

**INFORME DE TRABAJO COMO PRÁCTICA ACADÉMICA EN EL ÁREA DE  
GEOLOGÍA EN MINA EL CASTILLO.**

**MONTECRISTO - BOLIVAR**

**JAIME IVÁN GARZÓN CORRALES**



**UNIVERSIDAD DE CALDAS  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS GEOLÓGICAS  
PROGRAMA DE GEOLOGÍA  
MANIZALES**

**2021**

**INFORME DE TRABAJO COMO PRÁCTICA ACADÉMICA EN EL ÁREA DE  
GEOLOGÍA EN MINA EL CASTILLO.**

**MONTECRISTO - BOLIVAR**



**JAIME IVÁN GARZÓN CORRALES**

Trabajo de grado modalidad pasantía, presentado como prerrequisito para optar al título de  
Geólogo

**DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

**JIMMY ALEXANDER TORRES GIRALDO**

**GEÓLOGO**

**TUTOR EMPRESA**

**ING. ALVARO ALVAREZ**

**UNIVERSIDAD DE CALDAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS GEOLÓGICAS**

**PROGRAMA DE GEOLOGÍA**

**MANIZALES**

**2021**

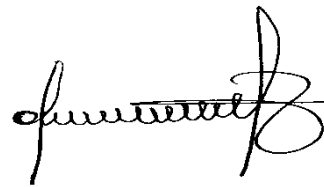
**Nota de aceptación**

**APROBADO**

---

---

---



---

Jimmy Alexander Torres Giraldo

DIRECTOR ACADEMICO

## DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado en primera instancia a Dios, por darme la capacidad y la fuerza para lograr alcanzar esta meta, a mi madre Irma Corrales, por ser mi guía, por ser mi apoyo y por su amor incondicional que solo como madre ella me ha sabido brindar, a mi hermana Fabiana Garzon, por su apoyo y animo en los momentos más difíciles. Sin ellas no sería hoy quien soy y no estaría donde estoy.

Infinitas gracias.....

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme alcanzar este sueño, por permitirme lograr esta meta que un día me propuse alcanzar, por permitirme estar en este punto de mi vida y de mi carrera como profesional.

Agradezco a mi madre y a mi hermana por ese amor incondicional, por ese apoyo que siempre me dio fuerzas para seguir adelante y luchar por este sueño.

Agradezco a Sandra Galviz por su compañía y su apoyo incondicional desde que me propuse esta meta.

Agradezco a todos los maestros que con entrega me brindaron sus conocimientos y sabiduría a lo largo de esta carrera, en especial al profesor Jimmy Torres quien en los últimos meses me ha brindado su apoyo y puso a mi disposición sus conocimientos y experiencia como guía en mi vida profesional.

Agradezco a quienes durante este trayecto de mi vida pude llamar amigos y de quienes mas que una experiencia académica me llevo una experiencia de vida, gracias por tantos alegrías y buenos momentos.

Finalmente agradezco a Mina El Castillo por permitirme hacer parte de su equipo de trabajo y por darme la oportunidad de crecer como profesional adquiriendo tan valiosos conocimientos.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>JUSTIFICACION</b> .....	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
	<b>4.1</b> Objetivo general.....	<b>5</b>
	<b>4.2</b> Objetivos específicos.....	<b>5</b>
<b>5.</b>	<b>GENERALIDADES</b> .....	<b>6</b>
	<b>5.1</b> Localización.....	<b>6</b>
	<b>5.2</b> Antecedentes.....	<b>7</b>
<b>6.</b>	<b>GEOLOGIA REGIONAL</b> .....	<b>9</b>
	<b>6.1</b> Rocas metamórficas.....	<b>10</b>
	<b>6.1.1</b> Neis de San Lucas.....	<b>10</b>
	<b>6.2</b> Rocas sedimentarias.....	<b>11</b>
	<b>6.2.1</b> Formación Noreán.....	<b>11</b>
	<b>6.3</b> Rocas ígneas.....	<b>12</b>
	<b>6.3.1</b> Batolito de Norosi (Batolito de Segovia) .....	<b>12</b>
<b>7.</b>	<b>GEOLOGIA ESTRUCTURAL</b> .....	<b>13</b>
	<b>7.1</b> Sistema de fallas palestina.....	<b>13</b>
	<b>7.2</b> Falla espiritusanto-Curumuru.....	<b>14</b>
	<b>7.3</b> Falla cimitarra.....	<b>14</b>
	<b>7.4</b> Sistema de fallas noreste.....	<b>14</b>
<b>8.</b>	<b>GEOLOGIA LOCAL</b> .....	<b>16</b>

<b>9. GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL.....</b>	<b>17</b>
<b>10. MINERALIZACIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>11. TIPO DE DEPOSITO.....</b>	<b>19</b>
<b>12. ACTIVIDADES DESARROLLADAS.....</b>	<b>19</b>
<b>12.1Cubicación de medios de transporte de mineral.....</b>	<b>19</b>
<b>12.1.1 Descripción.....</b>	<b>20</b>
<b>12.1.2 Procedimiento.....</b>	<b>20</b>
<b>12.1.3 Metodología.....</b>	<b>21</b>
<b>12.1.3.1 Cubicación y factor de esponjamiento.....</b>	<b>21</b>
<b>12.1.3.2 Pesaje directo de mineral.....</b>	<b>21</b>
<b>12.1.4 Metodología para skip.....</b>	<b>22</b>
<b>12.1.5 Metodología para baldes.....</b>	<b>23</b>
<b>12.1.6 Resultados skip.....</b>	<b>25</b>
<b>12.1.7 Resultados baldes.....</b>	<b>26</b>
<b>12.1.8 Resultados generales.....</b>	<b>27</b>
<b>12.1.9 Volúmenes y capacidad teórica.....</b>	<b>29</b>
<b>12.1.9.1 Skip principal.....</b>	<b>29</b>
<b>12.1.9.2 Coches 1 y 2.....</b>	<b>30</b>
<b>12.1.9.3 Carros superficie.....</b>	<b>30</b>
<b>12.1.9.4 Baldes bocamina – planta.....</b>	<b>31</b>
<b>12.2Muestreo.....</b>	<b>32</b>
<b>12.2.1 Método de muestreo de canal.....</b>	<b>33</b>
<b>12.2.1.1 Procedimiento.....</b>	<b>34</b>
<b>12.2.1.2 Valoración de frentes de desarrollo y explotación.....</b>	<b>36</b>

<b>12.2.2</b>	Muestreo grab.....	38
<b>12.2.2.1</b>	Procedimiento.....	39
<b>12.2.3</b>	Muestreo en tolvas.....	40
<b>12.2.4</b>	Muestreo sistemático.....	41
<b>12.2.4.1</b>	Evaluación de bloques para explotación.....	44
<b>12.2.5</b>	Grade control.....	46
<b>12.2.6</b>	Resultados.....	47
<b>12.3</b>	Perforaciones diamantinas y logueo de núcleos.....	48
<b>12.3.1</b>	Plan de trabajo.....	49
<b>12.3.1.1</b>	Perforación 1.....	49
<b>12.3.1.2</b>	Perforación 2.....	51
<b>12.3.1.3</b>	Perforación 3.....	53
<b>12.3.2</b>	Definición de líneas de perforación en campo.....	55
<b>12.3.2.1</b>	Procedimiento.....	55
<b>12.3.3</b>	Logueo rápido (quick log).....	57
<b>12.3.4</b>	Descripción de núcleos logueo.....	59
<b>12.3.4.1</b>	Nomenclatura de marcación de cajas porta testigos.....	60
<b>12.3.4.2</b>	Core box (inicio y fin de caja).....	61
<b>12.3.4.3</b>	Porcentaje de recuperación.....	62
<b>12.3.4.4</b>	RQD.....	63
<b>12.3.4.5</b>	Descripción litológica.....	64
<b>12.3.4.6</b>	Descripción mineralógica.....	65
<b>12.3.4.7</b>	Descripción de alteraciones hidrotermales.....	65
<b>12.3.5</b>	Muestreo de núcleos de perforación.....	65



<b>12.3.6</b>	Resultados.....	67
<b>12.3.6.1</b>	Perforación 1.....	67
<b>12.3.6.2</b>	Perforación 2.....	68
<b>12.3.6.3</b>	Perforación 3.....	69
<b>12.4</b>	QA/ Aseguramiento de calidad en el muestreo.....	69
<b>12.4.1</b>	Protocolos.....	70
<b>12.4.1.1</b>	Protocolo para el muestreo de canal – GeoMinCast001.....	70
<b>12.4.1.2</b>	Protocolo para el muestreo Grab – GeoMinCast002.....	71
<b>12.5</b>	Cartografía subterránea.....	73
<b>12.6</b>	Informes y formatos.....	75
<b>12.6.1</b>	Control de muestreo.....	75
<b>12.6.2</b>	Control de tonelajes.....	76
<b>12.6.3</b>	Informe de tonelajes y tenores.....	77
<b>12.6.4</b>	Informes diarios área de geología.....	80
<b>12.6.5</b>	Formato de plano cartografía.....	80
<b>13.</b>	CONCLUSIONES.....	82
<b>14.</b>	RECOMENDACIONES.....	84
<b>15.</b>	REFERENCIAS.....	86

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> mapa de localización.....	<b>6</b>
<b>Figura 2:</b> Unidades tectonoestratigraficos y eventos relacionados. Eventos Tectonoestratigraficos relacionados con la historia evolutiva de la Serranía de San Lucas. tomado de (Clavijo et al., 2008).....	<b>10</b>
<b>Figura 3:</b> Marco tectónico de la Serranía de San Lucas. Modificado de Etayo et. al. 1982; GEOTEC 1988, Clavijo 1996; INGEOMINAS 2006. Abreviaturas usadas: San Jorge Plato - BSP. Puquí - PQ. San Lucas - SL. Cordillera Oriental - CO. Cajamarca Valdivia - CV. Bloque Palestina - BPL. Bloque Bagre - BB. Bloque Pamplona - BP. Valle Medio - VMM. Tomado de (Clavijo et al., 2008).....	<b>15</b>
<b>Figura 4:</b> <b>A)</b> roca aflorante e en respaldo del túnel de la mina; <b>B)</b> muestra de mano de granodiorita tomada del frente norte del nivel 1.....	<b>16</b>
<b>Figura 5:</b> Tendencia estructural general de la mineralización en Mina El Castillo.	
<b>Figura 6:</b> <b>A)</b> veta subvertical subguía superior nivel 0 <b>B)</b> cordon de oro nativo que se presenta en frente de explotacion.....	<b>18</b>
<b>Figuras 7: A, B, C:</b> proceso de descargue de material y pesaje del mismo en boca mina...	<b>23</b>
<b>Figura 8: A, B, C:</b> Proceso de pesaje de material en cada uno de los baldes.....	<b>24</b>
<b>Figura 9:</b> <b>A)</b> punto de control de peaje A, salida inclinado principal bocamina; <b>B)</b> punto de control B, tarros de envió de material a planta .....	<b>28</b>
<b>Figura 10:</b> <b>A)</b> plano (en metros); <b>B)</b> modelo 3d; <b>C)</b> fotografía, skip 1 y 2.....	<b>29</b>
<b>Figura 11:</b> <b>A)</b> plano (en metros); <b>B)</b> modelo 3d; <b>C)</b> fotografía, coche 1 y 2.....	<b>30</b>

<b>Figura 12:</b> A) plano (en metros); B) modelo 3d; C) fotografía, coches superficiales.....	<b>31</b>
<b>Figura 13:</b> A) plano (en metros); B) modelo 3d; C) fotografía, baldes de transporte mineral a planta.....	<b>31</b>
<b>Figura 14:</b> muestreo de canal a techo guía 1.....	<b>35</b>
<b>Figura 15:</b> A) frente marcado para muestreo; B) muestreo con cincel de tungsteno y almádana; C) recolección de material desprendido; D) toma de datos en libreta de muestreo; E) empacado y marcación de muestra.....	<b>36</b>
<b>Figura 16:</b> grafica de muestras de canal a medida que avanza el frente de explotación....	<b>37</b>
<b>Figura 17:</b> ilustración de muestreo tipo grab en un frente donde se realizó voladura.....	<b>39</b>
<b>Figura 18:</b> muestra de mineral empacada y marcada con su respectiva codificación.....	<b>40</b>
<b>Figura 19:</b> A) distribución de secciones de muestreo en vagoneta; B) selección de secciones a muestrear; C) recopilación de datos en libreta de muestreo; D) empacado y marcación de muestra.....	<b>41</b>
<b>Figura 20:</b> plano de muestreo sistemático bloques superiores subguías 3 a la 8.....	<b>42</b>
<b>Figura 21:</b> muestreo sistemático a techo de sobre guías para la estimación de recursos....	<b>43</b>
<b>Figura 22:</b> plano realizado en AutoCAD del bloque de la subguía 5 con sus respectivas medidas y distribución de muestreo.....	<b>44</b>
<b>Figura 23:</b> acopio de material triturado con el que es alimentado el molino.....	<b>46</b>
<b>Figura 24:</b> plano de perforación 1 frente norte nivel 1.....	<b>50</b>
<b>Figura 25:</b> plano de perforación 2 frente norte nivel 1. ....	<b>52</b>

<b>Figura 26:</b> plano de perforación 3 frente norte nivel 1. ....	<b>54</b>
<b>Figura 27:</b> línea de perforación montada con estacas y fibra.....	<b>56</b>
<b>Figura 28:</b> marcación de frentes con guía de línea de perforación.....	<b>57</b>
<b>Figura 29:</b> Foto de logueo en este espacio.....	<b>59</b>
<b>Figura 30:</b> <b>A)</b> vista de la marcación frontal de caja porta testigos; <b>B)</b> vista de la marcación lateral caja porta testigos.....	<b>60</b>
<b>Figura 31:</b> ejemplo de caja marcada con el inicio y fin de caja (Core box).....	<b>61</b>
<b>Figura 32:</b> proceso de medida de recuperación física de núcleos.....	<b>62</b>
<b>Figura 33:</b> descripción de procedimiento de medida de RQD en núcleos de perforación...	<b>64</b>
<b>Figura 34:</b> secciones muestreadas perforación 1, cajas 1 y 2.....	<b>66</b>
<b>Figura 35:</b> cajas 1 y 2 de perforación 1 con rechazo grueso de muestras enviadas al laboratorio. ....	<b>67</b>
<b>Figura 36:</b> secciones de protocolo GeoMinCast001 para el muestreo en canal.....	<b>71</b>
<b>Figura 37:</b> secciones de protocolo GeoMinCast002 para el muestreo Grab.....	<b>72</b>
<b>Figura 38:</b> ejemplo de elaboración de cartografía subterránea nivel 1.....	<b>74</b>
<b>Figura 39:</b> ejemplo de interpretación de resultados tabla 3.....	<b>78</b>
<b>Figura 40:</b> ejemplo de interpretación de tabla 4.....	<b>79</b>
<b>Figura 41:</b> formato utilizado para realizar los informes diarios área de geología.....	<b>80</b>
<b>Figura 42:</b> formato de plano para cartografía de túnel.....	<b>81</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> resultados de pesaje del material transportado skip 2.....	<b>25</b>
<b>Tabla 2:</b> resultados de pesaje de baldes transporte de material bocamina – planta.....	<b>27</b>
<b>Tabla 3:</b> tipo y total de muestras tomadas en los meses de práctica.....	<b>32</b>
<b>Tabla 4:</b> materiales requeridos para método de muestreo en canal.....	<b>34</b>
<b>Tabla 5:</b> ejemplo de la base de datos tabulada que se generó para el composito de muestras y cálculo de tenores promedios ponderados para cada frente.....	<b>38</b>
<b>Tabla 6:</b> ejemplo de base de datos cálculo de bloques a partir del muestreo sistemático en subguías superiores.....	<b>44</b>
<b>Tabla 7:</b> cálculo de tenor promedio ponderado para sección de bloque subguía 5.....	<b>45</b>
<b>Tabla 8:</b> ejemplo de quick log realizando para la perforación #2.....	<b>58</b>
<b>Tabla 9:</b> ejemplo tabla de compilación de datos de inicio y fin de caja.....	<b>62</b>
<b>Tabla 10:</b> ejemplo de resultados de porcentaje de recuperación y de RQD de parte de la perforación DHU-03.....	<b>64</b>
<b>Tabla 11:</b> resultados de laboratorio de algunas de las muestras tomadas de la perforación 1.....	<b>68</b>
<b>Tabla 12:</b> herramientas utilizadas para la elaboración de la cartografía subterránea.....	<b>73</b>
<b>Tabla 13:</b> ejemplo de formato de control de muestreo modificado para su uso en Mina el Castillo.....	<b>76</b>
<b>Tabla 14:</b> ejemplo de formato creado para realizar el control de tonelaje en Mina Castillo.....	<b>77</b>

**Tabla 15:** ejemplo tabla de acumulado de tonelaje del 16 al 30 de junio Mina

Castillo.....78

**Tabla 16:** ejemplo de presentación de datos d tonelajes, tenores y gramos de oro enviados a planta por cada frente.....79

## 1. RESUMEN

En el presente informe se busca detallar de forma concisa las actividades que se realizaron durante la práctica académica en un periodo de 6 meses brindando apoyo al área de geología de mina, dicha práctica, se adelantó en la Mina El Castillo ubicada en el Municipio de Montecristo, Departamento de Bolívar, más exactamente en la serranía de San Lucas. Dentro de las actividades que se realizaron, se encuentra la cubicación de medios de transporte de mineral, muestreo en mina, perforaciones diamantinas, logueo de testigos de perforación, elaboración de protocolos de muestreo, cartografía subterránea, generación de informes y de formatos de control; todas estas actividades se realizaron con el fin de implementar orden y vigilancia en el flujo de información que aporta la mina, así como también, generar bases de datos que nos permitieron mantener un control del histórico de tenores y producción durante el periodo que se estuvo allí. Se realiza una revisión de la bibliografía para determinar aspectos como la geología regional, geología estructural y aspectos generales de la mineralización a nivel local. De esta forma, se realiza un informe donde se compila toda la información obtenida durante el periodo de práctica, este informe presenta de manera detallada cada uno de las actividades realizadas, así como también los resultados obtenidos y las recomendaciones planteadas como mejoras pendientes dentro de los procesos operativos de la mina.



## 2. INTRODUCCION

El Municipio de Montecristo en el Departamento de Bolívar, se encuentra ubicado en la sección norte de la Cordillera Central, más exactamente enmarcado entre la Serranía de San Lucas, Río Caribona, complejo Cenagoso de La Raya y el Río Cauca. Mina El Castillo, lugar donde se realizó la práctica académica, se encuentra aproximadamente a 25 Km al sur-este de la cabecera municipal en el frente de explotación minera conocido como Mina Fácil. Las labores en las que se centra el presente informe, son labores operativas y técnicas, con las cuales, se propusieron una serie de actividades y cambios que permitieran llevar un control más estricto de todos los procesos ejecutados desde que el mineral es extraído en bocamina hasta llegar a cabeza de molino para ser procesado.

Mina El Castillo es una mina que ha sido trabajada de manera artesanal desde su comienzo, desde hace aproximadamente 6 años se han venido realizando inversiones con el fin de tecnificar y aumentar el rendimiento productivo de dicho proyecto, sin embargo, aun cuando se ha mejorado en muchos aspectos operativos la mina sigue presentando falencias, dado que no se ha contado con el apoyo de personal profesional calificado que identifique y direcciona de manera correcta las actividades y labores que son necesarias para el mejoramiento de la operación.

Con el inicio de la práctica se desempeñaron labores tanto en mina como en oficina, dichas labores, comprendían el muestreo general de frentes de trabajo, orientación de voladuras, logeo de testigos de perforación, mapeo subterráneo, cubicación de coches y elementos de transporte de mineral, generación y actualización de bases de datos de tenores en cada frente y la realización de informes de producción.





Basados en las labores que se realizaron, se obtuvieron resultados a corto plazo en donde se logra conseguir una medida específica de carga para cada uno de los coches que trasportan mineral, con esto, se obtuvo información de producción que con anterioridad no se tenía. De igual manera, las actividades de muestreo nos permitieron evaluar tenores tanto de frentes como de bloques mineralizados, con lo que se pudo realizar de forma anticipada la planeación de la explotación y el desarrollo de los meses siguientes. Finalmente, la contribución técnica que se brindó durante los 6 meses de duración de la práctica, logro fijar parámetros y estándares que mejoraron en cierta medida el proceso operativo de producción que se realiza actualmente.



### 3. JUSTIFICACION

La falta de control y de organización en todas las técnicas de extracción y de procesamiento del material mineral en Mina El Castillo, reflejan una realidad que no solo se evidencia en esta mina, sino que es algo muy común de evidenciar en la minería de pequeña y de mediana escala, dado que en su mayoría quienes dirigen estas estos trabajos, son personas con conocimientos empíricos y no técnicos, por lo cual, el objetivo principal de estas actividades es extraer y procesar material sin realizar una evaluación que refleje si lo que se está procesando es rentable o no para la operación.

El presente informe buscara aportar conocimientos y recomendaciones profesionales a todas las actividades de explotación y de desarrollo que se realizan actualmente, con el fin de estandarizar y de optimizar cada labor que allí se realice, así como también, realizar las evaluaciones de producción y calidad de mineral que está siendo procesado. Así mismo, se da la orientación de cómo se debe desarrollar la exploración para la definición de nuevos recursos que aumente la vida productiva de la mina y se logre alcanzar el potencial máximo esperado en la operación.



## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo general

- Brindar apoyo técnico al área de geología en la MINA El CASTILLO, Municipio de Montecristo Bolívar.

### 4.2 Objetivos específicos

- Realizar labores de geología de mina, tales como, muestreo de control de tenores en frentes de mina (grade control), muestreos sistemáticos, mapeo geológico de vetas a nivel subterráneo, orientación de frentes de desarrollo minero.
- Realizar la descripción y muestreo de testigos de perforación diamantina (logueo).
- Realizar y establecer protocolos de los tipos de muestreo usados en mina durante la operación.
- Realizar protocolos de control de tonelajes en mina para la estimación de material que va a planta.
- Modelamiento 3D de las diferentes estructuras (fallas, vetas, etc.) que contribuyan a una mejor estimación de recursos y reservas minerales dentro de la mina en operación.
- Organizar y mantener actualizada la base de datos con información de muestreo y resultados analíticos.
- Presentar informes técnicos acerca de los trabajos que se vienen realizando de acuerdo a lo requerido por el área de geología.



## 5. GENERALIDADES

### 5.1 Localización

El Municipio de Montecristo se encuentra ubicado en la parte sur del Departamento de Bolívar, en la sección norte de la Cordillera Central, más exactamente enmarcado entre la Serranía de San Lucas, Río Caribona, complejo Cenagoso de La Raya y el Río Cauca. Puntualmente la practica académica se realizó en la Mina El Castillo, la cual, se encuentra ubicada a aproximadamente 25Km al sureste de la cabecera municipal, en el frente de explotación minero conocido como Mina Fácil. El acceso a este sector se realiza desde el Municipio de Santa Rosa del Sur realizando un trayecto de aproximadamente 3 horas por la vía destapada que conduce hacia Mina la Y y sector noroeste de este Municipio.



