGD24E               | Clavada 2 - Sobreguía 2 al E                |
| 9/09/2021 | 2     | AG56 | 1     | GRILLOS W | N1GrW_CID74_SGD24E               | Clavada 2 - Sobreguía 2 al E                |
| 9/09/2021 | 3     | AG56 | 1     | GRILLOS W | N1GrW_CID74_SGD24E               | Clavada 2 - Sobreguía 2 al E                |

| Tipo de Voladura                  | Longitud de perforación | Avance acumulado anterior (m) | Avance acumulado actual (m) | Avance por voladura (m) | % rendimiento de la voladura por avance | Ancho de Labor | Alto de Labor | Espesor de Veta | Cod Muestra |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---|----------------|---------------|-----------------|-------------|
| Avance                            | 0,7                     | 3,78                          | 4,35                        | 0,57                    | 81,42857143                             | 0,59           | 2             | 0,04            | CV241       |
| Slash a techo                     | 0,7                     | 4,8                           | 5                           | 0,2                     | 28,57142857                             | 0,72           | 3,13          | 0,32            | NT          |
| Diferencial por estéril o ensache | 1,1                     | ensanche                      | ensanche                    | ensanche                | ensanche                                | 0,62           | 1,1           | 0,12            | NT          |
| Avance                            | 0,7                     | 1,3                           | 1,44                        | 0,14                    | 20                                      | 1,56           | 2,87          | 0,32            | 7920        |
| Avance                            | 1,1                     | 5                             | 5,5                         | 0,5                     | 45,45454545                             | 0,62           | 1,1           | 0,12            | NT          |
| Avance                            | 1,1                     | 9,88                          | 10,93                       | 1,05                    | 95,45454545                             | 0,72           | 1,8           | 0,25            | 7922-7923   |
| Avance                            | 0,7                     | 1,44                          | 1,85                        | 0,41                    | 58,57142857                             | 1,56           | 2,64          | 0,3             | NT          |
| Slash a techo                     | 0,7                     | Slash                         | Slash                       | Slash                   | Slash                                   | 0,97           | 4             | 0,43            | 7924        |
| Avance                            | 1,1                     | 10,93                         | 11,5                        | 0,57                    | 51,81818182                             | 1,07           | 1,26          | 0,28            | NT          |
| Diferencial por estéril o ensache | 1,1                     |                               |                             | 0                       | 0                                       |                |               |                 |             |
| Slash a techo                     | 0,7                     | 3                             | 3,5                         | 0,5                     | 71,42857143                             | 0,65           | 7,07          | 0,44            | CV243       |
| Avance                            | 1,1                     | 11,5                          | 12,2                        | 0,7                     | 63,63636364                             | 1,07           | 1,26          | 0,28            | 7926        |
| Slash a techo                     | 0,7                     | ensanche                      | ensanche                    | 0,5                     | ensanche                                | 1,15           | 3             | 0,33            | NT          |

### 9.7.3. Informe de Muestras

En el mismo archivo Excel se tienen 2 pestañas para administrar las muestras con sus datos y tenores; en una pestaña se almacenan las muestras de acopios, así se accede más fácil a los promedios de tenores de las cargas (**Tabla 3**); en la próxima pestaña se almacenan las muestras de frentes de explotación y compositos de voladura (**Tabla 4**). A partir de este informe es que se realizan los planes de descargue de cada frente de explotación; se actualiza todos los turnos y al siguiente día cuando laboratorio entregue resultados.

**Tabla 3.** Ejemplo informe muestras de acopio. (Tomado de Sociedad Santa María GP).

| Code  | Au 1A3-30 >5ppm Moi | Acopio      | #Acopio | Lugar          | collection date | Comments                                  |
|-------|---------------------|-------------|---------|----------------|-----------------|---|
| MC467 | 11,3                | Acopio AG53 | 2       | Acopio Grillos | 18/08/2021      | Muestras de seguimiento diario en acopio. |
| MC468 | 10,6                | Acopio AG53 | 2       | Acopio Grillos | 18/08/2021      | Muestras de seguimiento diario en acopio. |
| MC469 | 12,3                | Acopio AG53 | 1       | Acopio Grillos | 18/08/2021      | Muestras de seguimiento diario en acopio. |
| MC470 | 16,3                | Acopio AG53 | 1       | Acopio Grillos | 18/08/2021      | Muestras de seguimiento diario en acopio. |
| MC471 | 16,3                | Acopio AG53 | 1       | Acopio Grillos | 18/08/2021      | Muestras de seguimiento diario en acopio. |
| MC472 | 10,6                | Acopio AG53 | 0       | Acopio Grillos | 19/08/2021      | Mezcla con pajarita                       |
| MC473 | 11,6                | Acopio AG53 | 0       | Acopio Grillos | 19/08/2021      | Mezcla con pajarita                       |
| MC474 | 11,6                | Acopio AG53 | 0       | Acopio Grillos | 19/08/2021      | Mezcla con pajarita                       |
| MC475 | 9                   | Acopio AG53 | 0       | Acopio Grillos | 19/08/2021      | Mezcla con pajarita                       |

En el informe de muestras de acopio se almacena simplemente la información de código, tenor, lote, acopio, fecha y método, ya sea muestras de control diario o muestras luego de mezcla de carga.

El informe de muestras de frente es más completo, ya que lleva toda la información de la libreta de campo: código, tenor, tenor diluido, tipo (de veta, falla, granodiorita o todas las anteriores), nivel, código de frente de explotación, método de muestra, localización, metro de avance, datos estructurales de veta y falla, ancho de veta, % de sulfuros, % de oxidación, ancho y alto de sección, fecha y comentarios. A partir de este informe se realiza el modelamiento minero.

**Tabla 4.** Ejemplo informe de muestras de frente. (Tomado de Sociedad Santa María GP).

| Code  | Au 1A3-30<br>>5ppm<br>Moro | Tenor Diluido<br>(gr/ton) | Estructura<br>muestreada | Nivel | Loc. Code          | Method                | Location   | Metro de<br>Muestra |
|-------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------|--------------------|-----------------------|--|---------------------|
| 7768  | 67,5                       | 29,0                      | Veta                     | 1     | CLAVADA#2 - SG1W   | Selectivo             | Nivel 1 - Calvada 2, sobreguía 1 al oeste en el metro 7,9 de avance    | 7,9                 |
| 7769  | 5                          | 1,3                       | Veta                     | 1     | L1B17B             | Selectivo             | Nivel 1 - Bloque 17B   |                     |
| 7770  | 80                         | 3,6                       | Veta                     | 1     | CLAVADA#2 - SGWD24 | Selectivo             | Nivel 1 - Calvada 2, sobreguía D24 al oeste en el metro 8,95 de avance | 8,95                |
| 7771  | 80                         | 18,2                      | Veta                     | 1     | CLAVADA#2 - SGWD24 | Selectivo             | Nivel 1 - Calvada 2, sobreguía D24 al oeste en el metro 8,95 de avance | 8,95                |
| CV124 | 30,6                       | 30,6                      | Veta                     | 1     | CLAVADA#2 - SGWD24 | Selectivo             | Nivel 1 - Calvada 2, sobreguía D24 al oeste en el metro 8,95 de avance | 8,95                |
| 7772  | 91,3                       | 33,2                      | Veta                     | 1     | CLAVADA#2 - SGWD24 | Selectivo             | Nivel 1 - Calvada 2, sobreguía D24 al oeste en el metro 8,95 de avance | 8,95                |
| CV125 | 29,6                       | 29,6                      | Veta                     | 1     | CLAVADA#2 - SGWD24 | Composito de voladura | Nivel 1 - Calvada 2, sobreguía D24 al oeste en el metro 8,95 de avance | 8,95                |

| strike | Dip | Ancho_Vet<br>a (m) | %_Sulf_Vet<br>a | %_FeOx_V<br>eta | strike | Dip | Ancho_Fall<br>a (m) | %_Sulf_Fall<br>a | %_FeOx_Fa<br>lla | Ancho<br>Lab | Alto<br>Lab | Tipo de<br>Alteraci | collection date | Comments   |
|--------|-----|--------------------|-----------------|-----------------|--------|-----|---------------------|------------------|------------------|--------------|-------------|---------------------|-----------------|--|
|        |     | 0,52               | 12              | 2               |        |     | 0,05N               |                  |                  | 1,21         | 2,3         |                     | 12/07/2021      | Muestra de veta tomada en el Nivel 1 - Calvada 2, sobreguía 1 al oeste en el metro 7,9 de avance. La falla se compone de gouge. En el respaldo de la veta se localiza feldespató potásico en una proporción    |
| 260    | 68S | 0,18               | 5               |                 |        |     |                     |                  |                  | 0,7          | 3           |                     | 12/07/2021      | Muestra de veta tomada en el Nivel 1 - Bloque 17B. El sulfuro se halla en cristales y masivo. La falla se encuentra al sur de la veta. Se presenta 3% de alteración potásica.                                  |
| 277    | 72N | 0,05               | 20              | 20              | 277    | 72N | 0,05N               |                  |                  | 1,1          | 2,1         |                     | 12/07/2021      | Muestra de veta tomada en el Nivel 1 - Calvada 2, sobreguía D24 al oeste en el metro 8,95 de avance. La veta se localiza cerca a la pared norte, es separada de esta por la falla. El sulfuro se haya en forma |
| 265    | 70N | 0,25               | 20              | 5               |        |     |                     |                  |                  | 1,1          | 2,1         |                     | 12/07/2021      | Muestra de veta tomada en el Nivel 1 - Calvada 2, sobreguía D24 al oeste en el metro 8,95 de avance. La veta aumenta su potencia (máxima medida es 0.32) hacia la pata, no se logra medir el espesor final     |
| 265    | 70N | 0,3                | 20              |                 | 277    | 72N |                     |                  |                  | 1,1          | 2,1         |                     | 12/07/2021      | Muestra de composito de voladura tomada en el Nivel 1 - Calvada 2, sobreguía D24 al oeste en el metro 8,95 de avance.  |
| 265    | 70N | 0,4                | 10              |                 | 265    | 70N |                     |                  |                  | 1,1          | 2,1         |                     | 13/07/2021      | Muestra de veta tomada en la parte baja del frente en el Nivel 1 - Calvada 2, sobreguía D24 al oeste en el metro 8,95 de avance. Desde la mitad de la labor hacia arriba la veta se bifurca en estructuras de  |
| 265    | 70N | 0,4                |                 |                 | 265    | 70N |                     |                  |                  | 1,1          | 2,1         |                     | 13/07/2021      | Muestra de composito de voladura tomada Nivel 1 - Calvada 2, sobreguía D24 al oeste en el metro 8,95 de avance   |