*Figura 1: mapa de localización.*

## 5.2 Antecedentes:

“La pequeña minería en el sur de Bolívar se realiza desde antes de la llegada de los españoles, los indígenas guamocoos y tahamíes la combinaban con la agricultura, caza y pesca” (Cubillos, 2011 en PNUD, 2015). Por otra parte, en el siglo XVI, los negros esclavos que reemplazaron la mano de obra indígena, trabajaban la mina bajo el yugo español cerca de Mompox. Luego de liberarse y convertirse en cimarrones, comenzaron la explotación minera junto a la agricultura selva adentro en la quebrada San Pedro (Fals B, 2002), cerca al municipio de Norosí y en Guamoco, hoy corregimiento de Santa Rosa del Sur (Cubillos, 2011).

Para finales del siglo XVIII e inicios del XIX la minería se mantiene con muy poca importancia para la economía nacional. Algunas de las causas que justifican este hecho son los cambios en el poder colonial, la falta de una tecnología adecuada para la explotación y la escasez de mano de obra por los conflictos producto de las guerras de independencia. (Cubillos, 2011)

A partir de las reformas impulsadas por la apertura económica en los años 90, la actividad minera vuelve a tomar importancia en Colombia. Ello facilitado por la elaboración de una propuesta de código de minas durante el Gobierno de Ernesto Samper (1994-1998) y aprobado de manera eficiente durante el Gobierno de Andrés Pastrana (1998- 2002), mediante la Ley 685 de 2001. Al igual que la reforma que la modifica mediante la Ley 1382 de 2010, promovida durante el segundo gobierno de Álvaro Uribe Vélez. Iniciativas legislativas que proporcionan las condiciones necesarias para la inversión extranjera (Cubillos, 2011).



En la zona alta de la serranía de San Lucas, la minería se realiza desde antes de la década del ochenta, como minería corrida, en los caños o riachuelos encontrados en la montaña. Cuando se descubre Mina Azul y Mina Seca en 1982, en la parte norte del Sur de Bolívar, en el Municipio de Tiquisio, se genera un boom que hace que muchos pobladores inicien la búsqueda de este tipo de minas en la parte más alta, cerca de San Luquitas. Así se descubrió Mina Galla en 1989. En la medida que se iban descubriendo las minas, iban recibiendo un nombre. Este se relacionaba con el nombre o con alguna característica de la persona que las descubría o del lugar. El cambio de la minería de chorro o aluvión a la de socavón o veta requirió que los mineros utilizaran otras técnicas y herramientas. Así, mientras en la minería de chorro solo necesitaban mangueras y una batea, en la nueva minería se requería “monas” o punteros largos de más de un metro y macetas para ir rompiendo el socavón y sacando la mina. Otros instrumentos e insumos con los que realizan la actividad fueron llegando de afuera, como el cianuro, el mercurio, la pólvora, los taladros, los barriles, entre otros. Muchas de las nuevas técnicas e instrumentos fueron influenciadas por el conocimiento de mineros provenientes del Nordeste Antioqueño que se establecieron en esta zona (Cubillos, 2011).

Actualmente la producción minera se encuentra por debajo de su potencial productivo por factores de tipo tecnológico. En el registro aportado por la Alcaldía de Santa Rosa (2012) se contaba con 59 títulos de concesión; de estos, 15 estaban en explotación, 31 en exploración y 12 en construcción y montaje, esto sin tener en cuenta los trabajos de minería ilegal que hay en la zona. Dichas concesiones tienen un área de 57.887 hectáreas. Las principales empresas que se encuentran en el territorio son la Anglo Gold Ashanti S.A., San Lucas Gold Corp. y Sociedad Kedhada S.A., entre otras. Adicionalmente seis licencias fueron otorgadas en 2010 a asociaciones mineras de la región. Las concesiones mineras hasta el año 2012, que



abarcan gran parte de su territorio, especialmente en la serranía de San Lucas (zona de parque nacional) y en la zona de reserva forestal La Magdalena. Sin embargo, se considera que la actividad minera abarca un área mayor en la parte sur del departamento, por la cantidad de explotaciones ancestrales sin títulos mineros (PNUD, MinTrabajo, CDPMM, 2015).

En el sur de Bolívar existen organizaciones de mineros artesanales, como Fedegromisbol-ACVC y comités mineros de regulación interna, y la Asociación Agrominera de Mina Caribe San Juan, localizada en la vereda Mina Caribe, corregimiento San Pedro Frío (sur de Bolívar). La Federación Agrominera del Sur de Bolívar está constituida por cuarenta asociaciones de agromineros. Actualmente cuenta con nueve títulos mineros, donde operadores y mineros artesanales desarrollan las labores (SGC, 2018).

## 6. GEOLOGIA REGIONAL

La evolución geológica de la Serranía de San Lucas, así como de la parte norte del Valle Medio del Magdalena y estribaciones noroccidentales de la Cordillera Oriental se ha elaborado separándola en ocho eventos tectonoestratigráficos, dos de ellos dividido en dos etapas. Estos son, de más antiguo a más joven: 1) Evento Metamórfico Proterozoico, 2) Evento Metamórfico Paleozoico Temprano, 3) Evento Volcanosedimentario Triásico Tardío – Jurásico Medio, 3a) Etapa Magmática Jurásica Media, 4) Evento Magmático Jurásico Tardío, 5) Evento Sedimentario Jurásico Tardío, 6) Evento Sedimentario Cretácico – Eoceno Temprano, 6a) Etapa Magmática Albiana - Cretácica Tardía, 7) Evento de Inversión Tectónica Eoceno – Oligoceno, 8) Evento Mioceno – Reciente. Estos eventos están ilustrados gráficamente en el cuadro de análisis de la *figura 2* (Clavijo et al., 2008).



EDAD		COLUMNA	NOMENCLATURA	ULE	UTE	AMBIENTES SEDIMENTARIOS	TIPO DE MAGMATISMO	TIPO DE METAMORFISMO	EVENTOS TECTÓNICOS DE PERIFERIA DE PLACA O INTRAPLACA	ENERGÉTICOS	METÁLICOS
CENOZOICO	NEOGENO	PLEISTOCENO	Q <sub>s</sub> , Q <sub>gl</sub> , Q <sub>fl</sub> , Q <sub>lc</sub>	Depósitos Recientes	8	Aluvial			Orogenia Andina Colisión del bloque Chocho con la margen W de Suramérica Inversión Tectónica Acreción de la Cordillera Occidental, por Levantamiento de la Cordillera Central.	Roca asociada a Hidrocarburos	
		PLIOCENO	N2Q1zsa	Zambrano - Stas. Arjona		Transicional					
		MIOCENO	N1r	Grupo Real	7	Fluvial					
		OLIGOCENO									
		EOCENO	E3N1c	Fm Colorado			Fluvial meandriforme a trezado				
MESOZOICO	PALEOCENO		E3m	Fm Mugrosa	6				Cuenca Extensionales	Fase Post Ríft	Carbón Generador de Hidrocarburos Roca Fosfórica
			E2pe	Fms La Paz - Esmeraldas							
		MAASTRICHT, CAMPANIANO	K2u	Fm Umir		Marino somero					
		SANTONIANO	K2c	K2l	Grupo Cogollo	Fm La Luna	Marino somero - profundo				
		CONIACIANO									
		TURONIANO	K2es		El Salto		M. somero				
		CENO MANIANO									
		ALBIANO	K1N1b	K1s	Brisas	Fm Simití	M. profundo	Magmatismo Intermedio 107 ± 4 m.a. (INGEOMINAS - UIS, 2006)			
		APTIANO									
		BARREMIANO					M. profundo				
		HAUTERIVIANO									
		VALANGINIANO	K1r	K1rn	Fm Rosa Blanca	Fm Rio Negro	Marino somero Trans				
	BERRIASIANO										
	TARDÍO					Aluvial	Mag. hipoabisal 144.4 ± 4 m.a. (Apden, 1987) Magmatismo Intermedio 166.9 ± 6 m.a. (INGEOMINAS - UIS, 2006)				
	MEDIO	J3a		Fm Arenal		Epicontinental					
	TEMPRANO	Jgsl	J1-2n	Gr Sn Lucas	Fm Norean Morrocoyal	M. somero					
		J1m									
	TRIÁSICO	T3s		Fm Sudán		Fluvial ?					
PALEOZOICO								Metamorfismo regional Esquistos Verdes / Anfibolita Baja Orogenia Cuatame Caparonensis	Fase Sin Ríft		
			Pzv		La Virgen						
			Pzmp		Pinillos						
PROTEROZOICO								Metamorfismo Regional Granulita / Anfibolita Alta 1124 ± 22 Ma. (INGEOMINAS - UIS, 2006) Orogenia Orinoco Grenvilliana		Oro en Veta	
		NEOPROTEROZOICO	Npb		Neis Bucaramanga						
		MEZOPROTEROZOICO	Mpsl		Neis San Lucas						

Figura 2: Unidades tectonoestratigráficas y eventos relacionados. Eventos Tectonoestratigráficos relacionados con la historia evolutiva de la Serranía de San Lucas. (tomado de Clavijo et al., 2008).

## 6.1 Rocas metamórficas

### 6.1.1 Neis de San Lucas

Se encuentra ubicado al oriente del Departamento de Antioquia y hacia el sur de Bolívar, en el extremo norte de la Cordillera Central, es un bloque que se definió como “terreno” San Lucas de acuerdo al primer estudio tectono estratigráfico en el territorio colombiano, (Etayo et al 1983). Esta datado con unidades que van desde el precámbrico hasta el reciente según el estudio y desarrollo de la exploración de minerales radiactivos (Bogotá y Aluja, 1981).





De acuerdo a estudios que concuerdan con la evolución de la parte norte del Valle Medio del Magdalena y estribaciones noroccidentales de la Cordillera Oriental, se tienen 8 eventos tectono estratigráficos los cuales se agrupan en dos eventos: uno metamórfico y otro volcánico sedimentario (Clavijo et al., 2008).

Vargas (1981) determina que la serranía de San Lucas presenta un basamento precámbrico y paleozoico metamorfoseado perteneciente al basamento siálico del Oriente Andino. Petrográficamente lo define como una unidad compuesta por neises cuarzo feldespáticos con alternancias de capas compuestas por biotita y/o hornblenda con variaciones litológicas que van desde leuconeises hasta anfibolitas; adicionalmente una unidad de esquistos y mica esquistos grafitosos negros con intercalaciones con banda centimétricas de cuarcitas, niveles carbonáticos, cuarcita con cemento carbonatado y mármoles.

Bogotá y Aluja (1981) señalan la presencia de dos unidades metamórficas principales: Neis de San Lucas (precámbrico) y esquistos del (Paleozoico). El Neis de San Lucas lo definen como un cinturón de rocas metamórficas de alto grado compuesto por gneises, migmatitas, anfibolitas y granulitas.

## **6.2 Rocas sedimentarias**

### **6.2.1 Formación Noreán:**

Conjunto de rocas volcánicas conformado por lavas ácidas, brechas volcánicas, tobas, piroclastitas y lavas básicas. El nombre de Formación Noreán fue propuesto por Clavijo (1996), en Sarmiento et al., 2015), para referirse a una secuencia volcanoclástica ubicada en el sector centro-oriental de la serranía de San Lucas, en el sur de Bolívar, que subdivide de



base a techo en cuatro conjuntos: clástico-piroclástico, piroclástico-epiclástico, efusivo dacítico e hipoabisal andesítico (Clavijo, 1995a, en Consorcio GSG, 2015a).

La Formación Noreán presenta un contacto intrusivo con el granito de Norosí, teniendo en cuenta la presencia de apófisis de este cuerpo dentro de las rocas volcano-sedimentarias (SGC, 2018).

La edad de esta formación fue establecida inicialmente con base en sus relaciones estratigráficas con las unidades adyacentes, y localmente, con su contenido fósil, que indica una edad de Jurásico Temprano y Medio (Mantilla et al., 2006b). Por otro lado, estos mismos autores realizaron dataciones radiométricas en lavas y tobas mediante el método Rb-Sr, y obtuvieron una edad de  $161 \pm 27$  Ma, correspondiente a la parte alta del Jurásico Medio. De igual forma, el Consorcio GSG (2015a), a partir de dataciones U-Pb en circones, determinó una edad entre  $189 \pm 3$  y  $187 \pm 0,96$  Ma (Jurásico Inferior), y la considera como la edad de cristalización magmática para las rocas efusivas.

## 6.3 Rocas ígneas

### 6.3.1 Batolito de Norosí (Batolito de Segovia) (J-Pi/Jds)

Inicialmente conocido como Diorita de Segovia (González y Londoño, 1999), se encuentra localizado entre oriente del departamento de Antioquia y que se extiende hacia el norte en el departamento de Bolívar. Gómez et al (2015) indican una edad asignada al Cretácico Tardío

De acuerdo a Feininger et al (1970) este cuerpo plutónico tiene una forma elongada en sentido norte-sur, paralelo que coincide con el sentido tectónico regional de la Cordillera Central. La composición predominante en su mayoría son dioritas, con amplias variaciones texturales y composicionales (dioritas, gabros y granodioritas), en algunos sectores se



muestra la evidencia del metaforismo de contacto la presencia de cornubianas, pero también se relaciona rocas encajantes de carácter tectónico.

El Granito de Norosí está constituido por rocas intrusivas faneríticas holocristalinas, medio a grueso-granulares, compuestas por cantidades variables de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, hornblenda, biotita y piroxeno. Las variedades litológicas predominantes son granodiorita, sienogranito, monzogranito, tonalita y cuarzodiorita, tonalita y ocasionalmente cuarzomonzonita. En ocasiones, diques andesíticos cortan el cuerpo principal y podrían estar relacionados con fases magmáticas tardías del mismo evento que dio origen a esta unidad (Consortio GSG, 2015a).

## 6.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La Serranía de San Lucas es una provincia geológica (tectonoestratigráficos), limitada al occidente por el sistema de falla Palestina-Bagre, al norte por el sistema Espíritu Santo-Murrucucú, al oriente por la falla inferida de Morales y al sur por la falla de Cimitarra (*figura 3*) (Clavijo et al., 2008).

### 6.4.1 Sistema de Fallas Palestina

Este sistema, que limita al occidente con la serranía de San Lucas, corresponde a una estructura de rumbo con dirección N10°-20°E, y está compuesto por las fallas de Palestina, Amacerí, Ariza, La Mulata, Tigüí y Mequemeque (Consortio GSG, 2015a). con una extensión aproximadamente 250 km (Feininger et al 1972, en Vergara, 1988), afecta a las rocas metamórficas e ígneas al norte de la Cordillera Central y se considera una estructura regional importante ya que ha influenciado la evolución tectónica de los Andes Colombianos. (Feininger, 1970, citado en Mejía, 2012).



#### **6.4.2 Falla Espíritu Santo-Murrucucú**

La falla Espíritu Santo- Murrucucú representa el límite norte de la serranía de San Lucas, tiene una orientación N40°E y corresponde a una estructura de carácter normal con un componente de rumbo dextral. Tiene una longitud aproximada de 125 km y se extiende desde la falla de Sabanalarga (municipio de Liborina) hasta el bajo Cauca. Pone en contacto rocas metamórficas precámbricas del sur con rocas metamórficas paleozoicas del norte (ver figura 3) (Clavijo et al., 2008).

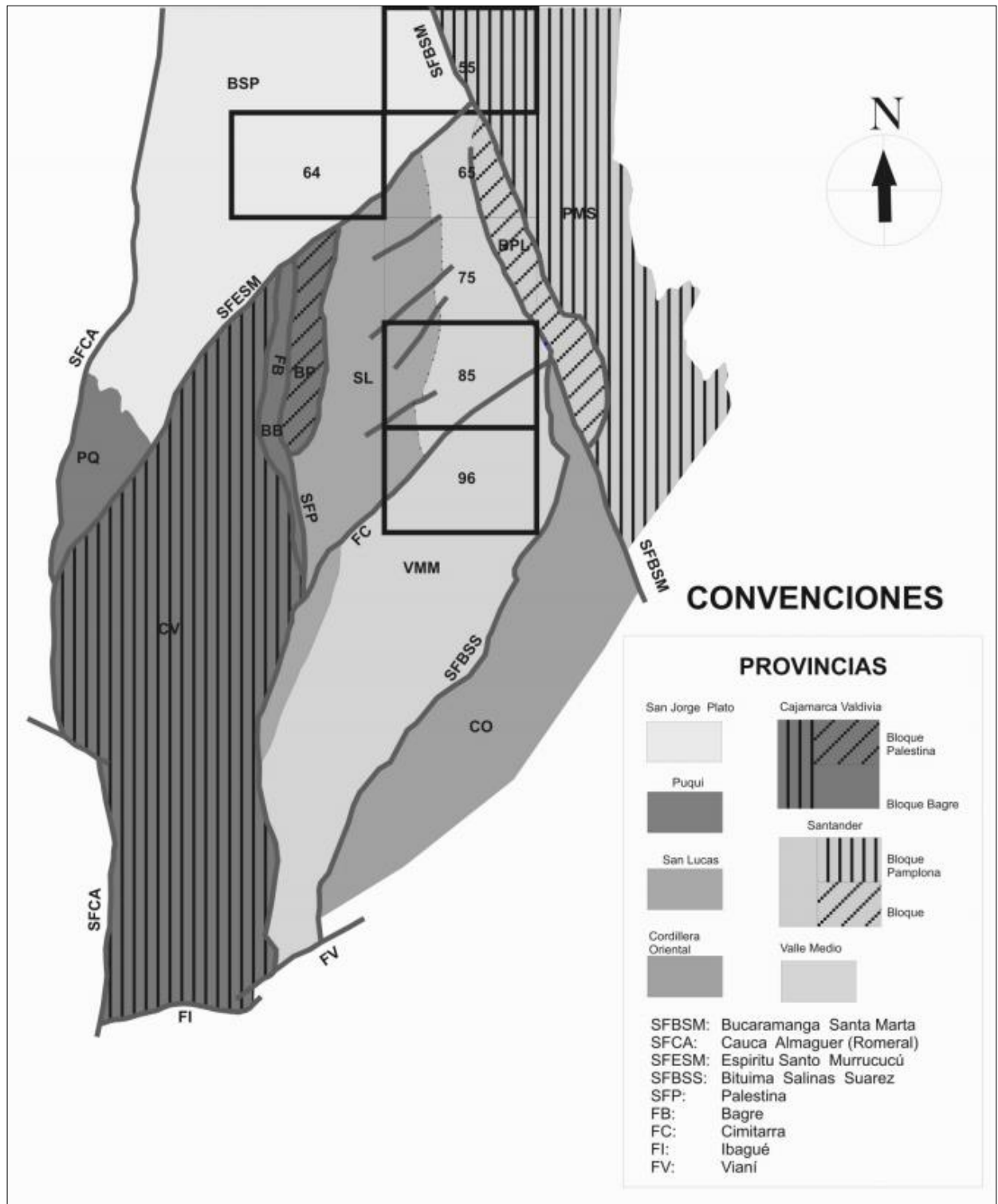
#### **6.4.3 Falla de Cimitarra**

La falla de Cimitarra corresponde al límite sur de la serranía de San Lucas tiene una dirección N60°E paralela al sistema de fallas NE, que se encuentran a lo largo de la serranía y cuyo trazo llega hasta la falla de Palestina (Sarmiento et al., 2015). Tiene una longitud aproximada de 137 km y un movimiento inverso por el cual el bloque oriental sube; de igual forma, tiene un componente de rumbo sinistral. Desplaza rocas volcánicas del Jurásico y Cretácico, rocas ígneas mesozoicas, rocas terciarias y sedimentos del Cuaternario Tardío. Por otro lado, hacia el noreste está cubierta por depósitos aluviales del valle medio del Magdalena (Clavijo et al., 2008).

#### **6.4.4 Sistema de Fallas Noreste**

Estas estructuras corresponden a fallas de rumbo de movimientos dextral localizadas en el Bloque San Lucas. Tienen dirección que varía entre N20°-60°E y afectan regionalmente el Batolito de Norosí y la Formación Noreán (Consortio GSG, 2015a).

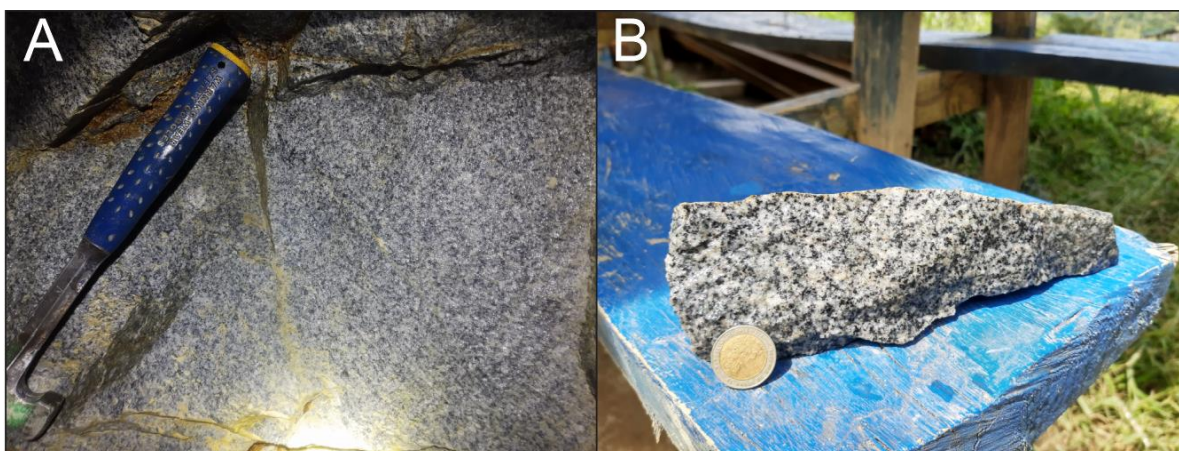




**Figura 3:** Marco tectónico de la Serranía de San Lucas. Modificado de Etayo et. al. 1982; GEOTEC 1988, Clavijo 1996; INGEOMINAS 2006. Abreviaturas usadas: San Jorge Plato - BSP. Puquí - PQ. San Lucas - SL. Cordillera Oriental - CO. Cajamarca Valdivia - CV. Bloque Palestina - BPL. Bloque Bagre - BB. Bloque Pamplona - BP. Valle Medio - VMM. (Tomado de Clavijo et al., 2008).

## 7. GEOLOGIA LOCAL

En el área de estudio solo se presenta una unidad que corresponde a un cuerpo intrusivo de composición granodiorítica de textura fanerítica holocristalina, color gris verdoso, grano medio a fino, está compuesto principalmente por cristales de cuarzo, plagioclasa, biotita y anfíbol, es clasificado en muestra de mano como una granodiorita biotítica (*figura 4B*). Es característico en esta unidad encontrar meteorización esferoidal o en capas de cebolla en las quebradas o cortes de carretera donde se ve aflorar la roca. Esta unidad es la principal roca encajante de todos los cuerpos mineralizados presentes en el área, incluyendo a la veta principal de Mina El Castillo.

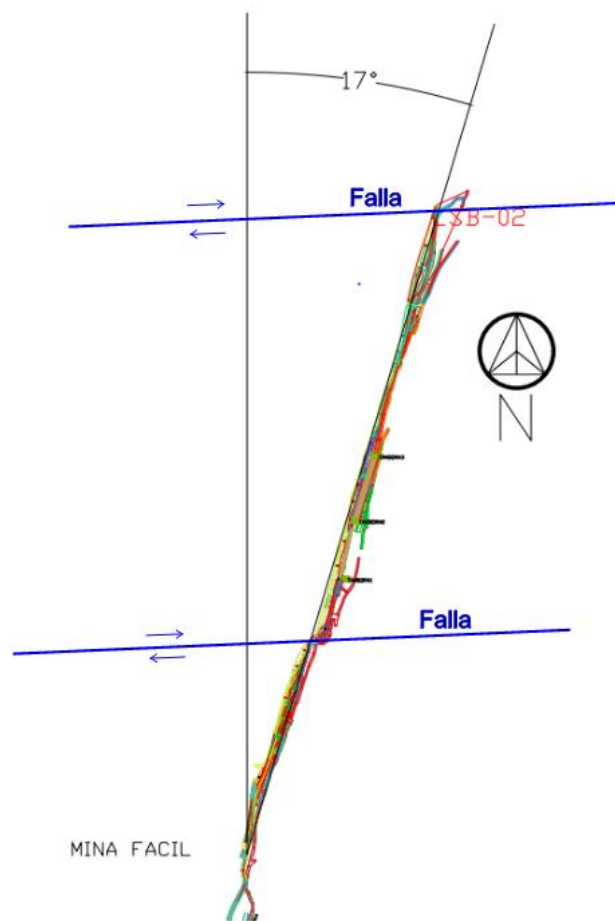


**Figura 4:** *A) roca aflorante e en respaldo del túnel de la mina; B) muestra de mano de granodiorita tomada del frente norte del nivel 1.*

Este cuerpo plutónico intrusivo es asociado al Batolito de Norosi, cuerpo de composición diorítica a cuarzdiorítica que en una franja N-S en la región centro-occidental de la serranía de San Lucas aflora como granodioritas, con variaciones a cuarzdiorita y cuarzomonzonita (Bogotá y Aluja, 1981). También se ha propuesto el nombre de granito de Norosí para denominar el cuerpo intrusivo de dimensiones batolíticas que aflora en la serranía de San Lucas, que está limitado al oeste por la falla Palestina (Consorcio, GSG, 2015a).

## 7.1 GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL

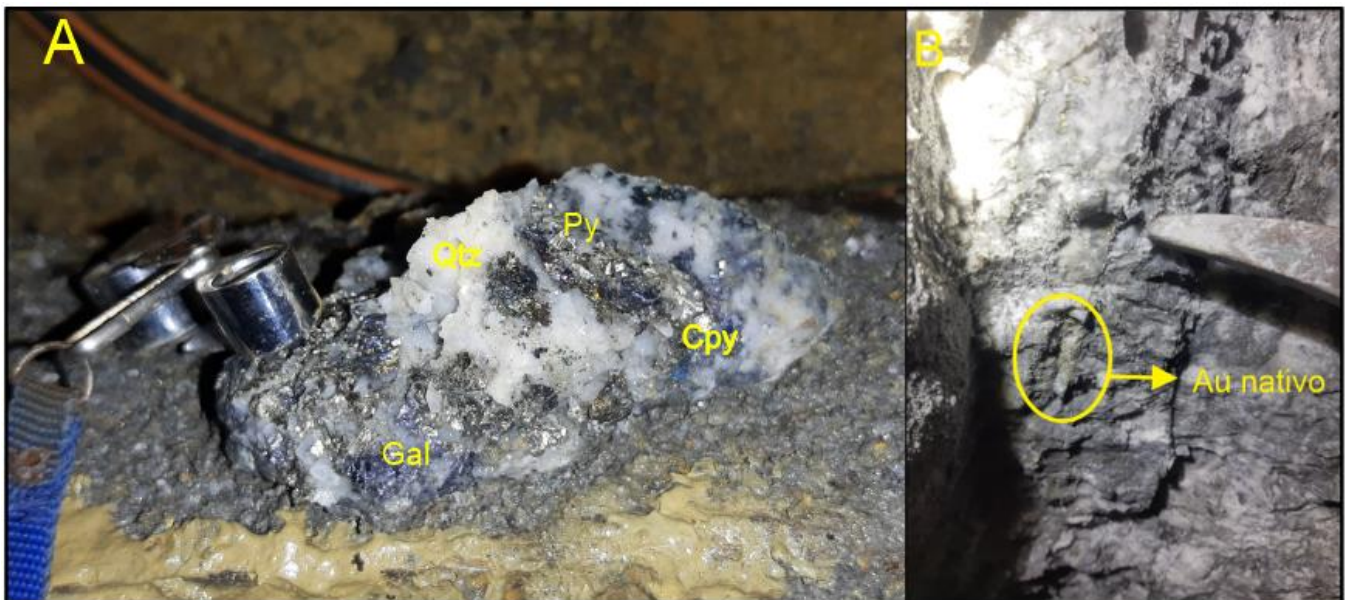
En general se presenta una tendencia estructural que varía desde los 5°NE hasta los 20° NE aproximadamente, dicha tendencia, es en la que presentan la mayoría de cuerpos vetiformes mineralizados en Mina El Castillo (*figura 5*) y en las minas aledañas que se presentan casi de forma paralela a esta. Dentro de esta falla principal se logran observar aproximadamente 3 fallas de rumbo dextrales posteriores que cortan el cuerpo mineralizado en un sentido casi Este-Oeste, el desplazamiento de estas va desde unos pocos centímetros hasta aproximadamente 2 mt. Regionalmente dichas fallas son asociadas al sistema de fallas Noreste dado su tendencia y su localización.



**Figura 5:** Tendencia estructural general de la mineralización en Mina El Castillo. Nótese la tendencia NE de la Mineralización cortada por fallas de corto desplazamiento en sentido E-W.

## 8. MINERALIZACIÓN

En el proyecto Mina El Castillo la mineralización se desarrolla a lo largo de estructuras vetiformes generadas por fracturamiento de la roca y relleno de fluidos mineralizados, estas presentan una dirección de rumbo que oscila entre los 10° a 20 ° NE subvertical. Morfológicamente se presenta como un filón en rosario que exhibe segmentos que son abultados (hasta 4mt) y estrangulados (<10cm), dichas estructuras están compuestas por bandas de cuarzo y sulfuros masivos, en ocasiones se presentan mineralización en la roca caja (granodiorita) y en el gouge de falla; en orden de a abundancia los minerales metálicos son: pirita, galena, calcopirita y esfalerita, se presenta principalmente alteración sericitica y cuarzo sericitica. Es de notar, que en algunos sectores se presenta mineralización de patinas como bornita, calcosina, covelina y algunos carbonatos de cobre como malaquita y azurita. Es común también encontrar oro nativo u oro libre como se observa en la *figura 5B*.



**Figura 6:** A) muestra de mano de veta principal con mineralogía característica B) cordón de oro nativo que se presenta en frente de explotación.



## 9. TIPO DE DEPÓSITO

El modelo metalogénico de la zona corresponde con la mineralización en filones y vetas formados por fracturamiento y rellenos emplazados en zonas de cizalla, con características estructurales compatibles con un régimen transpresivo, emplazados en un cuerpo magmático granodiorítico. La mineralización aurífera se debe a la circulación de fluidos hidrotermales relacionados con fases finales de magmatismo a lo largo de extensas zonas de fractura ubicadas entre el sistema de fallas de Palestina, Cimitarra y la falla Bucaramanga-Santa Marta (SGC, 2018).

De acuerdo a la asociación mineralógica en mayor proporción de Pirita, sulfuros de cobre como calcopirita, covelina y la presencia de alteración argílica avanzada (caolinita / alunita) se clasifica este depósito como un posible depósito epitermal de alta sulfuración, claro está que no se tienen estudios detallados que permitan dar una clasificación más exacta. Por otro lado, estudios a minas cercanas a Mina El Castillo realizados por el servicio geológico colombiano sugieren depósitos epitermales de muy baja temperatura, seguramente relacionados con intrusiones (IRGS) (SGC, 2018).

## 10. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

### 10.1 Cubicación de medios de transporte de mineral

El movimiento diario de material en una mina es una constante a la cual muy poca atención se le presta dada su cotidianidad y simplicidad, sin embargo, es una actividad que siendo correctamente monitoreada nos puede aportar información de alto valor para la operación minera que se está llevando a cabo. Reconociendo esta falencia en Mina El Castillo y teniendo en cuenta el vacío de información que se tenía por parte de la mina en cuanto a que cantidades de mineral eran transportadas desde la mina hasta la planta de procesamiento



o que cantidades de material se quedaban en tolvas dentro de la mina, se busca realizar la cubicación de cada uno de los medios de transporte de mineral utilizados en la operación, con el fin, de obtener a partir la cubicación y de características del mineral que se está extrayendo un valor en peso que sea lo más cercano posible al valor que cada uno de estos medios transporta en cada viaje.

### **10.1.1 Descripción**

La mina posee un sistema de transporte interno de vagonetas que moviliza el mineral desde los frentes de explotación hasta una tolva principal, desde esta tolva, un skip halado por un malacate sube la carga hasta la superficie donde el mineral cae a una tolva superficial, posteriormente dicho mineral es descargado en una vagoneta que se encarga de llevar el mineral desde este punto hasta otra tolva en donde se cargan los pots que transportan el mineral hasta la planta.

La mina no contaba con ningún control establecido para la cantidad de material que era extraído y enviado a planta, siendo la principal falencia que no se tenía una cubicación de las herramientas de transporte de material, eventualmente se realiza un control poco confiable con el conteo de los tarros que eran enviados a planta, dicha medida presentaba muchas falencias dado que se le asignaron valores de peso a dichos tarros sin ningún soporte técnico de haber realizado estudio de pesaje.

### **10.1.2 Procedimiento**

Se realiza la cubicación de aproximadamente 5 carros, 2 skip y 6 baldes de transporte de material, los cuales, se encuentran distribuidas de la siguiente forma:

- 2 carros en el nivel 1.



- 3 carros en superficie, de los que solo uno se está utilizando en transporte de material de la tolva de la superficie a alimentación de planta.
- 1 skip principal que se encarga de subir el material desde la tolva principal en mina a superficie.
- 1 skip secundario que sube el material desde la el nivel 2 al nivel 1.
- 6 baldes de transporte de mineral de bocamina a planta.

Este procedimiento se realiza con el fin de definir cuál es la cantidad de carga real, que está siendo transportada por cada uno de los vehículos dentro y fuera de la mina; de esta forma, llevar un control más preciso del tonelaje de mineral que es enviado a la planta o es almacenado en las tolvas dentro o fuera de la mina, así como también, las toneladas de material estéril que son sacadas a superficie o son utilizadas de relleno dentro de la mina.

### **10.1.3 Metodología**

Existen varias formas de establecer el tonelaje que se transporta en un equipo minero, en este caso fueron utilizadas las siguientes metodologías.

#### **10.1.3.1 Cubicación y factor de esponjamiento**

Esta técnica fue utilizada para los dos métodos de transporte evaluados en este informe, la cubicación fue realizada a partir de la toma de medidas con flexómetro de cada vehículo de transporte (skip y baldes) y el dibujo posterior en AutoCAD que nos permitió calcular un volumen teórico de la figura. El factor de esponjamiento fue empleado a partir de especificaciones teóricas realizadas con base a análisis de laboratorio para el material que es transportando, en este caso veta.



### 10.1.3.2 Pesaje directo del mineral

Esta técnica se realiza de igual manera para ambos medios de transporte, en el caso del skip pasando el material cargado por el vehículo a lonas, las cuales, son posteriormente pesadas y calculados los valores totales de carga transportada. Para los baldes el pesaje se realiza directamente con diferentes granulometrías de material, a lo cual, se le calcula un promedio de carga de acuerdo a la granulometría regular a la que se realiza la voladura en los frentes de explotación.

### 10.1.4 Metodología para skip.

- Se toman las medidas con flexómetro de cada vehículo (ancho, largo, profundidad, etc.)
- Se realiza el llenado del skip con material de mina, habiéndolos marcado con anterioridad.
- Se procede a pasar el material del skip a lonas, las cuales, son transportadas por el skip principal a bocamina para realizar el pesaje del material en superficie.
- Se saca cada una de las lonas y se lleva a ser pesada en un reloj de gancho.
- Se toma el peso de cada una de las lonas y se suman para obtener el valor total de capacidad en peso del skip.
- Se realiza el dibujo de los planos en AutoCAD de cada uno de los tipos de carros para el transporte de material dentro y fuera de la mina.
- Se realiza el modelamiento 3D de cada uno de los vehículos de acuerdo a las medidas recolectadas, obteniendo así su volumen teórico, el cual posteriormente fue utilizado para calcular la densidad aproximada del material que se está transportando.



- Se calcula la capacidad teórica de carga aproximada de cada vehículo de acuerdo a la densidad y el volumen calculados teóricamente.



*Figuras 7: A, B, C: proceso de descargue de material y pesaje del mismo en boca mina.*

### 10.1.5 Metodología para baldes

- Se toman las medidas con flexómetro de cada balde (ancho, largo, profundidad, etc.)
- Se realiza la marcación con un aerosol de cada uno de los baldes en que se transporta material.
- Se procede a realizar el llenado de cada uno de los baldes para pesar posteriormente, este llenado se realiza con tres diferentes granulometrías, fina, gruesa y fina-gruesa (que es como normalmente se transporta el material).
- Cada uno de los baldes es pesado desocupado y con material en un reloj de gancho.

- Cada uno de los valores es registrado para posterior mente ser procesado en hoja de cálculo.
- Se realiza el dibujo de los planos en AutoCAD de un balde con las medidas promedio de los 6 utilizados para transporte de material.
- Se realiza el modelamiento 3D del balde de acuerdo a las medidas promediadas en el momento de realizar los planos, obteniendo así su volumen teórico, el cual posteriormente fue utilizado para calcular la densidad aproximada del material que se está transportando.
- Se calcula la capacidad teórica de carga aproximada de acuerdo a la densidad y el volumen calculados teóricamente.
- Se suma el valor de peso que arrojo cada balde al ser pesado lleno y vacío para al final promediar esto valores y lograr calcular cual es el peso real que estos están transportando.



*Figura 8: A, B, C: Proceso de pesaje de material en cada uno de los baldes.*

### 10.1.6 Resultados skip

En total se pesaron 15 costales rellenos con el material, sumando el peso de cada uno se obtienen en total un peso 741 kg, lo cual, equivale a la carga total que está transportando actualmente el skip del inclinado número 2, debido a que el skip principal posee las mismas medidas que el número 2 se asume para este la misma capacidad. Es de tener en cuenta que la humedad que posee el material aumenta su peso, por lo tanto, asumimos una humedad aproximada del 4% de acuerdo a los análisis realizados a cada una de las muestras de mina que se enviaron durante más de un mes al laboratorio, por lo tanto, el peso real sería de 710 kg aproximadamente.

SKIP INCLINADO 2					
COSTAL	PESO HUMEDO (Kg)	PESO SECO (Kg)	COSTAL	PESO HUMEDO (Kg)	PESO SECO (Kg)
1	51	48,9	9	44	42,2
2	42	40,3	10	50	48
3	47	45,1	11	45	43,2
4	52	49,9	12	50	48
5	54	51,8	13	41	39,3
6	50	48	14	51	48,9
7	51	48,9	15	56	53,7
8	57	54,7			
<b>TOTAL PESO HUMEDO:741 Kg</b>					
<b>TOTAL PESO SECO:710,9 Kg</b>					

*Tabla 1: resultados de pesaje del material transportado skip 2.*

Con esto se refleja que la capacidad teórica en estas herramientas no aplica realmente para realizar un cálculo de alimentación de material a planta, ni para calcular cuánto material está siendo transportado desde el frente a las tolvas; dado que, por ejemplo, para el skip medido, la capacidad teórica de carga es de 1 tonelada (1000 kg), pero la medida realmente es de



0.741 toneladas (741kg). Cabe aclarar que la granulometría del material utilizado para medir la capacidad de carga es fino-grueso, que es la granulometría promedio de cada viaje.

$$\text{Densidad: } \frac{m}{v} \rightarrow \text{Densidad material: } \frac{0.7109 \text{ ton}}{0.6406 \text{ m}^3} = 1.11 \text{ ton/m}^3$$

En este caso la masa es el valor que dio como resultado en el pesaje del material y el volumen es tomado del dibujo en 3D realizado con las medidas del skip (*Figura 8*).

### 10.1.7 Resultados baldes

En total se pesaron 6 baldes con medidas aproximadamente iguales, de los cuales uno se llenó con material de granulometría gruesa y otro de granulometría fina, para los demás se realizó una combinación entre las dos granulometrías.

El peso máximo registrado fue de 119 kg y el mínimo fue de 82 kg, dados los resultados realizamos la suma total de lo que pesaron los 6 baldes, la cual, fue igual a 635 kg, a este valor, lo dividimos en 6 para promediar el peso que cada uno estaría transportando dando como resultado 105.8 Kg. Lo mismo se hizo con el peso vacío de cada uno de ellos, el cual en promedio fue de 10.5 kg; a el valor promedio de 105.8 Kg le restamos el valor promedio de los baldes vacíos de 10.5 Kg, dándonos como resultado un valor de carga promedio por cada balde de 95.3 Kg.

$$\text{Peso total} = 635 \text{ Kg}$$

$$\text{Promedio de peso baldes} = \frac{635 \text{ Kg}}{6} = 105.8 \text{ Kg}$$

$$\text{Promedio de peso baldes vacios} = \frac{63 \text{ Kg}}{6} = 10.5 \text{ Kg}$$

$$\text{Carga aproximada por viaje} = 105.8 \text{ Kg} - 10.5 \text{ Kg} = 95.3 \text{ Kg}$$





Con el peso y con el valor teórico de que nos da el sólido en 3D de los baldes, calculamos la densidad aproximada del material que llega a la tolva en superficie y es transportado posteriormente por los baldes.

$$\text{Densidad: } \frac{m}{v} \rightarrow \text{Densidad material: } \frac{0.0953 \text{ ton}}{0.055 \text{ m}^3} = 1.73 \text{ ton/m}^3$$

BALDES BOCAMINA - PLANTA			
BALDE	PESO VACIO (Kg)	PESO LLENO (Kg)	MATERIAL
1	10	82	GRUESO
2	11	112	NORMAL
3	11	110	FINO
4	10	102	NORMAL
5	11	110	NORMAL
6	10	119	NORMAL
<b>TOTAL:</b>	63	635	
<b>PROMEDIO</b>	10,5	105,8	
<b>PESO POR VIAJE</b>		<b>95,3</b>	

*Tabla 2: resultados de pesaje de baldes transporte de material bocamina – planta.*

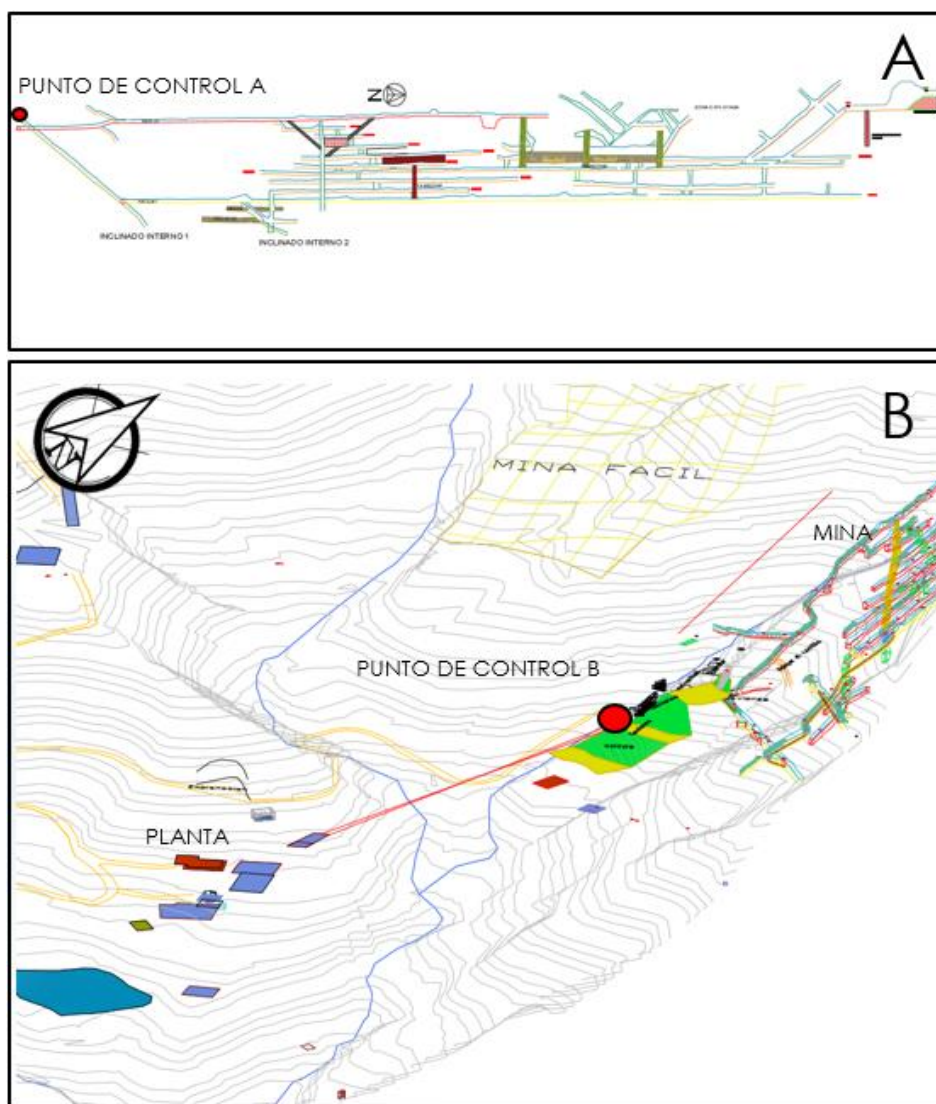
### 10.1.8 Resultados generales

El control de carga de estas herramientas es esencial para en aspectos como el cálculo de material que realmente se está llevando a la planta, la cantidad de material que se está quedando en cada tolva dentro de la mina, la capacidad real de carga de cada uno de los vehículos y factores como la eficiencia de cargue-descargue de material en tiempo por parte de los operarios. Es información que nos puede facilitar procesos de planeación a la hora de calcular la capacidad de material que puede ser transportado por la mina para lograr determinada producción y controlar el agotamiento de reservas.



Se plantean dos puntos de control de material para el cálculo de toneladas extraídas, un punto A que va a ser la salida de cada skip en inclinado principal y un punto B en el envío de tarros hacia planta (ver figura 9).

La actividad de pesaje de material de carga real, se realizó para el skip 2 ubicado en el inclinado interno 2 y para los 6 baldes de transporte de material de bocamina a planta; como el skip principal posee las mismas medidas que el skip 2, se asumirá la misma capacidad para ambos.



**Figura 9:** A) punto de control de peaje A, salida inclinado principal bocamina; B) punto de control B, tarros de envío de material a planta.