Con base en estos informes, el departamento de geología todas las mañanas envía un informe diario de actividades, cargas y tenores promedios a gerencia e inversionistas.

## 9.8. Cálculo de Reservas

A falta de campañas exploratorias de perforaciones de superficie, el calculo de reservas y recursos en la Sociedad Santa María GP se realiza a muy corto plazo y con un grado de incertidumbre considerable; esto debido a que las zonas de bonanza son interceptadas sin



perforaciones anteriores, sino que simplemente se delimitan a medida que las guías principales avanzan; lo que quiere decir, que el mismo desarrollo de un túnel limita las zonas ricas de la Mina Mocerongo; por ejemplo, si la guía principal avanza e intercepta una zona donde la veta contiene un buen espesor ( $> 18$  cm) y su tenor diluido es favorable ( $> 10$  gramos/Ton), entonces se procede a extraer ese material para venta; si la guía en los siguientes 10 metros vuelve y pincha, se toma la decisión de abrir un frente de explotación en tambor en la mitad de esta zona rica y procediendo de la misma manera se delimita el alto de dicha zona; además, según la longitud del tambor, también se da apertura a sobre guías que ayudaran a delimitar con más certeza los bloques ricos, para posteriormente extraerlos por medio de corte y relleno. Como se tiene una muestra de veta luego de cada voladura (aproximadamente cada metro), se promedian todos los tenores de dichas muestras para dar un tenor promedio del bloque delimitado por los túneles. Los bloques se irán extrayendo según su tenor general y el requerimiento de ese periodo, es decir, si se necesitan tenores altos para subir promedios generales de otras cargas o si, por el contrario, no se quiere afectar este promedio de los acopios. Si un tambor en una zona de bonanza no presenta veta pinchada en su avance, si se encuentra en nivel 1, llegara a conectar con nivel 0; y si se encuentra en nivel 0, avanzara hasta donde sea posible, ya que cuando un tambor se aproxima a superficie la roca caja no se encontrará tan fresca, lo que afectara seriamente la estabilidad.

### **9.9. Venta de Mineral**

Sociedad Santa María GP cuenta con una planta de beneficio ubicada en el mismo campamento, pero por fallas de equipo y falta de cantidad de material, la planta solo estuvo operativa unos meses. La cantidad de material de producción ha ido aumentando progresivamente, pero luego del paro de la Planta Santa María, se abrió mercado con la empresa Antioquia Gold, en el municipio de Cisneros, esta empresa cuenta, con una gran planta de beneficio, y tienen un departamento de

compras de material bruto de veta, y así adquieren material de alto tenor que les aumentara su promedio general. A finales de septiembre de 2021 Sociedad Santa María estaba en su lote 59 de venta a Antioquia Gold, el código del lote es AG59 y así sucesivamente. Los envíos de Santa María son variantes debido a la disponibilidad de zonas ricas del depósito; cuando se extrae carga de tenor alto (16 – 23 gramos Au), los envíos se hacen semanales de aproximadamente 30 toneladas; los envíos de tenor regular (7 – 10 gramos Au), suelen demorarse más, ya que se decide enviar mayor tonelaje, alrededor de 2 semanas se envían de 80 a 100 toneladas; la carga de bajo tenor que podría afectar promedios generales se excluye del lote de envío, este es almacenado en el patio del campamento, y es enviado a las tolvas de la Planta de Beneficio Santa María, allí se represa mientras se vuelve a activar dicha planta. (Morocota Gold S.A.S, 2020).