Se debe resaltar que la capacidad teórica de cada carro o balde no es igual a la capacidad real de material que cada uno transporta, debido a factores como la irregularidad en la granulometría, variaciones en la densidad del material y el factor de esponjamiento del mismo, lo cual, genera una variación en la capacidad real de carga de estos.

Las pruebas de pesaje para los carros y para los baldes se realizaron con una semana de diferencia por lo cual el material es diferente en los dos escenarios, lo cual se puede ver reflejado en los valores de la densidad.

### 10.1.9 Volúmenes y capacidad teórica

#### 10.1.9.1 Skip principal

- **Volumen:**  $0.6406 \text{ m}^3$
- **capacidad en peso teórica:** aproximadamente 1 tonelada.

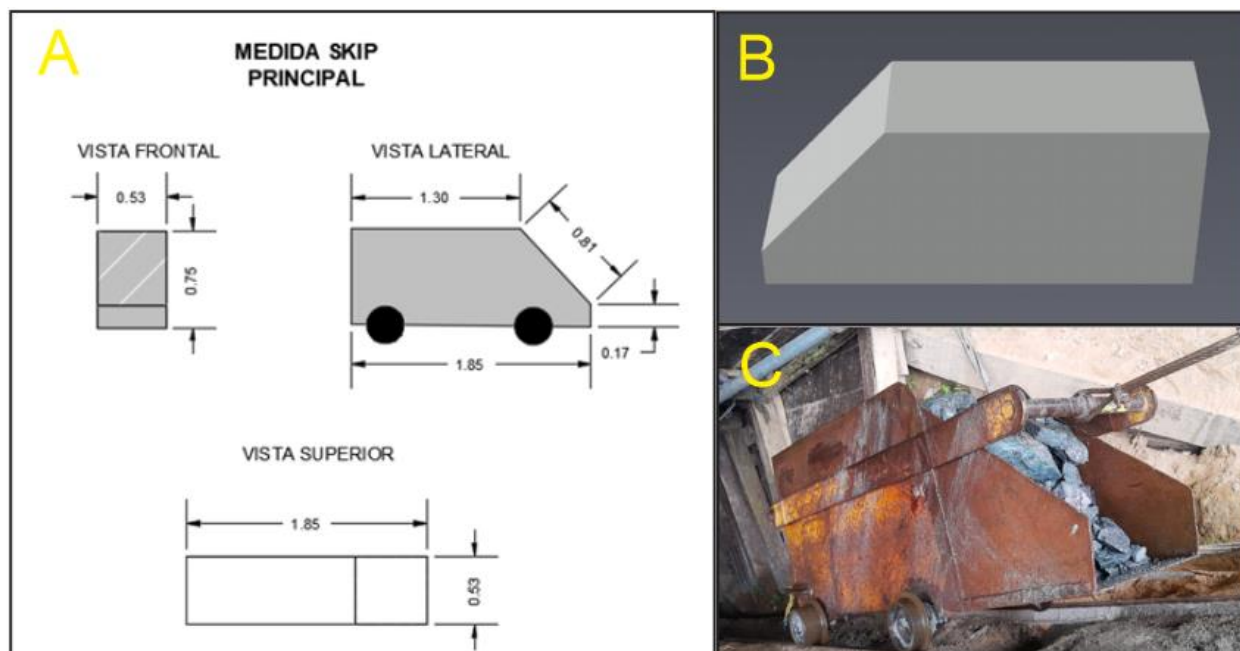


Figura 10 : A) plano (en metros); B) modelo 3d; C) fotografía, skip 1 y 2.

### 10.1.9.2 Coches 1 y 2

- **Volumen:** 0.4596 m<sup>3</sup>
- **capacidad en peso teórica:** aproximadamente 800 kg

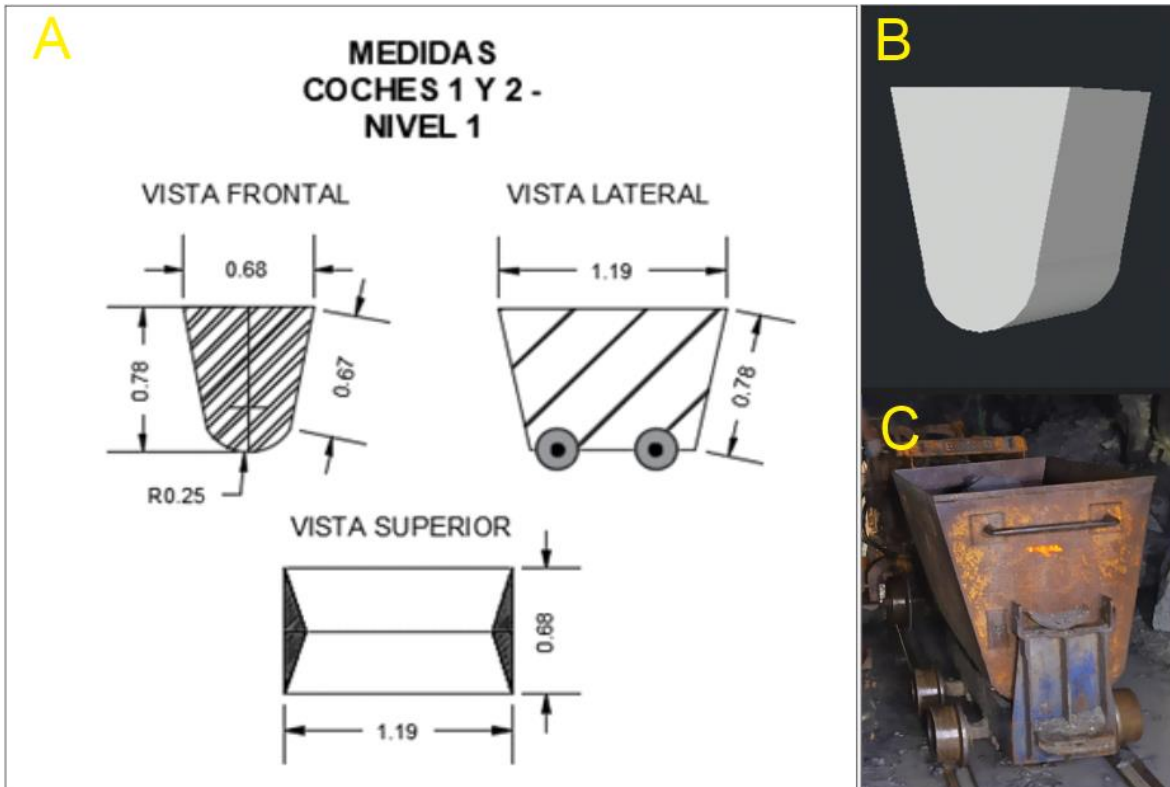


Figura 11: A) plano (en metros); B) modelo 3d; C) fotografía, coche 1 y 2.

### 10.1.9.3 Carros superficiales

**Volumen:** 0.6077 m<sup>3</sup>

**Capacidad en peso teórica:** aproximadamente 1 toneladas

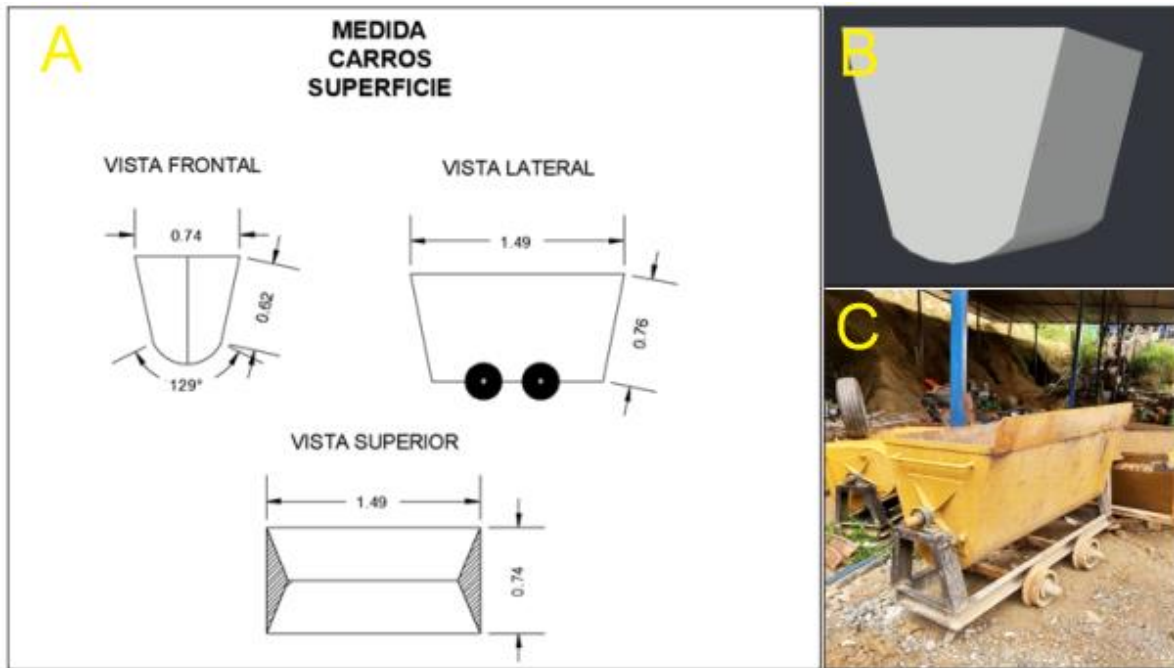


Figura 12: A) plano (en metros); B) modelo 3d; C) fotografía, coches superficiales.

#### 10.1.9.4 Baldes bocamina – planta

- **Volumen:** 0.055 m<sup>3</sup>
- **Capacidad en peso teórica:** aproximadamente 100 Kg

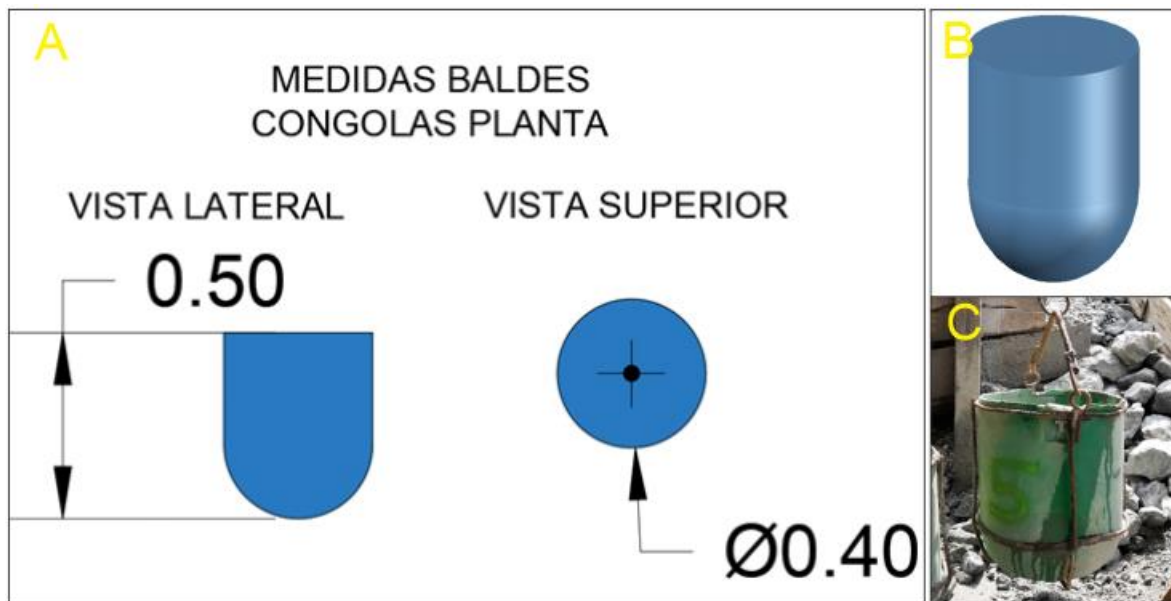


Figura 13: A) plano (en metros); B) modelo 3d; C) fotografía, baldes de trasporte mineral a planta.

## 10.2 Muestreo

Dado que no existían antecedentes de bases de datos ni registros que nos permitieran seguir con un proceso de muestreo ya elaborado, se procede a utilizar diferentes estrategias que permitieran llevar un histórico de toda la información de muestreo recopilada durante el tiempo de estancia en mina, dichas estrategias, permitieron llevar un control estricto de los tenores con los que era alimentada la planta de procesamiento, así como también definir que material se clasificaba como estéril y cual como mineral. De igual manera, a partir del muestreo y la cubicación de medios de transporte se realizó la evaluación y preparación de bloques para su posterior explotación.

El proceso de muestreo se realizó de manera continua durante el tiempo total de la practica (6 meses), en total se tomaron aproximadamente 253 muestras (*Tabla 3*), con un promedio mensual de 50.6 muestras y un promedio diario de 1.6 muestras. Toda esta información fue tabulada y almacenada; también se realizaron tablas para la estimación de tenores promedio ponderados para los frentes muestreados, ubicación de muestras dentro del plano topográfico ya existente y del levantamiento realizado a cinta y brújula de algunas de las guías y subguías que se avanzaron durante el periodo de estadía en la mina.

MES	MUESTRAS DE CANAL	MUESTRAS GRAB	TOTAL
MARZO	23	13	36
ABRIL	32	14	46
MAYO	66	17	83
JUNIO	39	10	49
JULIO	31	8	39
<b>TOTAL</b>	<b>191</b>	<b>62</b>	<b>253</b>

*Tabla 3: tipo y total de muestras tomadas en los meses de práctica.*



En general se utilizaron 2 tipos de muestreo, muestreo sistemático y grade control. A continuación, se describirá en que consiste cada método y tipo de muestreo que fue utilizado, que resultados se obtuvieron de acuerdo al trabajo que se realizó, Así como también, detalles de los planos y bases de datos realizadas para llevar el control de la información recolectada durante este proceso. En otro capítulo de este informe se detallará de una manera más extensa los protocolos generados y utilizados para el desarrollo del muestreo, que se realizaron con el fin de establecer un mayor orden en el manejo de la información, eficacia a la hora de realizar un muestreo y dejar como guía a futuros geólogos o auxiliares de muestreo cómo realizar dicho proceso.

#### **10.2.1 Método de muestreo de canal (Chanel Sample)**

Este tipo de muestreo fue el más utilizado durante todo el desarrollo de la pasantía, principalmente para el control de frentes de desarrollo, evaluación de bloques y estimación de reservas. Consiste en cortar atreves de un canal de forma perpendicular el rumbo de la estructura (veta), obteniendo una sección de muestra uniforme y representativa de la estructura o frente que se desea evaluar.

Para el desarrollo de esta actividad es muy importante contar con el apoyo de un auxiliar de muestreo y las herramientas adecuadas que permitan asegurar la calidad del material recolectado (*tabla 4*).



Materiales
<b>Herramientas</b>
✓ Libreta de muestreo
✓ Libreta de apuntes
✓ Sharpie punta fina
✓ lapicero
✓ Cincel plano con punta de tungsteno
✓ Almádana 3 libras
✓ Bolsas plásticas con resistencia mayor a 10 kg
✓ Amarraras plásticas
✓ Aerosol
✓ Balde o cubo para recolección de muestras insitu
✓ Gafas de malla
✓ EPP (casco, guantes, etc.)
<b>Personal</b>
✓ Muestreo (2 personas)

**Tabla 4:** materiales requeridos para método de muestreo en canal.

### 10.2.1.1 Procedimiento

El muestreo de canal es una de las herramientas más importantes dentro del control geológico de una mina, ya que de acuerdo a la calidad y veracidad que se tenga en los datos obtenidos, se tomarán decisiones que podrán beneficiar o perjudicar seriamente un proyecto minero. A continuación, se presentará el procedimiento utilizado para realizar el muestreo de canal.

- Se requiere de un frente o estructura definida por el geólogo, en el cual, se presente algún interés para su análisis (frente, techo, bloque, zonas mineralizadas, respaldos, etc.)
- Se realiza la marcación del canal, preferiblemente con aerosol, esta marcación deberá abarcar el ancho total de la estructura, teniendo en cuenta que el ancho mínimo será de 0.3 mt y el máximo será de 1.5 mt, dependiente de esto se tomará la decisión de la





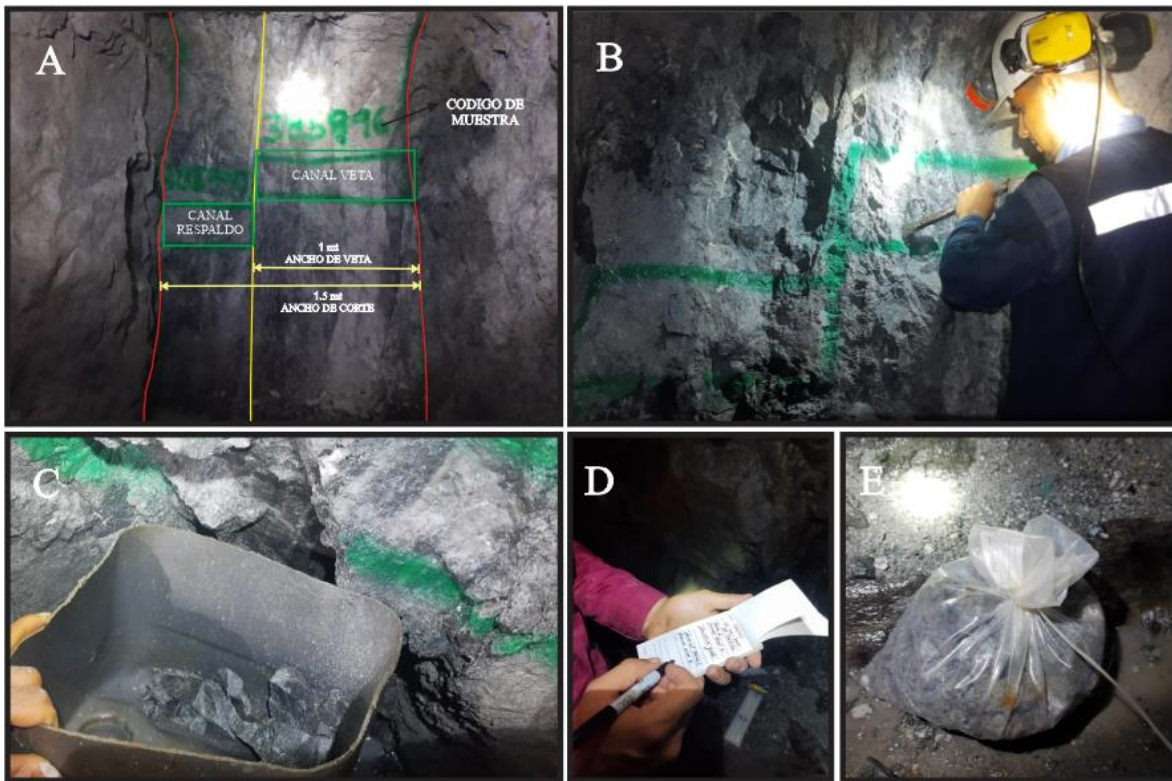
cantidad de muestras que se tomaran o de que dilución se tomara para completar el ancho requerido del canal.



*Figura 14: muestreo de canal a techo guía 1.*

- Con la ayuda de un cincel de punta de tungsteno y la almádana, se empieza a realizar un barrido del canal a una profundidad de aproximadamente 2cm; para este procedimiento se requerirá de la ayuda del auxiliar de muestreo, dado que este deberá estar sosteniendo un recipiente bajo el canal en donde caerá el material de interés. Este recipiente deberá ser de plástico y ser lavado sin dejar residuos después de cada muestra, con el fin de asegurar que la siguiente muestra no se vaya a contaminar.
- Después de la obtención de la muestra esta será depositada en una bolsa plástica con la suficiente resistencia para contener el peso del material recolectado.
- Se realiza la toma de datos en la libreta de muestreo para cada una de las muestras recolectadas, en esta, se incluirá la información de espesores, localización y descripciones mineralógicas de cada canal.

- Se procede a sellar y marcar la muestra para ser enviada al laboratorio, la marcación se realiza con el ticket que posee la libreta de muestreo, el cual, es puesto en la parte superior de la bolsa, posteriormente se procede a sellarla preferiblemente con amarras plásticas.
- Finalmente, toda la información recolectada debe ser consignada en la base de datos de muestreo que se lleva para cada frente.

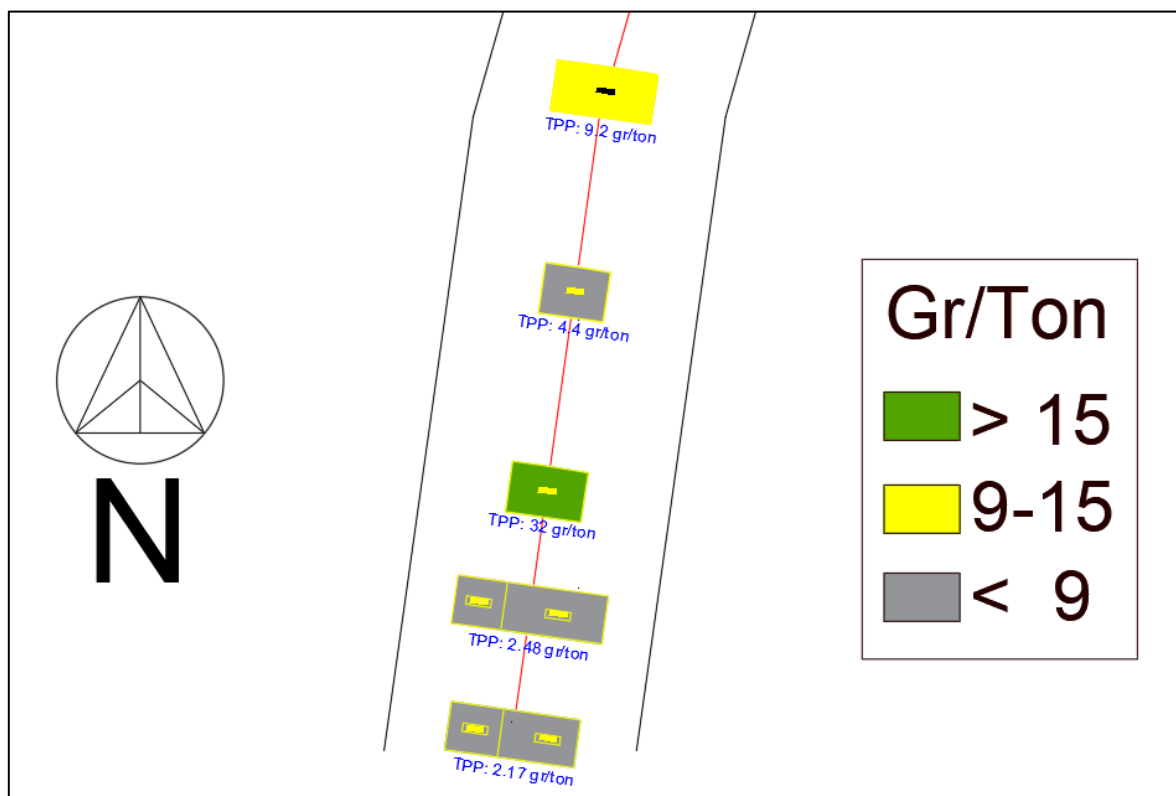


**Figura 15:** A) frente marcado para muestreo; B) muestreo con cincel de tungsteno y almádana; C) recolección de material desprendido; D) toma de datos en libreta de muestreo; E) empacado y marcación de muestra.

### 10.2.1.2 Valoración de frentes de desarrollo y explotación.

El principal uso del muestreo de canal, fue la valoración de los frentes de desarrollo de las subguías norte - sur del inclinado interno 2 y los frentes de explotación de las subguías del nivel 0, en donde se realiza muestreo después de cada voladura. Esto con el fin de evaluar

la calidad del material y definir si este va a ser llevado a procesamiento en planta o va a salir como estéril.



**Figura 16:** grafica de muestras de canal a medida que avanza el frente de explotación. Nótese las variaciones de tenores en los frentes en verde: >15 gr/ton, en amarillo: 9 -15 gr/ton, en gris: <9 gr/ton (por debajo del tenor de corte).

La valoración de frente a través de las muestras de canal, permitió recolectar información de tenor promedio ponderado para cada avance a lo largo de las subguías evaluadas, así como también, realizar evaluaciones de comportamiento del tenor de cada frente a medida que estos se avanzaban, todo esto con el fin, de planificar la elaboración de tambores para ventilación, marcación de bloques y recolección de información cartográfica (figura 16). Se puede observar detalladamente la forma en que se recopila la información obtenida a partir del muestreo de canal, esta base de datos hace parte del control y orden que se le dio a la información durante el tiempo de práctica (tabla 3).

COMPOSITO MUESTRAS FRENTE MINA EL CASTILLO								
FECHA	CODIGO DE MUESTRA	TENOR (gr/ton)	ESPESOR CANAL (Mts)	TENOR X ESPESOR	ESPESOR TOTAL FRENTE (Mts)	FRENTE	PUNTO REFERENCIA (ARCO 1)	TENOR PONDERADO FRENTE (gr/ton)
9/03/2021	385801	8	0,9	7,2	2,4	INCLINADO INTERNO GUIA NORTE	7,9 m-N	5,50
	385802	4,4	1	4,4				
	385803	3,2	0,5	1,6				
12/03/2021	385809	4,8	1,5	7,2	1,5	INCLINADO INTERNO GUIA SUR	6,5 m-S	4,80
17/03/2021	385812	10,4	1	10,4	2,09	INCLINADO INTERNO GUIA NORTE	10 m-N	6,67
	385813	1,6	0,53	0,8				
	385814	4,8	0,56	2,7				
19/03/2021	385818	0,8	1	0,8	1,56	INCLINADO INTERNO GUIA SUR	7,5 m-S	0,80
	385819	0,8	0,56	0,4				
16/04/2021	385841	12	0,8	9,6	2,95	INCLINADO INTERNO GUIA NORTE	18,6 m-N	7,17
	385842	10	0,8	8				
	385843	4,4	0,5	2,2				
	385844	1,6	0,85	1,36				
20/04/2021	385763	20,8	0,5	10,4	2,35	INCLINADO INTERNO GUIA NORTE	21 m-N	9,06
	385764	2	0,65	1,3				
	385765	8	0,7	5,6				
	385766	8	0,5	4				

*Tabla 5: ejemplo de la base de datos tabulada que se generó para el composito de muestras y cálculo de tenores promedios ponderados para cada frente.*

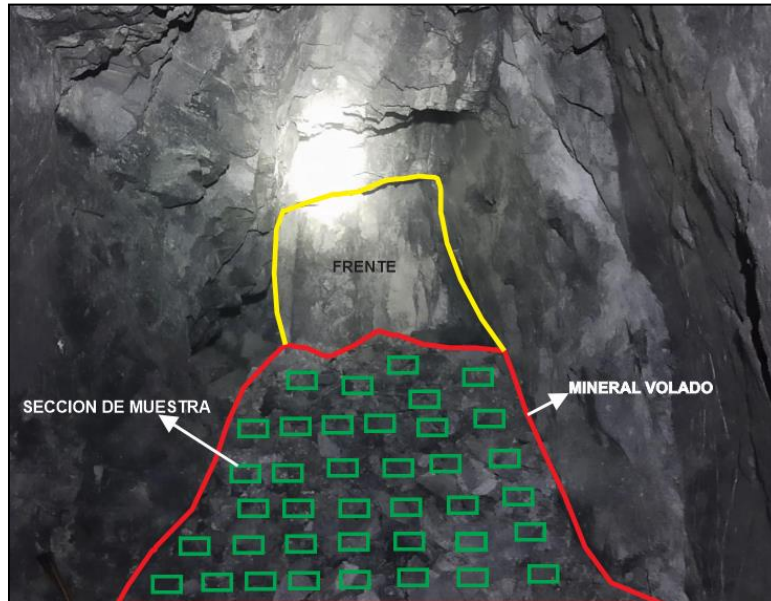
## 10.2.2 Método de muestreo Grab

Este tipo de muestreo consiste en seleccionar al azar una cantidad de muestra representativa de mineral dentro de un frente volado o en tolva a partir del cargue en vagonetas. Fue realizado en menor proporción con respecto al muestreo de canal durante la pasantía, dado que no es un muestreo con una confiabilidad alta, sin embargo, permitió realizar el control de tenor del material que iba a ser enviado a planta y no tuvo la posibilidad de ser muestreado en canal, dado por la difícil accesibilidad para muestrear o por cuestiones de tiempo.

Para realizar este muestreo no se requiere de auxiliar, dada la simplicidad para la extracción de la muestra; sin embargo, este proceso requiere de un estricto control a la hora de realizar la selección del material, dado que se debe efectuar de una forma uniforme a lo largo y ancho de toda la pila de mineral. Se debe realizar un barrido superficial seleccionando material de todos los tamaños y generando mentalmente una malla para evitar repetir alguna



sección ya muestreada. A continuación, se describe el procedimiento que requieren este tipo de muestreo.



*Figura 17: ilustración de muestreo tipo grab en un frente donde se realizó voladura.*

### 10.2.2.1 Procedimiento

El muestreo grab permite la evaluación de grandes cantidades de material que no está consolidado o que se encuentra acumulado en un frente volado o en tolva, gracias a este podemos definir valores para dichos materiales y tener una idea de la calidad del mineral con el que se cuenta o con el que se alimentara el molino.

- Se realiza la inspección del frente volado, tomando como precaución la caída de material del techo de la estructura y la presencia de gases nocivos remanentes de la última voladura.
- Se realiza la delimitación de la pila y se procede a realizar el muestreo de forma ordenada, seleccionando material de todos los tamaños sin importar su contenido o no de mineral.

- Luego de realizar el barrido completo a la pila se procede a realizar la toma de datos en la libreta de muestreo, en donde se va describir la localización específica donde se está realizando el muestreo, se especificará que el tipo de muestreo fue grab y se especificara a que frente pertenece ese mineral.
- Finalmente se sellará la bolsa con el código de la muestra ubicado en la parte superior de la bolsa y se cerrará con amarras plásticas.

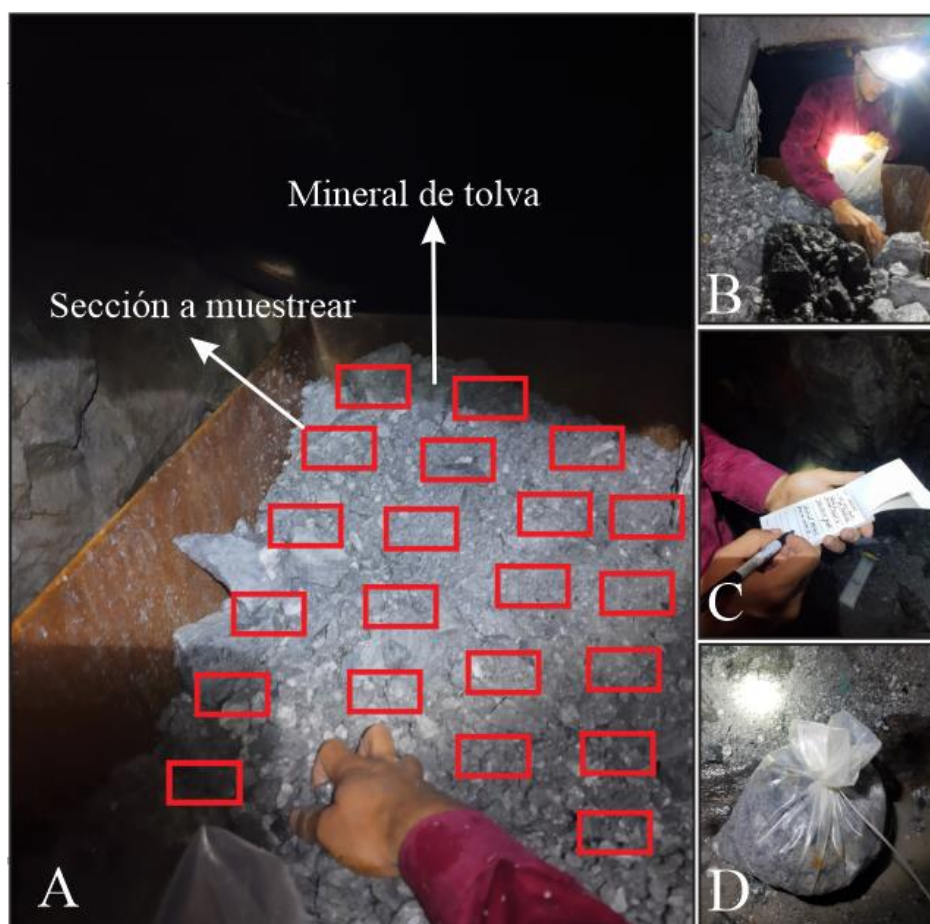


*Figura 18: muestra de mineral empacada y marcada con su respectiva codificación.*

### 10.2.3 Muestreo en tolvas

Se realiza de la misma forma que el muestreo grab en pilas de frentes volados, la diferencia radica en que, este se realiza con el material que se descarga de las tolvas a las vagonetas de transporte. Este procedimiento nos permitió evaluar la calidad del mineral que está siendo extraído de cada tolva y por consiguiente la calidad del material que iba a llegar a planta para ser procesado. La forma más adecuada de realizar este muestreo, es tomando porciones

aleatorias en cada descarga de mineral a la vagoneta, en la mayor cantidad de descargas de la tolva a la vagoneta posibles, esto nos permitirá tener un muestreo más representativo y de calidad.



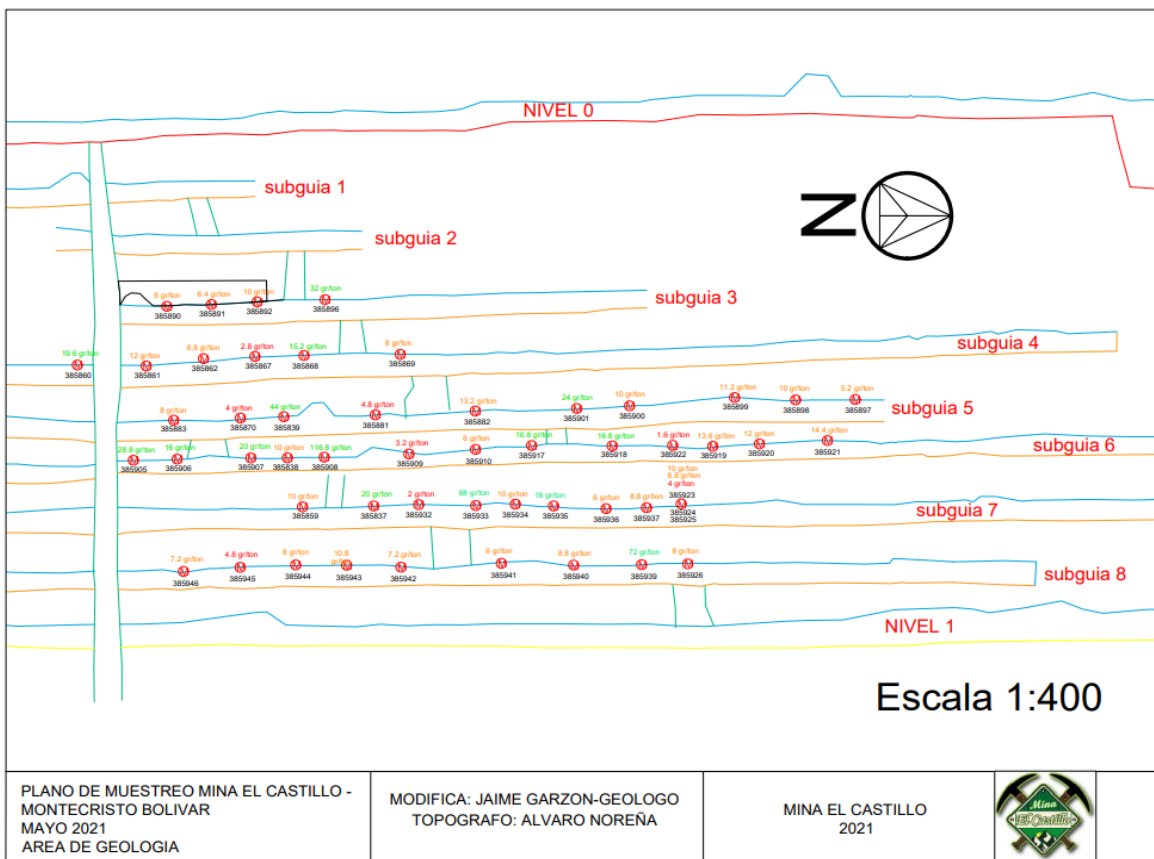
**Figura 19:** A) distribución de secciones de muestreo en vagoneta; B) selección de secciones a muestrear; C) recopilación de datos en libreta de muestreo; D) empacado y marcación de muestra.

#### 10.2.4 Muestreo sistemático

Consiste en el muestreo a un espaciamiento determinado y secuencial en labores de desarrollo, preparación y explotación y de manera transversal a la veta o estructura a muestrear. Este tipo de muestreo se realiza a partir de muestras de canal en techo de guías, sobreguías, subguías o techos en bloques de explotación. Se efectúa con el fin de evaluar el

tenor promedio que posee determinada sección de un bloque o zona; este tipo de muestreo va estrechamente relacionado con estimación de recursos y reservas minerales.

En total se realizaron alrededor de 52 muestras distribuidas en 6 subguías (de la subguía 3 a la 8), el muestreo fue realizado a lo largo de cada subguía con un espaciamiento de aproximadamente 5 metros entre cada canal en un recorrido total de aproximadamente 64 metros por cada subguía, comprendidos entre el tambor principal 1 y la primera falla del bloque; algunas secciones no pudieron ser muestreadas por contar con sostenimientos en madera que no permitían el acceso para realizar dicha labor.



**Figura 20:** plano de muestreo sistemático bloques superiores subguías 3 a la 8.

La recopilación de esta información se realizó en un formato de tabla generado en Excel (tabla 3), en donde se referencian los resultados de laboratorio, la ubicación de acuerdo a los





puntos topográficos en el plano, ancho de cada canal, código de cada una de las muestras y el estimación de tenor promedio para cada uno de los bloques, además, a cada bloque se le realizo su respectiva cubicación, con lo cual, definimos un valor de tonelaje, así como también, la cantidad en gramos de oro que cada uno podría aportar si se decidiera realizar la explotación. Finalmente, esta información nos permitió generar una base de datos para realizar la planificación de la explotación para los meses posteriores y también la realizar la estimación de recursos y reservar para el bloque en su conjunto total.



*Figura 21: muestreo sistemático a techo de sobre guías para la estimación de recursos.*

### 10.2.4.1 Evaluación de bloques para explotación

CALCULO DE BLOQUES MINA EL CASTILLO									
BLOQUE	COD. MUESTRA	TENOR (gr/ton)	ESPESOR (Mt)	TENOR X ESPESOR	ESPESOR TOTAL (Mt)	PUNTO DE REFERENCIA	TENOR PROMEDIO PONDERADO (gr/ton)	TONELAJE	GRAMOS Au APROXIMADO
BLOQUE SUBGUIA 3	385890	8	1,8	14,4	7,2	DELTA 33 +12m-S	14,1	721,3	10170,33
	385891	6,4	1,8	11,52		DELTA 33 +8m-S			
	385892	10	1,8	18		DELTA 33 +5m-S			
	385896	32	1,8	57,6		DELTA 33			
BLOQUE SUBGUIA 4	385860	19,6	0,57	11,2	7,8	DELTA 36 +5m-S	10,8	756	8127,44
	385861	12	1,7	20,4		DELTA 36			
	385862	8,8	1,3	11,4		DELTA 36 +6m-N			
	385867	2,8	1,3	3,6		DELTA 36 +12m-N			
	385868	15,2	1,9	28,9		DELTA 36 +16m-N			
	385869	8	1	8,0		DELTA 36 2m-N			
	385839	44	1,8	79,2		DELTA 172			
BLOQUE SUBGUIA 5	385870	4	1,6	6,4	10,9	DELTA 43 +2m-S	15,3	664,1	10184,49
	385881	4,8	1	4,8		DELTA 172 +6m-N			
	385882	13,2	1,2	15,84		DELTA 38			
	385883	8	1	8		DELTA 173			
	385897	5,2	1	5,2		FRENTE N +2m-S			
	385898	10	0,8	8		FRENTE N +5,8m-S			
	385899	11,2	0,6	6,72		FRENTE N +10,8 m-S			
	385900	10	0,9	9		DELTA 41 +3m-S			
	385901	24	1	24		DELTA 41 +5m-S			

Tabla 6: ejemplo de base de datos de estimación de bloques a partir del muestreo sistemático en subguías superiores.

Este tipo de muestreo fue realizado para efectuar la valoración de los bloques de las subguías superiores del nivel 5,4,3 y nivel 0; a partir de estos muestreos y de la cubicación de los bloques, se realizó el estimado de tonelaje y de tenor promedio para cada uno de los bloques sometidos a evaluación. Con esta información se realizó la planificación para explotación de los meses de mayo, junio y julio del presente año.

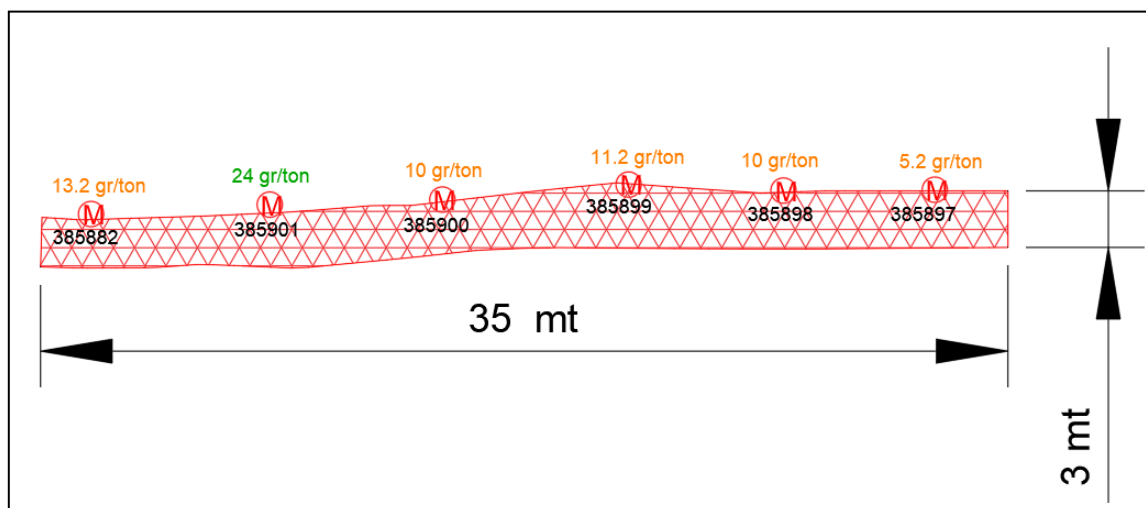


Figura 22: plano realizado en AutoCAD del bloque de la subguía 5 con sus respectivas medidas y distribución de muestreo.

La evaluación de este bloque se realiza a partir de muestreo de canal a techo a lo largo de la sección que se quiere evaluar, dicho procedimiento se realiza de manera secuencial y nos permite recopilar tenores de diferentes lugares del bloque, con esta información realizamos el cálculo de tenor promedio ponderado para la sección completa. Por otro lado, y con las medidas de los canales de cada muestra sumado a la cubicación completa del bloque podemos realizar el estimado de espesor promedio ponderado y obtener el tonelaje total. Finalmente, y con el apoyo de todos cálculos y procedimiento ya realizados podríamos definir el tonelaje total esperado, el tenor promedio ponderado del material que se extraería y la cantidad en gramos u onzas de oro que se podrían recuperar de ejecutarse la explotación.

TENOR PROMEDIO BLOQUE SUBGUIA # 5			
MUESTRA	TENOR	ESPESOR	TENOR X ESPESOR
385882	→ 13,2	1,2	15,84
385901	↑ 24	1	24
385900	→ 10	0,9	9
385899	→ 11,2	0,6	6,72
385898	→ 10	0,8	8
385897	→ 5,2	1	5,2
<b>TOTAL</b>		<b>5,5</b>	<b>68,76</b>
<b>TENOR PROMEDIO (gr/ton)</b>		<b>12,5</b>	

*Tabla 7: Estimación del tenor promedio ponderado para sección de bloque subguía 5.*

La evaluación de bloques se efectuó a partir del mes de abril del presente año y durante el tiempo en que se ejecutó la pasantía se evaluaron aproximadamente 9 bloques, de los cuales, se realizó la explotación de 3 de ellos en los meses de mayo, junio y julio del 2021. Los demás bloques ya evaluados quedan como reserva para la explotación y planificación de los próximos meses.



### 10.2.5 Grade control

Es el control de tenores del mineral que es enviado a planta a ser procesado, involucra todos los tipos de muestreo descritos anteriormente y se establece de acuerdo al tenor de corte que maneje la compañía (9 gr/ton); basado en esto, se definió que material iba para planta y que material saldría como estéril. Este proceso hace parte de las funciones principales que se buscan con el muestreo en general en una mina.

Dentro del control que se efectuó se pueden incluir todos los tipos de muestreos que se realizaron, principalmente el control de frentes en las subguías norte-sur del inclinado interno 2 y en las subguías del nivel 0, así como también, el control al mineral que se encontraba en las tolvas. Estas actividades se realizaron durante toda la pasantía y se estableció como la función principal realizada en busca de establecer un tenor promedio de alimentación para el molino.



*Figura 23: acopio de material triturado con el que es alimentado el molino.*

Con esta labor se evitó el procesamiento de material no rentable para la mina y se estableció un tenor de corte de 9 gr/ton de acuerdo a la evaluación de costos operativos

presentados en conjunto con el área administrativa, dichos costos, incluyen todos los costos asociados a la operación en mina y en planta de beneficio, así como los costos administrativos entre otros los cuales influyen en la valoración para hacer rentable la operación minera.

### 10.2.6 Resultado

Entre los meses de marzo y agosto del 2021, tiempo en el cual se realizó la pasantía, se realizaron en total 253 muestras, dentro de las cuales 191 muestras fueron de canal y 62 tipo grab (*tabla 3*).