Sociedad Santa María contrata las volquetas necesarias para hacer el traslado de la carga, que viajan de Gómez Plata al corregimiento de Santiago en el municipio de Cisneros; es una trayectoria aproximada de 30 kilómetros, en un tiempo de hora y media en volqueta. Se alquila también un retrocargador para el cargue de volquetas (*Figura 37*), en Antioquia Gold son pesadas, y estos son los datos que se comparan con el peso total del informe de cantidad de toneladas; la carga es depositada en el Acopio Antioquia Gold a esperas de la cita para proceso de conminución primaria. El Departamento de Geología de Santa María se encarga de la supervisión de entrada de material a Planta AG; esta carga tiene la particularidad de ser muy arcillosa por la presencia de material de falla como la salbanda. A pesar del cuidado que se tiene en el secado de la carga, este ingreso a Planta Antioquia Gold puede tardar 2 o 3 días más después de la descarga en su acopio, ya que la carga húmeda provoca muchos problemas en la Planta. (Morocota Gold S.A.S, 2020).



*Figura 33.* Volqueta de 15 toneladas siendo cargada por retrocargador con material de venta.

La presencia del geólogo Santa María es indispensable para dar inicio a proceso de trituración, este debe supervisar el correcto traslado y descargue del material en la Tolva de la Planta Antioquia Gold, luego de ser el material triturado, en cabeza de molino se toman muestras en las bandas cada 2,4 o 5 minutos, según el tonelaje del envío, la muestra se toma con una bandeja o tubo que se introduce en la caída del material triturado; luego del paso de toda la carga, la muestra resultante entra a laboratorio Antioquia Gold para determinar su tenor; se realizan todos los métodos estadísticos de mezcla que resultan en 6 muestras; 4 para Antioquia Gold y 2 para Santa María como contramuestras que posteriormente son analizadas también en el laboratorio Santa María; al siguiente día Antioquia Gold envía resultados de tenores y contenido de metales, procediendo a la facturación de la compra. (Morocota Gold S.A.S, 2020).

### 10. Producción marzo a septiembre del 2021, Sociedad Santa María GP

De marzo a septiembre de 2021, todo el material extraído de la Mina Mocerongo se destinó para venta a Antioquia Gold, ya que el material de bajo tenor ya tenía llenas las tolvas de Planta de Beneficio Santa María; así que todo se pudo vender sin afectar las metas propuestas. Se realizaron 21 envíos en total, del AG38 al AG58. El total de toneladas de material elevado a superficie en estos 6 meses (**Tabla 5**), refleja el doble de toneladas de mina sobre el material estéril, esto es debido fundamentalmente a que en este periodo de tiempo se priorizo la producción sobre el desarrollo, de modo que los frentes de explotación principales (ambos con veta pinchada) no avanzaran significativamente; la cruzada era también el otro frente de desarrollo principal del cual se extraía solo estéril, pero cuando esta cruzada intercepta Veta Planta y no se observa potencial, se decide abandonar esta labor; por esta razón el estéril fue fundamentalmente de tambores o sobre guías cuando la veta cerraba, cuando se realizaban ensanches y cuando se realizaban voladuras por diferencial de esteril. Otra razón importante de esto es que se comenzaron a rellenar las labores de bloques completamente explotados completando así el método corte y relleno, este estéril de relleno como no salía a superficie, no se guarda su historial en el informe de cantidad de toneladas. (Morocota Gold S.A.S, 2020).

**Tabla 5.** Toneladas totales extraídas de marzo a septiembre, 2021. (Tomado de Sociedad Santa María).

| <b>Total Toneladas Extraídas (mar - sep, 2021)</b> |        |
|--|--------|
| Esteril  | 1063   |
| Mina   | 2046,1 |

Al analizar esta totalidad de toneladas de carga de veta, se observa que casi en igual proporción se despacharon mina a Acopio 1 y Acopio 2; la carga en Acopio 4 es apenas muy pequeña comparada los otros acopios (**Tabla 6**), esto se debe a que era un acopio ocasional para dar tiempo a la toma de decisiones de despacho. La carga en Acopio 1 procedía principalmente de la clavada

2, que proporcionaba cargas con tenor alto, por ende, fue menor volumen; la carga de Acopio 2 era de la zona conocida como “Bloques” que se encuentra en una zona de bonanza entre Nivel 1 y Nivel 0, se extrajo por medio de tambores, sobre guías y corte y relleno de bloques. (Morocota Gold S.A.S, 2020).

**Tabla 6.** Toneladas totales de material de veta (mina) en acopios de marzo a septiembre, 2021. (Tomado de Sociedad Santa María).