- Se realizó el muestreo y cubicación de por lo menos 9 bloques, de los cuales tres se explotaron durante los meses de mayo, junio y julio del 2021, los demás bloques ya evaluados quedaron como reserva para la planificación de los meses posteriores.
- Se realizó grade control (control de tenores) de todos los frentes de explotación y desarrollo de la mina, todo el material que fue enviado a planta durante este periodo fue evaluado por geología.
- Se realizó el control de tenores y de avance de los frentes norte-sur de la subguía del inclinado interno durante todo el tiempo de la pasantía.
- Se logró realizar el muestreo sistemático y estimación de recursos y reservas para las subguías y bloques superiores, con un total de 52 muestras tomadas.
- Se aumentó la cantidad de muestras del túnel por mes en un 300 % respecto a los meses anteriores al comienzo de la pasantía.
- En 9 meses anteriores a la pasantía se realizaron en total 108 muestras, de las cuales no quedó registro de que tipo de muestreo se realizó, localización de la muestra ni descripción mineralógica, en menos de la mitad de ese tiempo de pasantía se realizaron



aproximadamente 220 muestras, las cuales, se encuentran compiladas en base de datos y planos de manera digital.

- Durante los meses de pasantía (6 meses) en ninguno de ellos se dejó de muestrear, el promedio mensual es de 50 muestras.

### **10.3 Perforaciones diamantinas y logueo de núcleos**

Esta actividad se realizó entre los meses de marzo y abril del presente año, con el fin de ubicar la veta principal de Mina Castillo en la frente norte del nivel 1, dado que una falla de gran magnitud desplazo la veta y esta no pudo ser ubicada luego de haber realizado un gran número de voladuras y haber realizado actividades de perforación diamantina sin el apoyo de un geólogo.

Sin el concepto de geología se realizaron varias actividades con el fin de reactivar este frente, sin ningún resultado favorable, de igual manera se cometieron errores en la planificación de estas actividades, errores tales como, puesta en marcha de un plan de perforaciones con perforadora diamantina a través de la falla y la inactividad de labores en dicho frente por alrededor de un año.

Para el mes de marzo del presente año, se asigna al área de geología la tarea de liderar los avances y la ubicación de la veta en dicho frente, para lo cual, se realiza la planificación de una serie de voladuras con el fin de avanzar la mayor cantidad de metros posibles y alejarse de la influencia de la falla. Se realizaron aproximadamente 6 voladuras en estéril con un rumbo de N40°E después de superar la falla totalmente, sin ninguna evidencia de la veta principal después de realizar dicha labor; es cuando se decide entonces optar por realizar perforaciones ingresando la maquina diamantina, para esta labor se realiza la planificación de tres perforaciones, dos de ellas con el fin de ubicar y confirmar la traza de la veta y la otra



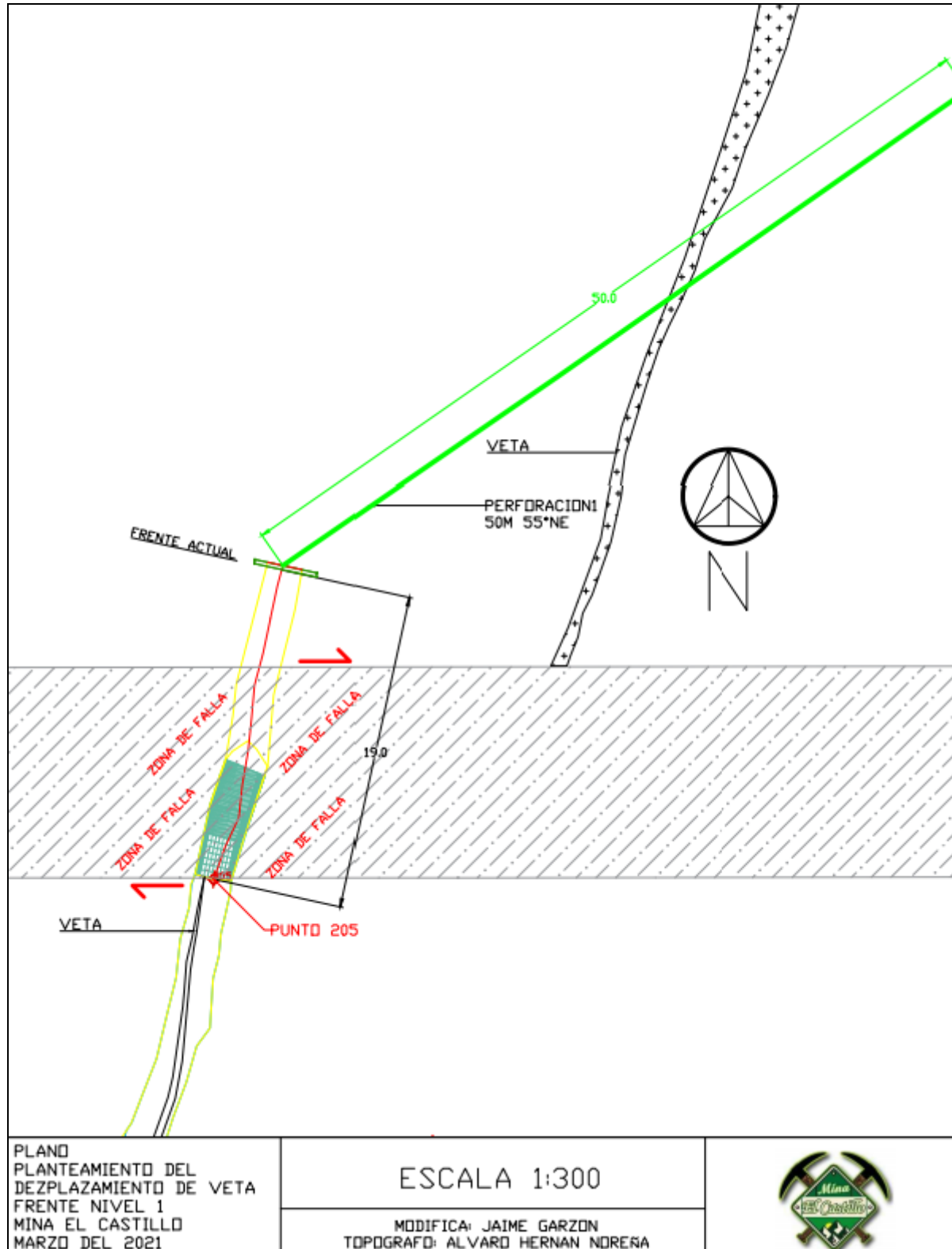
con el fin de realizar la exploración del título minero LSB-02 en dirección NW, con el objetivo de ubicar las vetas que yacen paralelas a la veta principal de Mina Castillo en esta dirección. A continuación, se detallará la planificación que se realizó para cada una de las perforaciones propuestas.

### 10.3.1 Plan de trabajo

#### 10.3.1.1 Perforación 1

- **Ubicación:** frente actual guía norte nivel 1
- **Dirección:** 55° al NE
- **Angulo vertical:** 10 °
- **Exploración propuesta:** 50 metros
- **Diámetro broca:** NQ
- **Profundidad alcanzada:** 30.6 metros
- **Objetivo:** ubicar posible desplazamiento veta principal por falla geológica desplazamiento dextral.
- **Concepto geológico:** Con esta perforación se pretende localizar la veta principal en el frente norte de la guía 1, la cual, a partir del punto topográfico 205 fue desplazada aparentemente por la falla en una cantidad de metros indeterminada, pero que según mineros de la zona y otras labores podría estar cercana a los 40 m. De acuerdo a esto, la falla es clasificada como una falla de rumbo con movimiento dextro lateral y se asocia al sistema de fallas E-W presentes en otras zonas del mismo comportamiento, aunque con desplazamientos más cortos (2m). Se busca avanzar hasta los 50 metros en la perforación buscando alguna proyección de veta sobre ese recorrido.





*Figura 24: plano de perforación 1 frente norte nivel 1. Nótese la interpretación posible sobre el desplazamiento de la estructura.*





### 10.3.1.2 Perforación 2

- **Ubicación:** frente actual guía norte nivel 1
- **Dirección:** 40° al NE
- **Angulo vertical:** 12 °
- **Exploración propuesta:** 50 metros
- **Diámetro broca:** NQ
- **Profundidad alcanzada:** 22.35 metros
- **Objetivo:** ubicar veta principal desplazada por falla geológica y verificar continuidad y traza de veta.
- **Concepto geológico:** Con esta perforación se pretende localizar la veta principal en el frente norte de la guía 1 de igual manera apoyándonos en los resultados de la perforación 1, confirmar la continuidad y traza de la veta buscada, la cual, fue desplazada a partir del punto topográfico 205



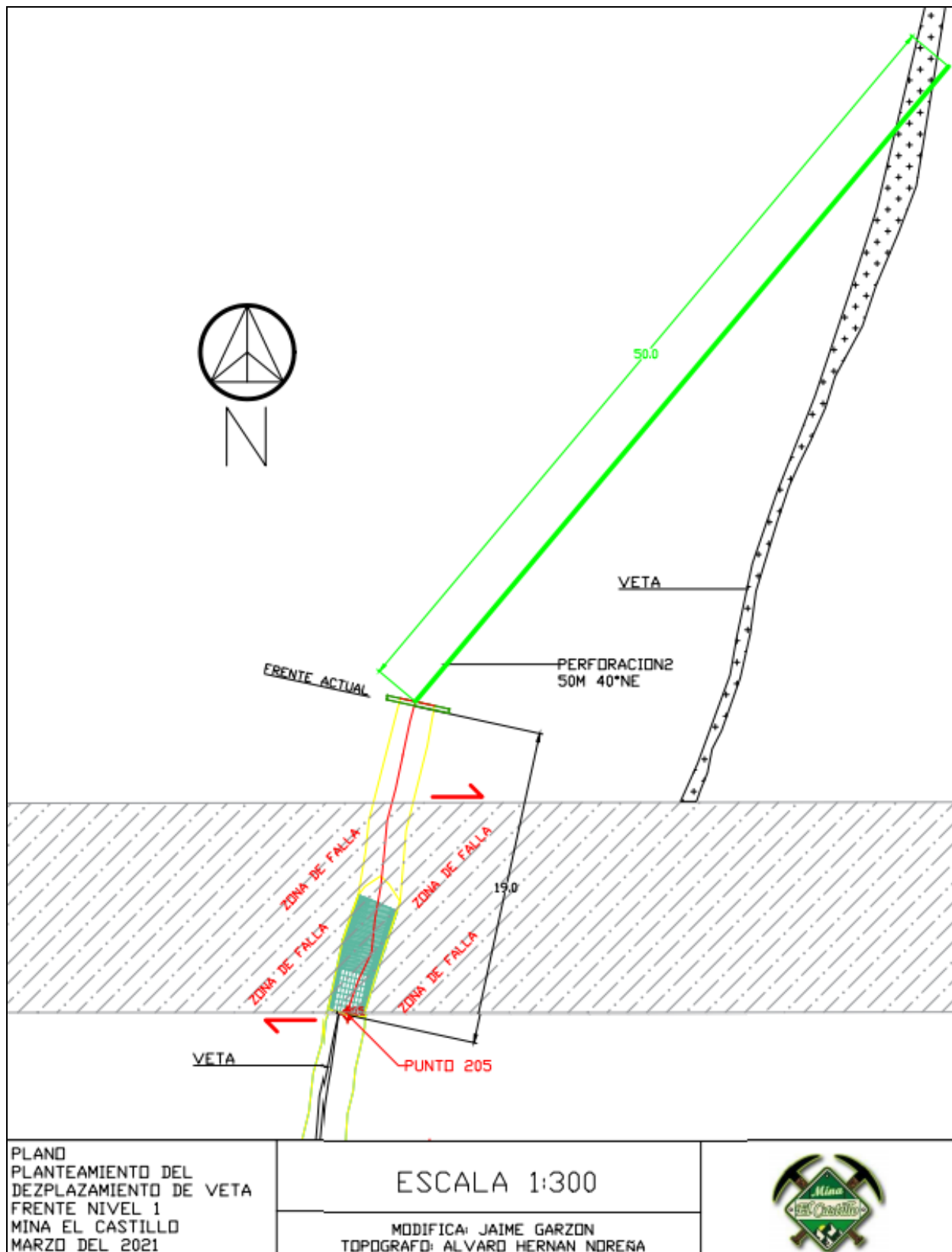


Figura 25: plano de perforación 2 frente norte nivel 1.



### 10.3.1.3 Perforación 3

- **Ubicación:** frente actual guía norte nivel 1
- **Dirección:** 55° al NW
- **Angulo vertical:** 10 °
- **Exploración propuesta:** 70 metros
- **Diámetro broca:** NQ
- **Profundidad alcanzada a la fecha:** 0 metros
- **Objetivo:** Exploración hacia el NW aprovechando la ampliación del título minero LSB 02 y la presencia de más vetas en esa orientación paralelas mina castillo.
- **Concepto geológico:** Con esta perforación se pretende realizar la exploración al NW del yacimiento, con el fin de localizar nuevas vetas que se presume, se pueden encontrar paralelas a la veta de mina castillo de acuerdo a la disposición y tendencia de las demás estructuras observada en las mimas del sector. Esta labor es posible gracias a la ampliación hacia el NW del título minero LSB-02, el cual, permite realizar labores y exploraciones de todo tipo hacia esta dirección, razón por la cual se pretende lanzar una perforación de 70 metros de longitud con la que se espera cortar al menos dos estructuras mineralizadas.

La exploración del yacimiento es de suma importancia para lograr la ubicación de nuevas estructuras que representen un aumento en los recursos y reservas que se tienen dentro de un título minero, así como también aumentar la vida productiva de la mina, aumentar la producción en toneladas por día, hacer mucho más rentable el proyecto y hacer el proyecto más atractivo para inversiones externas.



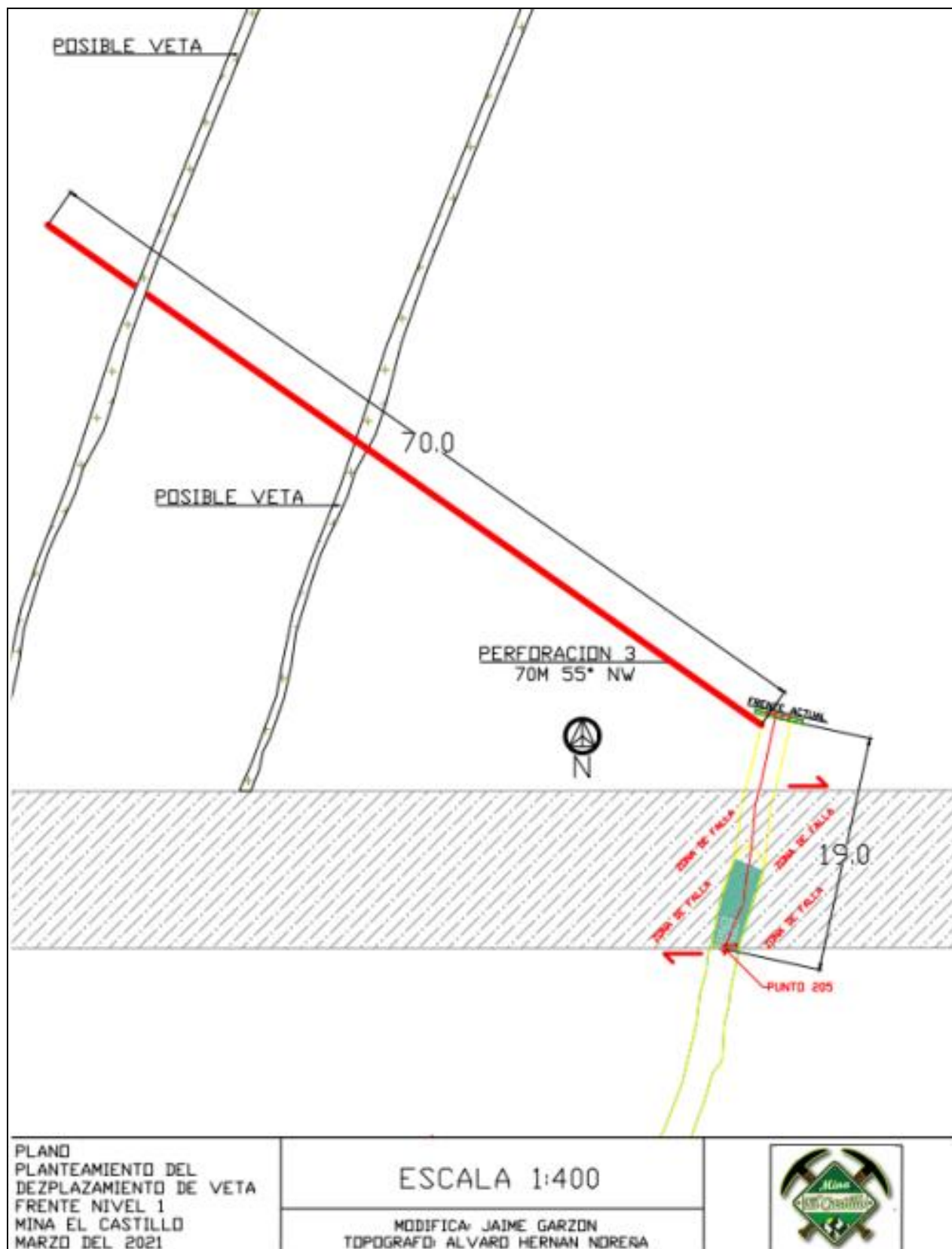


Figura 26: plano de perforación 3 frente norte nivel 1.



## 10.3.2 Resultados

### 10.3.2.1 Perforación 1

Se detuvo la perforación a los 30.6 metros, por ascenso de agua a presión que no permitió el descenso del pescante de la perforadora diamantina para recuperar el tubo interno que contiene el núcleo, se propone detener perforación 1 y continuar con perforación 2, esperando que el ascenso de agua por la perforación 1 disminuya.

Dicha perforación terminó a los 30.6 metros sin alcanzar la distancia planificada, se realizó logueo y el muestreo de algunas zonas de interés encontradas dentro de la perforación, sin ningún resultado favorable ni indicio de cortar la estructura que se buscaba.

Se solicita un avance en el frente mayor a 16 metros con un rumbo de N15°E, para salir totalmente del área de influencia de la falla y volver realizar perforación, desde que se detuvo la perforación (abril) hasta la actualidad (julio) se ha realizado solo una voladura más a dicho frente.

SAMPLE FORM										
DH	DHU-03									
SAMPLED BY	GEO. JAIME GARZON									
DATE	1/06/2021									
SAMPLE NUMBER	INTERVAL		BOX	TOTAL	REC	% RECUP.	OBSERVATIONS	LAB. RESULTS		
	FROM	TO		m				Au gr/t	Ag gr/t	LAB.
385651	0,00	0,25	1	0,25	0,25	100,0	Rx granítica con leve mineralización de Py (2%)	0,8	54	local
385652	0,25	0,60	1	0,35	0,30	85,7	vetilla de Qtz + Py (2%)	0,8	56	local
385653	0,60	1,34	1	0,74	0,74	100,0	Rx granítica (granodiorita) + Py (<2%)	0,4	58,4	local
385654	1,34	1,80	1	0,46	0,34	73,9	Rx granítica con venillas + Py (2%)	traza	36	local
385655	1,80	2,13	1	0,33	0,29	87,9	Rx granítica con leve mineralización de Py (<2%)	0,4	42,8	local

Tabla 11: resultados de laboratorio de algunas de las muestras tomadas de la perforación 1.



### **10.3.2.2 Perforación 2**

Se detiene perforación a los 22.35 m por solicitud de socios y representantes de la mina y se decide retirar la máquina de ese frente, proponen continuar las perforaciones desde la superficie. Finalmente, la perforación fue detenida si alcanzar la profundidad planeada, maquina perforadora fue desarmada y ubicada en nicho de seguridad, se planteó seguir con esquema de voladuras semanales para dicho frente, a la actualidad solo se a realizado una voladura más después de retirar la máquina.

### **10.3.2.3 Perforación 3**

No se efectuó por decisiones de los dueños de la mina, por lo que geología recomienda hacer más voladuras en el frente actual para continuar la exploración y determinar continuidad de la estructura.

### **10.3.3 Definición de líneas de perforación en campo**

La línea de perforación es una actividad realizada por el geólogo acompañado de los operarios de la maquina diamantina, en dicho proceso, se procede a orientar de manera exacta con la ayuda de la brújula el rumbo al que se quiere realizar la perforación y la forma en que los operarios deberán ubicar la máquina. Esta actividad comprende una de las partes más importantes al realizar una perforación diamantina, dado que de no realizarse de forma adecuada puede haber variaciones bastante drásticas en los objetivos buscados.

Esta labor se realizó con el apoyo del personal de la empresa Perfodic encargada de realizar las perforaciones en Mina Castillo. Se procedió a realizar la marcación de las tres líneas de perforación programadas, para las cuales, se requirió de las siguientes herramientas; brújula, cinta métrica, fibra o mimbre, aerosol y dos estacas.



### 10.3.3.1 Procedimiento

- Es importante contar con un área de trabajo limpia y despejada para facilitar la labor, en este caso se realizó el despeje de material acumulado en el frente de trabajo.
- Teniendo en cuenta el largo total de la máquina de perforación (aproximadamente 5mt) se corta un trozo de fibra y se amarra en cada extremo a las estacas del punto fijo y del punto móvil.
- Se procede a ubicar el rumbo buscado para cada perforación a partir de un punto fijo (estaca 1) que va a ser donde se ubicara la brújula, el punto móvil (estaca 2) va a estar atado con la fibra a la estaca del punto fijo, Cuando la línea que genera la fibra sea alineada correctamente con el rumbo mostrado por la brújula, se clavará la estaca del punto móvil (estaca 2) y se tendrá la línea de perforación.



*Figura 27: línea de perforación montada con estacas y fibra.*

- Finalmente se procede a hacer una segunda marcación de línea sobre el frente y los respaldos del túnel con el aerosol, con el fin, de tener una línea de respaldo en caso de que la que se marcó en el suelo sea removida accidental o intencionalmente.
- Para la perforación 3 (N55°W) se tuvo que realizar además de la marcación de línea, un nicho para poder acomodar la maquina en el rumbo requerido, dado que, la perforación se realizaría casi perpendicular a la dirección que llevaba el túnel en ese momento y el ancho de corte era menor al largo total requerido por la máquina.



*Figura 28: marcación de frentes con guía de línea de perforación.*

La máquina fue ubicada satisfactoriamente en la dirección requerida para realizar la primera y segunda perforación, el ángulo de inclinación que se requería para estas perforaciones era de 0 grados (horizontal), por disposición del equipo con que se estaba



perforando el ángulo más bajo con el que se podía realizar la maniobra era de 10°, por lo cual, ambas perforaciones se trabajaron con esta inclinación en el eje vertical.

#### **10.3.4 Logueo rápido (quick log)**

El quick log es una actividad de descripción de los testigos de perforación de forma poco detallada, en la que se realiza una revisión rápida de que se recupera a medida que avanza la perforación, generalmente se realiza en el mismo lugar donde se está efectuando el pozo dada su simplicidad.