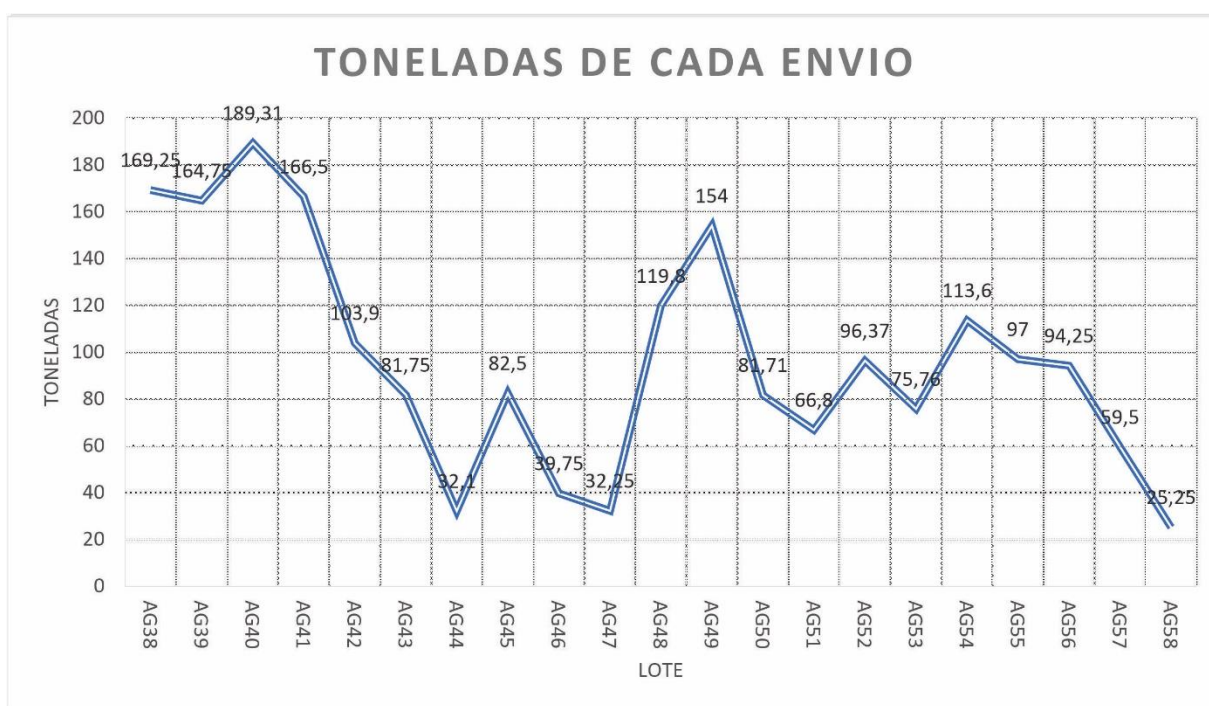
| <b>Total Toneladas Mina en Acopios (mar - sep, 2021)</b> |               |
|--|---------------|
| Acopio 1   | 933,9         |
| Acopio 2   | 955,7         |
| Acopio 4   | 156,5         |
| <b>Total</b>   | <b>2046,1</b> |

En la **Tabla 7** se aprecia la cantidad de toneladas de material de veta (mina), su tenor general de envío y los gramos totales de una recuperación de 100% de mineral; también, sus respectivas graficas (**Figura 38, Figura 39 y Figura 40**). (Morocota Gold S.A.S, 2020).

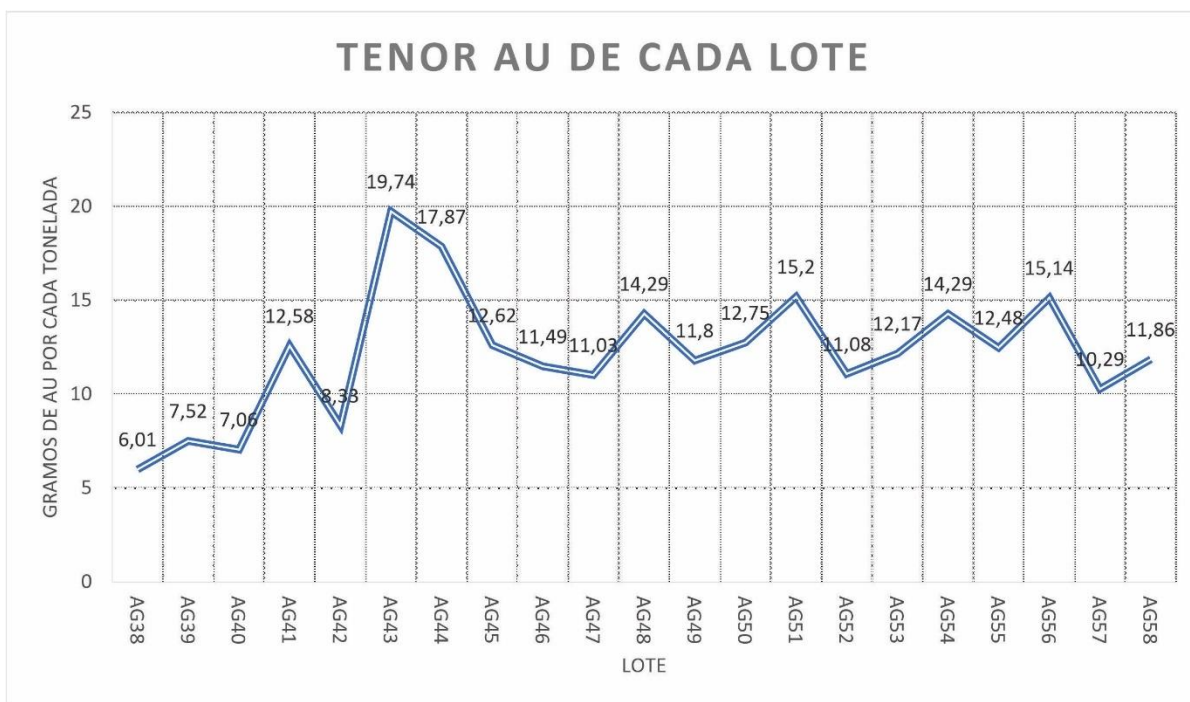
**Tabla 7.** Datos generales de producción de cada lote de marzo a septiembre, 2021. (Tomado de Sociedad Santa María).

| <b>Produccion de Toneladas Mina por Lote</b> | <b>Tenor</b>  | <b>Gramos</b> |                   |
|--|---------------|---------------|-------------------|
| AG38   | 169,25        | 6,01          | 1017,1925         |
| AG39   | 164,75        | 7,52          | 1238,92           |
| AG40   | 189,31        | 7,06          | 1336,5286         |
| AG41   | 166,5         | 12,58         | 2094,57           |
| AG42   | 103,9         | 8,33          | 865,487           |
| AG43   | 81,75         | 19,74         | 1613,745          |
| AG44   | 32,1          | 17,87         | 573,627           |
| AG45   | 82,5          | 12,62         | 1041,15           |
| AG46   | 39,75         | 11,49         | 456,7275          |
| AG47   | 32,25         | 11,03         | 355,7175          |
| AG48   | 119,8         | 14,29         | 1711,942          |
| AG49   | 154           | 11,8          | 1817,2            |
| AG50   | 81,71         | 12,75         | 1041,8025         |
| AG51   | 66,8          | 15,2          | 1015,36           |
| AG52   | 96,37         | 11,08         | 1067,7796         |
| AG53   | 75,76         | 12,17         | 921,9992          |
| AG54   | 113,6         | 14,29         | 1623,344          |
| AG55   | 97            | 12,48         | 1210,56           |
| AG56   | 94,25         | 15,14         | 1426,945          |
| AG57   | 59,5          | 10,29         | 612,255           |
| AG58   | 25,25         | 11,86         | 299,465           |
| <b>Total</b>                                 | <b>2046,1</b> | <b>255,6</b>  | <b>23342,3174</b> |

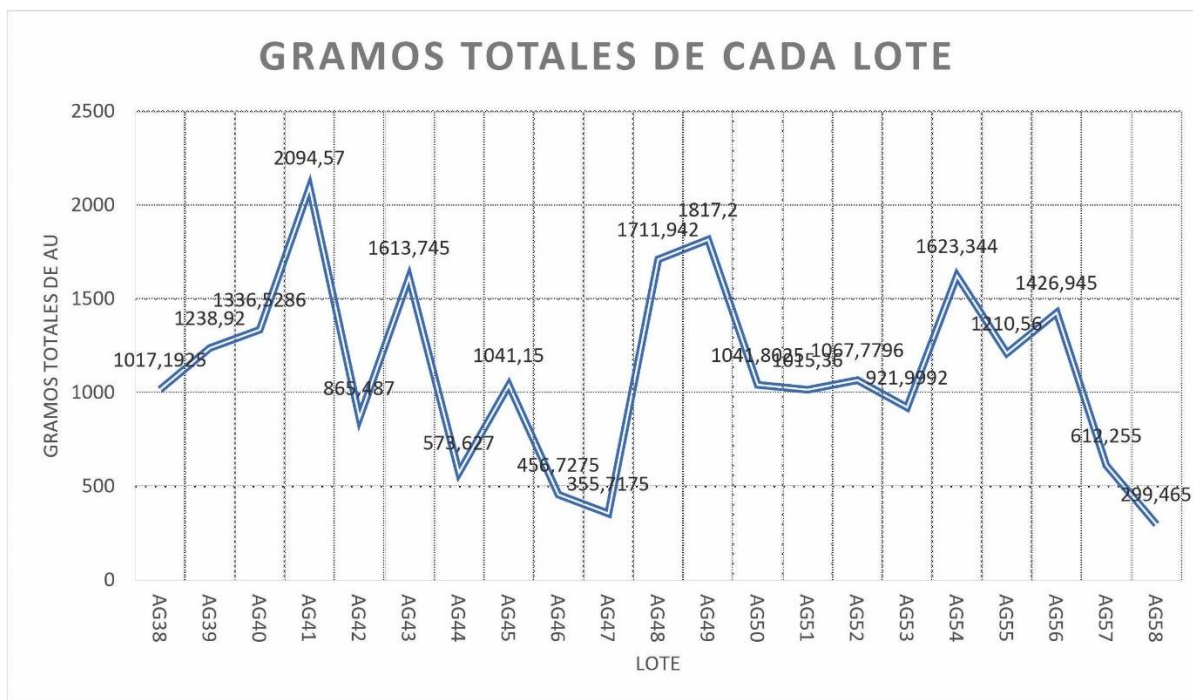
Por decisión administrativa de Sociedad Santa María GP, en tiempos de frentes de producción de tenor regular, se enviarán lotes con mayor tonelaje; por esta razón, los lotes mayores a 100 toneladas tienen tenores más bajos; la Mina Mocarongo produce esta carga alrededor de 2 a 2 semanas y media. Esta limitante esta exclusivamente en función de la riqueza de mineral en ciertas zonas del depósito; los primeros envíos en el mes de marzo del 2021, no se explotaba la clavada 2, esta carga es la de mayor tenor de la Mina Mocarongo en el año 2021; pero esta llego a un punto donde la veta correspondía a cuarzo lechoso sin mucha presencia de sulfuros, esto ocurre a los 30 metros de avance; esto represento una baja significativa en los tenores y promedios; ya que no se avanzaron frentes de desarrollo en busca de nuevas zonas de bonanza. (Morocota Gold S.A.S, 2020).