Para las perforaciones 1 y 2 se realizó este procedimiento, el cual, se efectuaba de manera diaria, este incluía información de la profundidad alcanzada, avance diario de perforación, descripción lito-mineralógica y observaciones en la que se describía si se habían cortado estructuras importantes, sus ángulos y densidad de fracturamiento de la roca. Esta información es bastante relevante para mantener actualizados a las partes interesadas, por ello, fue incluida en los informes diarios presentados por el área de geología durante el tiempo que se mantuvieron activas las perforaciones.



QUICK LOG			
PERFORACION	PROFUNDIDAD (Mts)	LITOLOGIA	OBSERVACIONES
2	0 a 1,70	Rx granítica (granodiorita) + Py (2%)	Rx caja mineralizada en parches con Una baja densidad de fracturas en el testigo.
	1,70 a 3,30	Rx granítica (granodiorita)	Rx caja con una alta densidad de fracturas. Cortando aparentemente zona de falla a aproximadamente a los 2 metros, no se presenta mineralizacion.
	3,30	vetilla de Qtz + Py (5%) 1cm de espesor	vetilla mineralizada cortado en sentido paralelo a perforacion.
	3,30 a 4,80	Rx granitica + veta de Qtz (3cm)+Py (5%)	vetilla de aproximadamente 3 cm de espesor mineralizada con sulfuros, entrando y saliendo paralelas a la linea de perforacion.
	4,80 a 6,40	Rx granitica (granodiorita)	Rx caja con baja densidad de fracturamiento

*Tabla 8: ejemplo de quick log realizando para la perforación #2.*

### 10.3.5 Descripción de núcleos-logueo

Es la parte más importante dentro del proceso de perforaciones diamantinas, dado que es aquí donde se va a realizar la descripción a detalle y se va a registrar toda la información relevante obtenida en las perforaciones realizadas. En este proceso se efectúa la descripción de múltiples aspectos relevantes para el entendimiento del yacimiento y de las estructuras que lo componen, aspectos como la calidad del macizo rocoso, descripción litológica y mineralógica permiten realizar interpretaciones geológicas que, sumadas, pueden llevar a la toma de decisiones para el direccionamiento de un proyecto minero.





*Figura 29: Foto de logeo de testigos de perforación realizadas.*

Regularmente la descripción de núcleos se realiza en formatos determinados por la compañía, en este caso, dado que no existe ningún antecedente dentro del área de geología de formatos establecidos para realizar esta labor, se procede a crear algunos para el llenado a mano de la información, así como la modificación de formatos digitales proveídos por la jefatura del área de geología. Estos formatos son de suma importancia a la hora de realizar la descripción de núcleos dado que va a ser allí donde va a quedar consignada de forma ordenada toda la información relevante de cada una de las perforaciones.

### **10.3.6 Nomenclatura de marcación de cajas porta testigos**

Es la forma en la cual van marcadas o simbolizadas cada una de las cajas de perforación, esta labor se realiza con el fin de llevar un control y estandarización de la información que va a brindar cada caja sin necesidad de abrirla, esta sirve como una referencia para el geólogo cuando llegue a la sala de logeo. Generalmente la nomenclatura a la que se hace referencia es determinada por la compañía, en este caso fue determinada por el área de geología de Mina Castillo, en la *figura 27* se hace una descripción de la información que va marcada en cada una de las cajas.



**Figura 30:** A) vista de la marcación frontal de caja porta testigos; B) vista de la marcación lateral caja porta testigos.

La labor de marcar las cajas de testigos de perforación le corresponde en primera instancia a la persona encargada de realizar la perforación (el perforista), dado que va a ser quien se va a encargar de llenar las cajas y de custodiarlas mientras se encuentren en el sitio de la perforación, en segunda instancia el geólogo es quien se va a encargar de realizar la revisión de dicha marcación y de corregirla dado el caso que no cumpla con la nomenclatura establecida por la compañía.


### 10.3.7 Core box (inicio y fin de caja)

Esta actividad corresponde a la asignación de una profundidad específica de inicio y de fin a cada una de la caja porta testigos, en esta labor, se debe tener en cuenta la pérdida física de núcleo en cada corrida a la que está relacionada la profundidad que se busca. Esta información es llenada en primera instancia por el perforista quien indica cual es el inicio y fin de cada caja y sirve para que cuando llegue a casa de logueo donde se encuentra el geólogo, este sepa por donde se inició y donde finalizó el llenado de la misma, esto en caso de que los tacos que marcan el avance en cada corrida se encuentren en desorden.



*Figura 31: ejemplo de caja marcada con el inicio y fin de caja (Core box).*

La determinación del inicio de cada caja se realiza de acuerdo al fin de la inmediatamente anterior, en caso de ser la primera su inicio será 0.0 mt, esta información será marcada sobre la caja en la esquina superior izquierda, en la cual, también se marcará el número de caja, por otro lado, el fin de caja es determinada por la medición de cada trozo de núcleo recuperado y a la repartición de las pérdidas de núcleo, este valor es medido con cinta métrica por el geólogo y va a ser ubicado en la esquina inferior derecha de la caja, como se observa en la figura 28. Finalmente, esta información se lleva a una base de datos en donde va a ser compilada con la demás información extraída de las cajas.

CORE BOX DH-03			
Box number	Interval		OBSERVATIONS
	From	To	
1	0,00	3,85	Tamaño NQ
2	3,85	7,70	Tamaño NQ
3	7,70	11,42	Tamaño NQ
4	11,42	15,29	Tamaño NQ
5	15,29	19,06	Tamaño NQ
6	19,06	22,66	Tamaño NQ

*Tabla 9: ejemplo tabla de compilación de datos de inicio y fin de caja.*



### 10.3.8 Porcentaje de recuperación

Esta actividad busca definir cuál fue el porcentaje de roca recuperado con respecto a la corrida que se lanzó, es el porcentaje real de núcleo que se recuperó en la maniobra, para determinar este valor se debe realizar la medición de los tramos de núcleo obtenidos sin tomar en cuenta los espacios que hay entre cada uno, midiendo realmente el tramo físico que se recuperó.



*Figura 32: proceso de medida de recuperación física de núcleos.*

Esta actividad es realizada por el geólogo con el apoyo de una cinta métrica, es un ejercicio simple pero bastante importante para determinar realmente la cantidad de núcleo que fue extraído durante la perforación. Para el cálculo del porcentaje de recuperación se utilizar la siguiente formula:

$$\% \text{ de recuperación} : \frac{\text{longitud de nuco en caja}}{\text{longitud de corrida}} \times 100\%$$

### 10.3.9 RQD



Este es un parámetro geotécnico que consiste en describir la calidad que posee la roca, en el cual, se tienen en cuenta las características de las fracturas presentes en los núcleos, su densidad y su naturaleza. En la práctica se referencia como la sumatoria de núcleos mayores a 10 centímetros dividido por la longitud total de la corrida y multiplicado por el 100 por ciento.

$$RQD: \frac{\sum \text{longitud de nucleos } > 10\text{cm}}{\text{total corrida}} \times 100\%$$

De acuerdo a esto, el procedimiento de medición es realizado por el geólogo con ayuda de la cinta métrica, en este caso, a diferencia de las anteriores labores solo se tomarán en cuenta para realizar las medidas los trozos de núcleo mayores a 10 centímetros, esta medida debe ser tomada de fractura a fractura, sin tener en cuenta las fracturas que sean longitudinales al núcleo; de acuerdo a esto, la sumatoria de núcleos se realizara de taco a taco y abra un valor de RQD para cada corrida realizada sin importar su longitud.



*Figura 33: descripción de procedimiento de medida de RQD en núcleos de perforación.*

La evaluación de este parámetro nos permite reconocer posibles zonas de mineralización dado a que estas se encuentran asociadas a zonas de falla, las cuales, generan una gran zona de trituración que va a resaltar a la hora de realizar la valoración del RQD. al igual que con los demás procedimientos esta información se almacena en una base de datos en donde se recopila toda la información que fue obtenida de cada caja.

GEOTECH DHU-03 MINA EL CASTILLO SA									
No	INTERVAL		TOTAL m	CORE SIZE	REC.	R.Q.D.	% RECUP.	%RQD	OBSERVACIONES
	FROM	TO							
1	0,00	1,80	1,80	1,80	1,60	0,63	88,89	39,38	
2	1,80	2,60	0,80	0,80	0,80	0,77	100,00	96,25	
3	2,60	3,50	0,90	0,90	0,90	0,41	100,00	45,56	
4	3,50	4,55	1,05	1,05	0,96	0,00	91,43	0,00	
5	4,55	6,05	1,50	1,50	1,00	0,00	66,67	0,00	
6	6,05	7,25	1,20	1,20	1,15	0,36	95,83	31,30	

*Tabla 10: ejemplo de resultados de porcentaje de recuperación y de RQD de parte de la perforación DHU-03.*

### 10.3.10 Descripción litológica

Es la descripción de las características litológicas y físicas que posee la roca que permite clasificarla (textura, color, etc.), esta descripción permite realizar la separación de litologías basado en el estudio de sus características y nos ayuda con generación de dominios, que es lo que principalmente se busca y que más adelante nos va a ayudar a definir las zonas de muestreo. Esta labor es netamente geológica, por lo que solo el geólogo encargado es el que debe de realizarla y a diferencia de algunas de las otras actividades mencionadas con anterioridad, esta no se realiza de taco a taco, si no, que puede prolongarse por longitudes mayores a los cientos de metros dependiendo de los cambios en las características que presente la roca. Aquí es donde se va a describir entrando en detalle la composición de los núcleos, la presencia de diques, de vetillas, de xenolitos, entre otros.

### 10.3.11 Descripción mineralógica

Radica en la búsqueda e identificación de minerales o asociación de estos, que permitan describir como sucedió la mineralización en el depósito, el estilo de mineralización (stock work, vetillo, diseminado, en parches, etc.), el contenido de sulfuros (pirita, calcopirita, galena, estibina, etc.) y el porcentaje de cada mineral, el cual, va a variar de acuerdo al tipo





de mineralización. De acuerdo a esta descripción, también podemos generar dominios que nos van a facilitar el muestreo.

### **10.3.12 Descripción de alteraciones hidrotermales**

Consiste en la identificación de la paragénesis de los minerales presentes y asociados a la alteración hidrotermal, generalmente esta paragénesis da un indicio de cual podría ser la alteración hidrotermal presente, muy importante en esta descripción, es el reconocimiento de minerales, la determinación de características de la alteración como su intensidad y modo de ocurrencia que nos permita definir el tipo de alteración. Al igual que las dos descripciones anteriores el fin de esta es llegar a definir cuáles van a ser las zonas que se va a realizar el muestreo.

### **10.3.13 Muestreo de núcleos de perforación**

Esta actividad es la más importante dentro del logueo y es el fin de lo que buscamos realizando todos los parámetros vistos con anterioridad. Aquí es donde los dominios que se lograron definir con las descripciones lito-mineralógicas y de alteraciones nos van a ayudar a realizar un buen muestreo.

En esta labor se realizó la división de las zonas de interés que van a ser enviadas al laboratorio, dichas zonas, fueron definidas por características como la presencia de vetillas con mineralización, cambios litológicos, zonas de alto fracturamiento, entre otras. Esta es una labor netamente geológica por lo que solamente el geólogo es quien debe definir que secciones serán muestreadas y cuáles no, en este caso, la división de dichas zonas de muestreo se realizó con el apoyo del jefe del área.

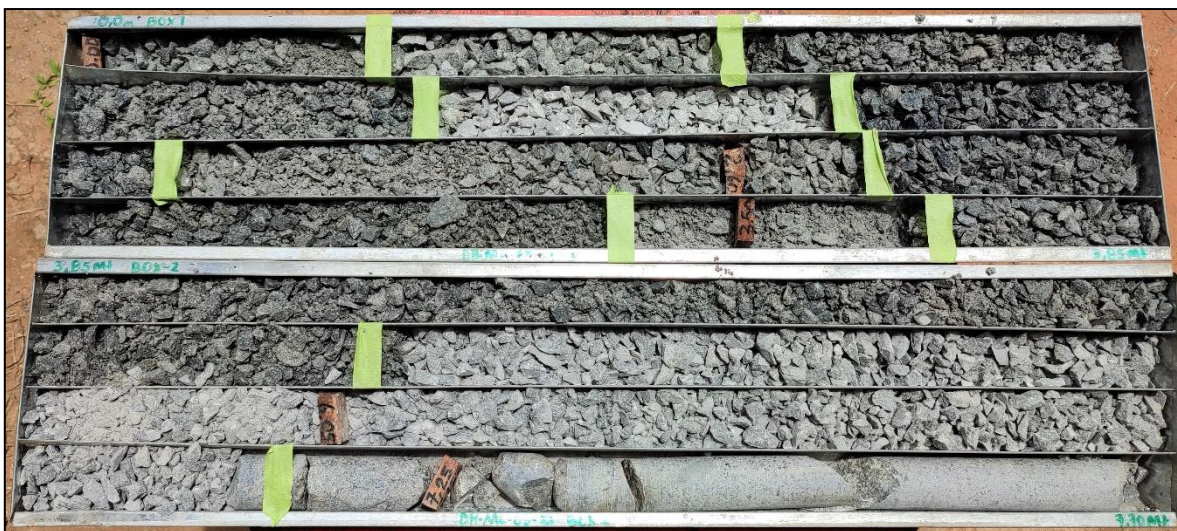


Para esta labor es muy importante contar con una buena iluminación para lograr ver a detalle cada sección, así como también, mojar los núcleos con agua para observar de forma más clara cada una de sus características, de igual manera, para la marcación de las secciones a muestrear, es muy importante ir marcando con cinta a medida que se avanza para llevar de manera más ordenada cada sección; para el corte de las secciones de núcleo se requiere de un esmeril angular y un disco de corte de tungsteno que nos permita realizar cortes rectos en cada limite definido.



**Figura 34:** secciones muestreadas perforación 1, cajas 1 y 2.

Para esta actividad se muestrearon aproximadamente 7 metros de la perforación 1, en total se recolectaron 10 muestras para ser enviadas al laboratorio; por la ausencia de una cortadora de núcleos en la mina no se pudo realizar el corte de los mimos de forma longitudinal para dejar un duplicado en caja, por lo cual, se envió en su totalidad el testigo y se solicitó el rechazo grueso al laboratorio para acomodarlo nuevamente en el lugar que le corresponde (figura 32).



*Figura 35: cajas 1 y 2 de perforación 1 con rechazo grueso de muestras enviadas al laboratorio.*

#### **10.4 QA/ QC Aseguramiento y Control de calidad**

Básicamente se realizaron procedimientos de aseguramiento de la calidad en el muestreo, el cual busca suplir la necesidad de estandarizar y de controlar la forma en la que se efectúa el muestreo en mina; dado el desconocimiento y el poco entendimiento del personal operativo y dado el caso que lleguen otros geólogos a realizar dichas labores.

Con el fin de asegurar y de establecer parámetros para el desarrollo de un buen muestreo en mina, se realizan protocolos para los dos métodos de muestreo más utilizados dada su utilidad a la hora de realizar el control de tenores en frentes de explotación y en tolvas del mineral que posteriormente es procesado en planta.

##### **10.4.1 Protocolos**

Para el análisis y estandarización en la manera de muestrear en mina, se seleccionaron el muestreo tipo canal y grab, ambos los más utilizados y de mayor utilidad durante el desarrollo de la práctica. De esta forma, se proponen dos protocolos como guía para el desarrollo de esta actividad, el primero de ellos **GeoMinCast001** el cual establece el protocolo de muestreo

de canal y el segundo **GeoMinCast002** el cual establece el protocolo de muestreo tipo Grab. A continuación, se detalla de forma más concisa cada uno de los protocolos.

#### **10.4.1.1 Protocolo para el muestreo de canal – GeoMinCast001**

El objetivo principal de este protocolo es establecer procedimientos de aseguramiento de calidad en la toma, registro, preparación y procedimientos de seguridad a la hora de realizar la actividad de muestreo de canal en mina. Para esto se establecen una serie de instrucciones y de herramientas que deben ser utilizados de acuerdo a lo que se especifica en el presente protocolo (ver anexo 1); aquí se explica paso por paso y de manera ordenada cuales deben ser las actividades a realizar para cumplir con los estándares de aseguramiento de la calidad para este método de muestreo.

Se selecciono el muestreo de canal para ser estandarizado, siendo este el más común y con el que más está familiarizado el personal operativo de la mina, de igual manera, dentro de las actividades de muestreo que se realizaron durante el periodo de práctica, aproximadamente el 75% de las muestras tomadas se realizaron por el método de canal, dada que esta labor en Mina el Castillo se centra principalmente en la evaluación de tenores en frentes de desarrollo, avance y evaluación de bloques que también se realiza bajo este método. El control sobre esta actividad nos va a permitir obtener resultados mucho más confiables de la calidad de mineral que se obtiene de cada frente, así como también, tomar decisiones respecto al proyecto con una mayor fiabilidad en lo que nos reportan los datos de muestreo.



	<b>MINA EL CASTILLO -MONTECRISTO BOLIVAR</b> <b>PROTOCOLO PARA ACTIVIDADES DE MUESTREO DE CANAL EN MINA</b> Versión 1.0      Emisión: Julio 2021 ELABORO: JAIME IVAN GARZON    REVISO: JIMMY TORRES    APROBO:
---	---

	<b>MINA EL CASTILLO -MONTECRISTO BOLIVAR</b> <b>PROTOCOLO PARA ACTIVIDADES DE MUESTREO DE CANAL EN MINA</b> Versión 1.0      Emisión: Julio 2021 ELABORO: JAIME IVAN GARZON    REVISO: JIMMY TORRES    APROBO:
---	---

**4. DESCRIPCION**



*Figura 1: algunos de los materiales que son utilizados para realizar el muestreo en canal.*

**Preparación del área de trabajo y del personal**

- El líder de muestreo debe cerciorarse de que todo el personal que va a intervenir en la labor de muestreo se encuentre con su elemento de protección personal dispuestos de forma correcta para iniciar la labor.
- El frente de trabajo debe ser revisado antes de proceder a realizar el muestreo, en este caso, el frente debe encontrarse limpio de carga para poder acceder al el en su totalidad y el techo debe estar des abombado, en caso de que no lo este, deberá ser des abombado antes de proceder a realizar el muestreo por condiciones de seguridad.

**4. DESCRIPCION**



*Figura 5: A) libreta de muestreo y código etiqueta de marcación; B-C) llenado de información libreta de muestreo.*

- En caso de que la muestra sea muy pesada o contenga fragmentos muy filosos que amenacen la estructura de bolsa que contiene el material muestreado, se recomienda utilizar doble bolsa para evitar la pérdida de material o contaminación del mismo.

**Figura 36:** secciones de protocolo GeoMinCast001 para el muestreo en canal.

### 10.4.1.2 Protocolo para el muestreo Grab – GeoMinCast002

El objetivo principal de este protocolo es establecer procedimientos de aseguramiento de calidad en la toma, registro, preparación y procedimientos de seguridad a la hora de realizar la actividad de muestreo con el método grab. Este método de muestreo a diferencia del de canal, requiere de un poco menos de detalle dada la simplicidad que requiere para ejecutarlo. debido a la necesidad de estandarizar la forma de efectuar dicha labor, se busca realizando este protocolo (ver anexo 2) evitar caer en errores comunes que generan poca confiabilidad en los resultados que brinda dicho muestreo.

Se selecciono el método de muestreo grab para detallar el procedimiento en un protocolo, debido a que después de método de canal este es el más utilizado en mina. Dicho procedimiento es bastante simple y muy sencillo, pero al igual que el método de canal es de



gran importancia para darnos una idea de los tenores del mineral que está saliendo de mina a ser procesados en planta, sobre todo los valores que proviene de lugares que presentan muy difícil acceso para realizar un muestreo directamente en el frente de explotación.

	MINA EL CASTILLO - MONTECRISTO BOLIVAR		
	PROTOCOLO PARA ACTIVIDADES DE MUESTREO GRAB EN MINA		
	Versión 1.0	Emisión: Julio 2021	
ELABORO: JAIME IVAN GARZON	REVISO: JIMMY TORRES	APROBO:	

	MINA EL CASTILLO - MONTECRISTO BOLIVAR		
	PROTOCOLO PARA ACTIVIDADES DE MUESTREO GRAB EN MINA		
	Versión 1.0	Emisión: Julio 2021	
ELABORO: JAIME IVAN GARZON	REVISO: JIMMY TORRES	APROBO:	

**4. DESCRIPCIÓN**



*Figura 1: algunos de los materiales que son utilizados para realizar el muestreo Grab.*

**Actividad operativa:**

- Se debe realizar la identificación del frente o frentes a muestrear, el tamaño de la pila y determinar la malla de muestreo adecuada para la labor. (figura 2).
- Con los guantes puestos se debe proceder a realizar la selección del material de forma ordenada a lo largo y ancho de la pila (figura 3).
- la selección del material se debe realizar sin importar la granulometría y contenido o no mineral. La selección debe ser equiprobabilística.

**4. DESCRIPCIÓN**



*Figura 2: descripción de muestreo grab en pila de mineral.*



*Figura 3: recolección de muestra en pila de mineral.*

**Figura 37:** secciones de protocolo GeoMinCast002 para el muestreo Grab.

La aplicación de este protocolo al muestreo grab que se realiza en mina, es necesario dado que este método no es muy reconocido por el personal operativo al que muchas veces se le solicita realizar el muestreo y dado que no existe un auxiliar de muestreo que se dedique exclusivamente a esta actividad y tenga el entrenamiento necesario; se requiere entonces, de una guía que permita que cualquiera pueda ejecutar dicha labor de una manera correcta y confiable.

## 10.5 Cartografía subterránea

Esta actividad consiste en representar mediante un plano a escala la distribución y comportamiento espacial de las estructuras mineralizadas (veta, fallas) y su relación con la litología encajante. La cartografía subterránea realizada durante el periodo de estancia en la mina fue para el nivel 1 en su totalidad, esta abarco desde la cruzada para acceder al nivel desde el inclinado principal hasta el frente de dicho nivel (mes de julio) aproximadamente 20 metros delante de la falla. Para esta actividad se requirieron los elementos mencionados en la *tabla 12*.

Materiales
<b>Herramientas</b>
Flexometro
Decametro
Aerosol blanco
Hojas millar
Plano topografico del nivel
Colores
Portaminas #7
Regla
Borrador
Taja lapiz
Cinta de enmascarar

*Tabla 12: herramientas utilizadas para la elaboración de la cartografía subterránea.*

Esta cartografía se realizó con una distancia total recorrida de aproximadamente 500 mt metros correspondientes al nivel 1, en donde quedaron representadas todos lo cambios mineralógicos, estructurales, litológicos y de espesor de la estructura principal, así como vetilleos y vetas desprendidas de la estructura principal que en algún momento pudieran representar un interés económico para su explotación.