**Figura 34.** Gráfico toneladas de cada lote de marzo a septiembre, 2021. (Tomado de Sociedad Santa María).



**Figura 35.** Gráfico tenor promedio de cada lote de marzo a septiembre, 2021. (Tomado de Sociedad Santa María).



**Figura 36.** Gráfico gramos totales de cada lote de marzo a septiembre, 2021. (Tomado de Sociedad Santa María).

## 11. Conclusiones

- La zona de Gómez Plata se diferencia de otras zonas del Distrito Batolito, ya que sus estructuras mineralizadas son de poca potencia, menor a 1 metro; pero con tenores altos; por lo cual las labores mineras del municipio son proyectos pequeños.
- El proyecto Sociedad Santa María GP tiene una gran área de títulos asignados; actualmente solo se extrae material de una mina; pero los otros títulos han presentado anomalías positivas; por lo cual se busca inversión para poder progresar en estas otras zonas.
- El cálculo de reservas y recursos se realiza conforme avanzan los frentes de desarrollo, esto puede afectar seriamente a la certeza geológica, siendo cálculos a corto plazo. Es fundamental la campaña de perforaciones de superficie, pero a falta de recursos, se aplica el conocimiento lo más profesionalmente en la interpretación del depósito
- Los frentes principales de las guías de la Mina Mocerongo se encuentran con veta pinchada, por esto se ha decidido no avanzarlos en gran medida. El desarrollo principal se ha realizado en torno a las clavadas 2 y 3 para la apertura de un nuevo Nivel 2.
- El alto buzamiento de la Veta Grillos ha facilitado la extracción por medio de tambores, ya que ayuda al más rápido descargue. Algunas zonas de la Mina Mocerongo son extraídas por medio de tambores y sobre guías; otras por el método de corte y relleno de bloques.
- La Veta Grillos presenta ciertos indicativos y guías de calidad de frente según el tenor; los cuales son cuarzo ahumado o gris, sulfuro en forma "migada" (como escarcha), presencia de calcopirita y/o bornita y la potencia relativa, ya que es usual mayores



tenores en espesores bajos; estos rasgos corresponden a una guía mineralógica para este depósito.

- La carga estéril es utilizada para el relleno de zonas de bloques extraídos completamente (por el método corte y relleno), este relleno no es inventariado por el área de geología; el estéril que es elevado a superficie es vendido a bajo precio al municipio para relleno de carreteras; cada mes se realizan ensayos de tenor al estéril y este puede mostrar hasta 2 gramos de Au; generalmente es menor a 1 gramo.
- Los acopios están al aire libre sin ningún recubrimiento, sometidos al intemperismo; en una zona lluviosa como Gómez Plata, esto no es conveniente ya que el agua puede comenzar a erosionar la carga y llevarse el material fino.
- La producción minera de Sociedad Santa María GP es más atractiva por su alto tenor, que por su tonelaje; sin embargo, el descuido de los frentes de desarrollo provoca periodos donde se extrae solamente cargas pobres. Por esta razón los lotes de mayor tonelaje son de tenores más bajos.
- La zona norte del departamento de Antioquia es la más productiva de oro, esta se divide en distritos en función de sus características geológicas; Gómez Plata corresponde al Distrito Batolito, donde los depósitos se han clasificado como vetiformes mesotermales.