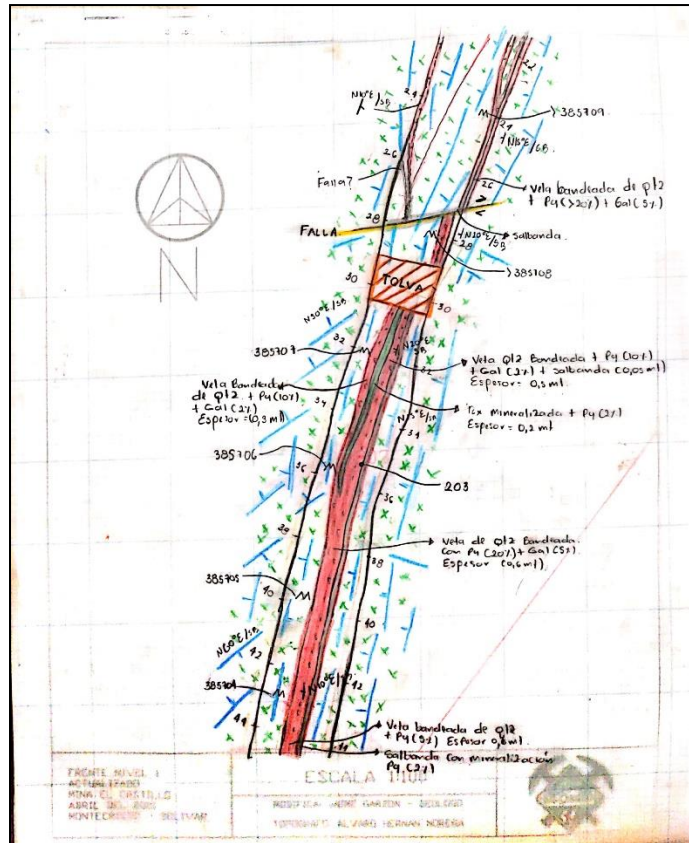


Figura 38: ejemplo de elaboración de cartografía subterránea nivel 1.

Para realizar la cartografía fue necesario contar con el plano topográfico del nivel 1, el cual fue modificado y ajustado a un formato (figura 42) que nos permitiera elaborar el mapeo a una escala 1:100, también se realizó una nomenclatura acorde para la coloración con la que iba a ser representada la simbología en el mapa, en la cual, cada color representaría una estructura o simbolizaría algo relevante dentro del mapa (figura 38); en este caso se eligieron los siguientes colores: estructura mineralizada (rojo), falla (amarillo), diaclasamiento (azul oscuro), roca caja (verde), gouge (gris).

Esta actividad constituye uno de los principales insumos para la interpretación y análisis del comportamiento de una estructura mineralizada, así como también permite reconocer asociaciones mineralógicas principales y coligadas a zonas de enriquecimiento del metal de interés económico en cuestión.



## 10.6 Informes y formatos

La generación de bases de datos para el control de la información es muy importante en la geología de mina, dado que toda información que es compilada en campo u operación va a ser relevante a la hora de realizar la toma de decisiones en un proyecto minero, es por esto, que el manejo, orden y generación de formatos va a permitir una administración adecuada de todos los datos que son recolectados, lo que nos va a permitir llevar controles estrictos de toda la operación.

Durante el tiempo que se brindó apoyo al área de geología de mina se crearon formatos y bases de datos dedicadas para cada actividad realizada, la implementación de esto se dio a partir del inicio de la práctica, dado que, si bien ya se había contado con la presencia de un geólogo en la mina, este no dejó durante su estadía ningún tipo de información que pudiera dar paso a la continuidad de un proceso. Algunos de estos formatos fueron brindados por el jefe de área de geología y modificados para el manejo de datos de Mina el Castillo. De igual manera, la generación de informes se realiza de acuerdo a formatos creados para dicho fin. A continuación, se realiza la especificación y explicación de cada uno de los formatos creados y utilizados para el manejo de la información.

### 10.6.1 Control de muestreo

Este control se realiza a partir de una base de datos en Excel, la cual, es llenada y actualizada todos los días con la información y los resultados de cada muestreo que se realiza en mina. En este se lleva control por fechas, localización, puntos de referencia, distancias y orientación desde punto de referencia, tipo de muestra, ancho del canal (en caso de muestras de canal), resultados de tenores en gr/ton oro-plata y descripción mineralógica de la muestra. A



partir de esta base de datos se puede acceder al histórico de tenores por cada frente, resultados de laboratorio por cada mes, cantidad de muestras por cada frente y tipo de muestreo, entre otras funcionalidades que nos permite el manejo de la información de forma ordenada.

## 10.6.2 Control de tonelajes

MUESTRAS MINA EL CASTILLO 2021											
FECHA	CODIGO MUESTRA	MUESTREADO POR	LOCALIZACION2	LOCALIZACION2	PTO REFERENCIA	DISTANCIA Y ORIENTACION DESDE REFERENCIA	TIPO MUESTRA	ANCHO VETA(m)	TENOR Au	TENOR Ag	DESCRIPCION
									(g/t) Au ppm	(g/t) Ag ppm	
ENERO											
MARZO											
9/03/2021	385801	J.GARZON	MINA CASTILLO	INCL2-NV2-NORTE	INICIO GUIA	PTO +7.90m	CANAL	0,9	8	74	VETA LAD. IZO-Qtz+Py(10%g
9/03/2021	385802	J.GARZON	MINA CASTILLO	INCL2-NV2-NORTE	INICIO GUIA	PTO +7.90m	CANAL	1	4.4	46,3	MINERALIZADO RX CAJA + PY(5%)
9/03/2021	385803	J.GARZON	MINA CASTILLO	INCL2-NV2-NORTE	INICIO GUIA	PTO +7.90m	CANAL	0,5	3.2	38,8	VETA Qtz + Py (<2%)
9/03/2021	385804	J.GARZON	MINA CASTILLO	INCL2-NV2-SUR	INICIO GUIA	PTO +1m	GRAB	N/A	3.6	40,4	MINERAL DE FRENTE
10/03/2021	385805	J.GARZON	MINA CASTILLO	NV1-NORTE	DELTA205	16m-N	CANAL	1,15	0.8	40	LADO IZO - RX CAJA LEVEMENTE
10/03/2021	385806	J.GARZON	MINA CASTILLO	NV1-NORTE	DELTA205	16m-N	CANAL	1,15	9.6/REP 6	44	LADO DER - RX CAJA LEVEMENTE
12/03/2021	385807	J.GARZON	MINA CASTILLO	NV1-NORTE	DELTA206	17.5m-N	CANAL	0,5	2/REP 3.2	40	VETA DE Qtz+ Py(15%) SUBVERTICAL CON
12/03/2021	385808	J.GARZON	MINA CASTILLO	NIVEL 0	TAMBOR	METROS ATRÁS PT 142	GRAB	N/A	12	101,2	MINERAL NIVEL 0
12/03/2021	385809	J.GARZON	MINA CASTILLO	INCL2-NV2-SUR	INICIO GUIA ARC 1	6.50m-S	CANAL	1,5	4.8	48,8	VETA DE Qtz + Py(20%)
12/03/2021	385810	J.GARZON	MINA CASTILLO	INCL2-NV2-SUR	INICIO GUIA ARC 1	6.50m-S	GRAB	N/A	7.2	45,2	MINERAL DE FRENTE GUIA SUR



*Tabla 13: ejemplo de formato de control de muestreo modificado para su uso en Mina el Castillo.*

Esta es una base de datos creada con el fin de desarrollar un control sobre la cantidad de material que es enviado a planta para ser procesado. Fue creada desde cero y a medida que se obtuvo más información por parte de los encargados de la mina se fueron adicionando más datos que contribuían al control de tonelajes, dicha información fue obtenida a través de la ubicación de coches, vagonetas, tarros de envío de material y del control de extracción de material de las tolvas internas; todo esto, nos permitió realizar una base de datos más completa, en la cual, se obtienen valores diarios de medida en dos puntos específicos de la mina, el primero de ellos está ubicada en la salida de material en el skip principal y la segunda en la cantidad de tarros enviados con mineral de bocamina a planta.

Con esta base de datos se logró tener un control de todo el material que salía de bocamina hacia planta para ser procesado, el control de donde se estaba extrayendo el mineral, tonelajes aportados por cada frente de desarrollo o explotación y se logró realizar un control de los



tenores con los que sería alimentado el molino, esto, realizando mezclas de mineral desde el interior de la mina.

		 <b>CONTROL TONELAJES</b> <b>MINA EL CASTILLO</b> 			Geologo: Jaime Ivan Garzon Corrales		
FECHA	TURNOS	TON MINERAL BOCAMINA	TON MINERAL POTES	TON ESTERIL BOCAMINA	FRENTE		OBSERVACIONES
1/07/2021	T1	9,1	9,6	0	NIVEL 0	7,7	
	T2	12,6	9,7	0	INCLINADO INTERNO GUIA N	14	
	T3	0	0	0			
	<b>TOTAL</b>	<b>21,7</b>	<b>19,3</b>	<b>0</b>			
2/07/2021	T1	9,1	12,9	0	NIVEL 0	9,1	
	T2	10,5	0	0	INCLINADO INTERNO GUIA N	10,5	
	T3	0	0	0			
	<b>TOTAL</b>	<b>19,6</b>	<b>12,9</b>	<b>0</b>			
3/07/2021	T1	15,4	15,5	0	NIVEL 0	5,6	
	T2	2,8	0	0	INCLINADO INTERNO GUIA N	12,6	
	T3	0	0	0			
	<b>TOTAL</b>	<b>18,2</b>	<b>15,5</b>	<b>0</b>			
4/07/2021	T1	10,5	12	0	NIVEL 0	4,9	DOMINGO
	T2	0	0	0	INCLINADO INTERNO GUIA N	5,6	
	T3	0	0	0			
	<b>TOTAL</b>	<b>10,5</b>	<b>12</b>	<b>0</b>			
5/07/2021	T1	4,2	0	0	NIVEL 0	2,1	LUNES FESTIVO
	T2	0	0	0	INCLINADO INTERNO GUIA N	2,1	
	T3	0	0	0			
	<b>TOTAL</b>	<b>4,2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			

*Tabla 14: ejemplo de formato creado para realizar el control de tonelaje en mina castillo.*

En esta base de datos también se lleva el control de material estéril que era sacado a bocamina y algunas observaciones de los días en los que el tonelaje se disminuía de manera considerable debido a la falta de personal para laboral, paros por combustible, entre otras causas. Esta información nos permitió realizar análisis de producción con los que se buscaba mejorar el promedio de toneladas diarias extraídas y realizar una planificación mensual de producción y avances.

### 10.6.3 Informe de tonelajes y tenores

Este informe se realiza en base a la información recopilada con los controles anteriormente mencionados, se efectúa de manera quincenal y en cada corte de producción. con este, se obtiene información relevante de tonelajes acumulados, promedios diarios de



tonelajes, porcentajes de aporte de cada frente, porcentaje de mineral extraído de cada frente y la cantidad de oro que debió de ser recuperado de acuerdo al promedio de tenores manejados para cada uno de los frentes de donde salió el mineral.

JUNIO 2021 16/30	TOTAL TON	256,9	294,1	0
	PROMEDIO TONELADAS DIAS TRABAJADOS	18,4	21,0	0,0
	PROMEDIO TONELADAS DIAS LABORABLES	17,1	19,6	0,0

*Tabla 15: ejemplo tabla de acumulado de tonelaje del 16 al 30 de junio mina castillo.*

#### ❖ RESULTADOS

- En un total de 15 días calendario se sacaron a bocamina un total de 256.9 toneladas.
- El promedio de toneladas día de los días en que se laboró extrayendo material (13 días) fue de **18.4 toneladas**.
- El promedio de toneladas de los días laborables (15 días) fue de **17.1 toneladas**.
- Dentro de este corte se incluyen dos días domingo de los cuales, no se extrajo material en uno de ellos, este se utilizó para realizar labores de mantenimiento dentro y fuera de mina, adicionalmente un día no se realizó extracción por falta de combustible en la mina.

*Figura 39: ejemplo de interpretación de resultados tabla 3.*

La interpretación de los datos recopilados es de vital importancia para el entendimiento y corrección de errores en el proceso minero, dado que de acuerdo a estas interpretaciones podremos tomar decisiones y aplicar correctivos para mejorar los procesos. Como se evidencia en la *figura 1* se realiza una interpretación de los datos acumulados de tonelajes de 15 días (*tabla 3*), con esta información, de una forma muy simple se puede llegar a conclusiones que generan conocimiento acerca de cómo se comportó el proceso de extracción



de mineral en un tiempo determinado. De igual manera, permite que personas que no tengan mucho conocimiento acerca de los procesos pueda entender de que se les está hablando.

FRENTE	TONELADAS MINERAL	TENOR PROMEDIO (gr/ton)	GRAMOS ORO
APIQUE INTERNO GUIA NORTE	123,2	3,5	431,2
NIVEL 0	95,2	20	1904,0
BLOQUE SUBGUIA 4	32,2	11	354,2
APIQUE INTERNO GUIA SUR	6,3	3	18,9
<b>TOTAL</b>	<b>256,9</b>	<b>37,5</b>	<b>2708,3</b>

*Tabla 16: ejemplo de presentación de datos d toneladas, tenores y gramos de oro enviados a planta por cada frente.*

Estos informes fueron enviados durante toda la estadía de la práctica y se buscó que a medida que se tuvieran más datos y más control sobre la información, se fuera agregando a estos informes, los cuales, eran enviados al jefe de área y a los socios de la mina.

- **RESULTADOS**
  - Al 15 de julio el total de gramos de oro extraídos debería ser de aproximadamente **2708.3 gr**, es de tener en cuenta, que este es un valor teórico donde se asume una recuperación en planta del 100%.
  - El tenor promedio para este mes fue de **10.5 gr/ton**.

*Figura 40: ejemplo de interpretación de tabla 4.*

Finalmente se logró tener un control bastante claro sobre la cantidad de toneladas enviadas y molidas, al igual que la cantidad de oro obtenido en la fundición con respecto al enviado y calculado con base en los tenores promedio asignados para cada frente, este informe es comparado con el informe que es presentado por el jefe de planta para evaluar las similitudes o las diferencias que se tuvieran en los datos.



#### 10.6.4 Informes diarios área de geología

Estos informes se realizaron durante toda la pasantía, todos los días en que se tuvo estancia en la mina (aproximadamente 140 informes en total), en estos se detallaba de manera concisa que actividades se realizaban durante el día, los avances en cuestiones de desarrollos y explotación, de donde se extraía el material enviado a planta, los muestreos que se realizaban con su descripción y resultados, las cabezas de molino del día anterior, el tonelaje enviado a planta el día anterior, las observaciones y anexos en los cuales se incluían fotografías de los frentes de explotación o novedades que pudieran haber sucedido.

INFORME DIARIO DE ACTIVIDADES  
AREA DE GEOLOGIA - MINA EL CASTILLO

FECHA: //2021]  
REALIZA: JAIME IVAN GARZON CORRALES

❖ ACTIVIDADES:

❖ AVANCES:

❖ RESULTADOS DE LABORATORIO MUESTREO:

NUMERO DE MUESTRA	RESULTADO TENOR Gr/Ton Au	DESCRIPCION

❖ CABEZAS DE MOLINO DIA ANTERIOR

TURNO	TENOR
T1	gr/ton
T2	gr/ton
T3	gr/ton

❖ TONELAJE BOCAMINA DIA ANTERIOR

TON MINERAL	TON. ESTERIL
ton	ton

❖ OBSERVACIONES:

❖ ANEXOS

Figura 41: formato utilizado para realizar los informes diarios área de geología.

#### 10.6.5 Formato de plano cartografía

Este formato fue diseñado en AutoCAD durante la práctica para realizar la cartografía de túnel del nivel 1, dada la necesidad de tener una plantilla que nos facilitara ordenar y agilizar la labor de cartografiar, se diseñó un formato muy sencillo pero muy útil que permitió llevar



de manera ordenada toda la información que fue recolectada y que era modificada desde los programas de diseño; dado el gran número de planos que se requerían para realizar esta labor se optó por utilizar este formato para ordenar de manera sencilla cada avance que se realizaba, esto nos permitió numerarlos y organizarlos de acuerdo a la necesidad que se tenía (figura 38).



**Figura 42:** formato de plano para cartografía de túnel



## 11. CONCLUSIONES

- Los objetivos conseguidos y desarrollados durante la practica académica fueron: muestreo de mina, control de tenores, cubicación de medios de transporte de mineral, cartografía subterránea, orientación de frentes de explotación, orientación de líneas de perforación diamantina, descripción y muestreo de testigos de perforación, desarrollo de propuestas de exploración y generación de formatos para desarrollo ordenado de la actividad operativa de una mina, todo esto genero aporte al conocimiento y a la experiencia profesional que es fin puntal de la práctica.
- Se logro implantar y estandarizar las medidas obtenidas en el proceso de cubicación para cada medio de transporte y así realizar el control del mineral que es enviado a planta.
- Durante lo corrido de la práctica se logró perfeccionar y establecer medidas para la cantidad de material que era enviado a procesar a planta, así como también, establecer formatos para la compilación de la información de producción,
- Se logro pasar durante lo corrido de la práctica de obtener información general poco verídica de la producción general a obtener información específica de la cantidad de material aportada por cada frente de explotación sustentada en análisis y estudios realizados en lo corrido de la estadía en mina.
- En un periodo de 5 meses de muestreo se enviaron al laboratorio 253 muestras, mientras que durante la no presencia de geología en la mina se enviaron 108 muestras casi en el doble del tiempo, esto incluyendo meses en los que no se realizó ni una sola muestra del túnel.





- Se requiere de una mayor atención a la exploración y al desarrollo de labores para el aumento de la cantidad de reservas y la obtención de nuevos recursos.
- El medio de transporte de material de bocamina a planta es obsoleto para una producción mayor a escala, incluso para la producción que se obtiene hoy en día.
- El estilo de mineralización en Mina El Castillo es vetiformes con buzamiento subvertical y un dominio estructural N-S.
- Se requiere de una evaluación específica de explotación para la extracción de mineral de zonas que por mal desarrollo de la extracción se quedaron y pueden representar una fuente de material de buen valor.
- El sistema de ventilación es obsoleto dado que no tiene un estudio técnico que allá sido diseñado acorde a las necesidades.



## 12. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de formatos de control dentro de cada estación por la cual pasa el material antes de llegar a planta, en la cual, se lleve la contabilidad exacta de qué tipo de vehículo es el que se está cargando y cuantas veces se ha cargado durante el turno, para así poder determinar realmente con cuantas toneladas al día se están movilizand o dentro y fuera de la mina.
- Se recomienda la marcación de cada uno de los vehículos para facilitar su identificación.
- Debido a la irregularidad y gran tamaño de algunos bloques de material que salen de mina hacia planta que generan problemas en el cargue-descargue, menor capacidad de en los carros y dificultades para ser procesado en planta, se recomienda una revisión de la distribución y cantidad de explosivos con los que se está realizando la quema o voladura en cada frente. Ya que podría mejorar la cantidad de material que puede ser transportado en cada viaje, así como, la facilidad para los operarios de cargar en material.
- Este procedimiento de cubicación y pesaje de cantidad de material real que es transportado en los coches se recomienda sea realizado al menos una vez por semana con cada uno de los diferentes carros dentro y fuera de mina, con el fin, de estandarizar cantidad de material aproximado que cada uno transporta y la densidad promedio del material.
- De acuerdo a la capacidad de carga teórica y aproximada mediada a cada uno de los carros, se recomienda el uso de equipos de mayor capacidad de carga para aumentar



así la cantidad de material por cada recorrido, lo cual, reduciría el tiempo de recogida del material por parte de los operarios en los frentes.

- En el caso de utilizar volquetas para transportar el material a planta se sugiere el uso de una báscula donde esta puede ser pesada para así llevar un cálculo más exacto de lo que está entrando a planta.
- Se debería de mejorar el sistema de transporte de bocamina a planta por uno con mayor eficiencia y que requiera menos operarios, ya que en la actualidad dicho proceso ocupa alrededor de 5 operarios.
- Se recomienda el uso de un sistema digital de medida de pesos del material que se transporta desde bocamina a planta, para hacer un control realmente efectivo de que es lo que se está enviando desde la mina.
- La trituración del material se debería de hacer más cerca a la bocamina, alimentándose directamente desde una tolva y transportando posteriormente el material por un sistema de bandas o de bomba de sólidos, esto reduciría la cantidad de operarios y optimizaría este proceso.
- Se recomienda el uso de aire comprimido en cambio del agua que es utilizada para que el mineral ruede hasta el coche, esto está generando gran pérdida del oro que se presenta como material particulado.
- Se debe realizar un estudio detallado para la instalación de un sistema de ventilación eficiente, dado que en la actualidad no existe.





### 13. REFERENCIAS

Bogotá, J. y Aluja, J. 1981. Geología de la Serranía de San Lucas. Geología Norandina, 4. Bogotá.

Castañeda E., et al, 2009. Aspectos estructurales y relaciones de algunos sistemas vetiformes del distrito minero Segovia-remedio. Artículo-xii congreso colombiano de geología universidad nacional de Colombia, sede Medellín. Facultad de minas.15: 1-15.

Clavijo, J. (1995a). Mapa Geológico de Colombia. Plancha 75 - Aguachica. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. INGEOMINAS, Bucaramanga.

Clavijo J, Mantilla L, Pinto J, Berna L, Perez A (2008) Evolución geológica de la Serranía de San Lucas, norte del valle medio del Magdalena y noroeste de la Cordillera Oriental. Boletín de Geología 3045–62

Consorcio GSG (GEOMINAS – SERVIMINAS - GEMI). 2015a. Memoria Plancha 84 – Los Canelos. Servicio Geológico Colombiano, Medellín, 149 p

Correa-Martínez, A.M., Rodríguez, G., Arango, M.I., y Zapata-García, G. (2019). Petrografía, geoquímica y geocronología U-Pb de las rocas volcánicas y piroclásticas de la Formación Noreán al NW del Macizo de Santander, Colombia. Boletín de Geología, 41(1), 29-54. DOI: 10.18273/revbol.v41n1-2019002

Cubillos, H. A. (2011). IDENTIDADES TERRITORIALES, SUSTENTO DE VIDA Y DIVERSIDAD EN EL . SANTA FÉ DE BOGOTÀ D.C.





Daconte, R., y Salinas, R. (1980). Geología de las planchas 66 (Miraflores) y 76 (Ocaña). Departamento Norte de Santander. Memoria Explicativa escala 1:100.000. 116 p. Bucaramanga.

Etayo, F. et al. 1983. (Publicado en 1986). Mapa de terrenos geológicos de Colombia. Pub. Geol. Especial INGEOMINAS. Bogotá. 14-1:1-235.

FEININGER, T. BARRERO, D. CASTRO, N. Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (sub-zona II-B). Boletín geológico, Volumen XX, No. 2, 1972.

González, H., Maya, M., Camacho, J., Cardona, O.D., y Vélez, W. (2015a). Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano. Plancha 74-Guaranda. Servicio Geológico Colombiano.

PNUD, MinTrabajo, Corporación Desarrollo y Paz del Magdalena Medio (2015). Proyecto Ecohabitats, Proyecto Perfil Productivo de Santa Rosa del Sur.

SGC. (2018). GUÍA METODOLÓGICA PARA EL MEJORAMIENTO PRODUCTIVO DEL BENEFICIO DE ORO SIN EL USO DE MERCURIO. BOGOTA D.C.: SGC.