## 12. Recomendaciones

- Las limitantes técnicas de la operación son causa de la falta de recursos, al ser un proyecto pequeño, no se tiene tan tecnificado las labores exploratorias. En lo posible es necesario una campaña exploratoria de perforaciones de superficie, esto aumentaría la certeza geológica en la estimación de recursos; además esta información apoyaría el modelamiento minero y la apertura de frentes de explotación.
- La empresa Antioquia Gold presta ciertas asesorías a la Sociedad Santa María, como lo han sido campaña en exploración con diamantina de 30 metros para perforaciones en los frentes de explotación principales; también, levantamiento topográfico con estación total; estas campañas son temporales, así que hay que priorizarlas para poder avanzar lo máximo en el tiempo establecido; también seguir abriendo el campo para más asesorías.
- Retomar frentes de desarrollo como los frentes de explotación principales de ambos niveles, esto mientras están activos los demás frentes de producción, para así no llegar a un estrangulamiento económico por falta de mineral. Es fundamental ya que las zonas de bonanza se están acabando. De igual manera el avance en la Clavada 3 debe ser prioridad para profundizar otros 50 metros y abrir un nuevo nivel.
- La mayoría de la carga estéril es utilizada para relleno de labores abandonadas, pero esto es ocasional; actualmente hay otras labores abandonadas donde puede guardarse este estéril, y así evitar los gastos logísticos de elevación a superficie y de mano de obra que podría desempeñar otras tareas; el estéril puede ser empacado y depositado para mayor facilidad de traslado.
- El atractivo del mineral de Sociedad Santa María es su alto tenor; es indispensable tener riguroso cuidado con el manejo de tenores y promedios; por eso se debe implementar un

sistema de recubrimiento para las cargas en acopios, ya que están siendo lavadas frecuentemente por la lluvia todas las semanas. Un ejemplo es el Acopio Antioquia Gold, que utiliza parales de madera que sostienen plástico industrial transparente; en el caso de Santa María sería mucho menor, porque que se tienen 3 Acopios de Mina donde esta gestión se podría realizar con guadua, que son abundantes en la zona, y un excelente material de resistencia.

### 13. Bibliografía

- Alcaldía Municipal de Gómez Plata, Antioquia. (2018). Nuestro Municipio. Obtenido de Alcaldía Municipal de Gomez Plata, Departamento de Antioquia. Recuperado a partir de <http://www.gomezplata-antioquia.gov.co/municipio/geografia>
- Arbelaez, A. (2000). La minería antioqueña y su importancia en la acumulación primaria de capital. Semestre Económico, 4(8). Recuperado a partir de <https://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1393>
- Corantioquia - Universidad EAFIT. (2015). Aunar esfuerzos para realizar los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, en municipios de la región norte de Antioquia. Municipio de Gómez Plata. Convenio 1502-6 de 2015
- DANE. (2018). Censo poblacional departamento de Antioquia.
- Gamboa, M. (2004). Mapa de potencial minero de la jurisdicción de Corantioquia. Contrato No. 4993/2003, Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. Catalogo digital del CIA. Recuperado a partir de [https://cia.corantioquia.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=5614&query\\_desc=an%3A11720](https://cia.corantioquia.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=5614&query_desc=an%3A11720)
- Lozano, H., & Pulido, O. (1986) Situación actual del oro y la plata en Colombia: geología, génesis, aspectos mineros, reservas y producción. Boletín Geológico, 27(3), 1–56. Recuperado a partir de <https://revistas.sgc.gov.co/index.php/boletingeo/article/view/467>
- Morocota Gold S.A.S. (2020). Repositorio y Datos del Departamento de Geología Sociedad Santa María. Gómez Plata.

- Rodríguez, C., & Pernet, A. (1983). Recursos minerales de Antioquia. Boletín Geológico, 26(3), 2–117. Recuperado a partir de <https://revistas.sgc.gov.co/index.php/boletingeo/article/view/247>
- Servicio Geológico Colombiano. (2011). Memoria explicativa del mapa geológico de la plancha 131 Santa Rosa de Osos. Esc. 1:100.000 / Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS).

#### **14. Agradecimientos**

Lo primero, a Dios y a mi madre, les agradezco la oportunidad que me brindaron de poder emprender mi formación profesional, que, a pesar de haber tenidos algunos tropiezos, lo fundamental e importante es poder llegar a las ultimas estancias y concluir esta bella profesión. La Universidad de Caldas me brindo el privilegio de profundizar en esta ciencia y por ello agradezco a mis profesores y compañeros que me instruyeron con el conocimiento para poder sacar mi formación adelante. En esta trayectoria universitaria me cruce con grandes personas que me acompañaron en momentos diversos que no solo corresponden a cuestiones académicas, por ello son tan importantes para mí, mis amigos que hicieron mi estadía en Manizales mucho mas amena y aprovechable. Para finalizar, tengo un inmenso agradecimiento con toda la gente que conocí en Gómez Plata y en la Sociedad Santa María GP, de ellos me llevo lo mejor que me pudieron brindar, el conocimiento, ya que aprendí aunque sea un poco de cada uno de los trabajadores de las distintas áreas, que me compartían muy calurosamente sus experiencias y me respondían absolutamente todas las preguntas que les hacía; en Sociedad Santa María GP empecé mi trayectoria profesional, agradezco esta oportunidad laboral y personal que se me brindo en este hermoso municipio, que antes del 2021 ni conocía que existía, pero que nunca voy a olvidar.