

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Caracterización mineralógica y análisis del grado de liberación de los minerales de cobre-molibdeno de la Mina Mirador

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

**Magíster en Minas Mención Mineralurgia y Metalurgia  
Extractiva**

Presentado por:

Alulima Morocho Jorge Rolando

Vega Cabezas Guido Leonel

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

## **DEDICATORIA**

A mi esposa María Jackeline Viñamagua Córdova, por haberme apoyado durante mi estudio, a mis hijas Ximena Ivanova Alulima Viñamagua, Ana Luisa Alulima Viñamagua, y a mi hijo Mateo Josué Alulima Viñamagua, por ser mi razón de luchar.

A mi madre María Hortencia Morocho Guamán y Padre Juan Francisco Alulima Cuenca por haberme dado la vida.

A mis suegros Olga Teresa Córdova y Segundo Manuel Viñamagua Viñamagua por el apoyo brindado durante este proyecto de Maestría.

**Alulima Morocho Jorge Rolando**

A Dios por la vida, a mis padres (Guido Vega y Neyi Cabezas) y hermana (Marina Vega) por su apoyo incondicional.

**Vega Cabezas Guido Leonel**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ingeniero Juan León, por las sabias enseñanzas, consejos impartidos de sus experiencias técnicas mineras.

A los Ejecutivos Chinos: Hu Jiandong, Li Dong; Zhou Sheng, Xianren Dai; Xu Qiaofeng por haber puesto su confianza en nosotros y ayudado con el proyecto de investigación.

A la Dra. Elizabeth Peña y al Dr. Pedro Sarquis por sus sabias enseñanzas impartidas en este proyecto de investigación.

### **Alulima Morocho Jorge Rolando**

A la Dr. Elizabeth Peña y la Ing. Nathalie Muñoz por permitir ser parte de esta aventura académica, al Dr. Pedro Sarquis por orientarnos y mejorar este trabajo, a la Ing. Nadia Muñoz por el impulso y ánimo para finalizar este trabajo de tesis.

A todos mis compañeros y docentes de maestría por las divertidas y académicas conversaciones y clases impartidas.

A Jorge mi compañero de tesis por la oportunidad de investigar con una Gran persona.

### **Vega Cabezas Guido Leonel**

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Alulima Morocho Jorge Rolando*, y *Vega Cabezas Guido Leonel* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

---

Alulima Morocho Jorge Rolando

---

Vega Cabezas Guido Leonel

# EVALUADORES

---

**Dr. Pedro Sarquis**

PROFESOR TUTOR

---

**Dr. Dulce Gómez**

PROFESOR EVALUADOR

## RESUMEN

La mina Mirador Central se encuentra ubicada en la parroquia de Tundayme, cantón el Pangui, provincia de Zamora Chinchipe, que corresponde a un proyecto minero de la empresa Ecuacorriente S.A. En base a las necesidades de investigación de la planta de beneficio Mirador, de análisis del mineral no primario de capa mixta y capa secundaria de mineral de la mina, se realizó una caracterización mineralógica y análisis del grado de liberación de los minerales de cobre-molibdeno.

Se realizó el muestreo de las litologías mineralizadas de la mina Mirador, las mismas que fueron sometidas a los siguientes análisis: observación mineralógica microscópica, macroscópica, difracción de rayos X, análisis químico de entrada y de concentrados, pruebas de moliendas; y, flotación. En los análisis químicos de cobre de las rocas mineralizadas se obtuvo los siguientes valores: Jzgd 0.982; Jefp 0.217; brmn(Jzgd) 0.9247 brmn (Jefp) 0.4251. Los tiempos de molienda para alcanzar de D60% bajo malla #200 son: Jzgd 4.288min; Jefp 3.885min; brmn (Jzgd) 3.701min; brmn (Jefp) 3.61min. Luego se procedió a realizar los ensayos de flotación donde se obtuvieron leyes de concentrados de cobre y rendimientos (Re) que varían de acuerdo a: Jzgd 25.021%Cu 89.340%Re; Jefp 23.955 91.704%Re; brmn(Jzgd) 26.676%Cu 84.745 %Re; brmn(Jefp) 27.837%Cu 85.077%Re.

De acuerdo a los resultados obtenidos la granodiorita Zamora y la brecha Zamora son las rocas que presentan mejor ley de Cobre con una mineralización más homogénea. En las rocas Jefp y sus brechas, se debe tener más control con mapeos diarios, debido a que dentro de ellas la ley de mineralización puede bajar repentinamente bajo la ley de corte de 0.3%Cu.

**Palabras Clave:** grado de liberación, concentrado de cobre, caracterización mineral.

## **ABSTRACT**

*The Mirador Central mine is located in the parish of Tundayme, canton El Panguí, province of Zamora Chinchipe, which corresponds to a mining project of the company Ecuacorriente S.A. Based on the research needs of the Mirador beneficiation plant, the analysis of the non-primary mineral of the mixed layer and the secondary mineral layer of the mine, a mineralogical characterization and analysis of the degree of liberation of the copper-molybdenum minerals was carried out.*

*The mineralized lithologies of the Mirador mine were sampled, which were subjected to the following analyses: microscopic and macroscopic mineralogical observation, X-ray diffraction, chemical input and concentrates analysis, grinding tests; and, float. In the chemical analysis of copper of the mineralized rocks, the following values were obtained: Jzgd 0.982; Jefp 0.217; brmn (Jzgd) 0.9247 brmn (Jefp) 0.4251. The grinding times to reach D60% under # 200 mesh is: Jzgd 4.288min; Jefp 3.885min; brmn (Jzgd) 3,701min; brmn (Jefp) 3.61min. Then the flotation tests were carried out, copper concentrate grades and yields (Re) were obtained that vary according to: Jzgd 25.021% Cu 89.340% Re; Jefp 23,955 91,704% Re; brmn (Jzgd) 26,676% Cu 84,745% Re; brmn (Jefp) 27.837% Cu 85.077% Re.*

*According to the results obtained, the Zamora granodiorite and the Zamora breccia are the rocks with the best Copper grade, and they also have a more homogeneous mineralization. In the Jefp rocks and their breccias, more control must be done with daily mapping, because within them the mineralization grade can drop suddenly below the cutoff grade of 0.3% Cu.*

**Keywords:** *degree of liberation, copper concentrate, mineral characterization.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE PLANOS .....	XII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción .....	1
1.1 Descripción del problema .....	2
1.2 Justificación del problema .....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General .....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco Teórico.....	3
1.4.1 Ubicación Geográfica.....	3
1.4.2 Vía de acceso .....	6
1.4.3 Climatología .....	7
1.4.4 Hidrografía .....	7
1.4.5 Geología .....	8
1.4.6 Reservas Mineras .....	10
1.4.7 Diseño de la planta .....	10
1.4.8 Grado de liberación de partículas .....	12
1.4.9 Difracción de rayos X (DRX).....	13



CAPÍTULO 2.....	15
2. Metodología .....	15
2.1 Recopilación bibliográfica.....	15
2.2 Trabajo de campo.....	16
2.2.1 Recolección de muestras.....	16
2.2.2 Trituración primaria y secundaria.....	16
2.2.3 Corte de rocas y obtención de su peso específico.....	17
2.3 Trabajo de laboratorio .....	18
2.3.1 Cuarteo de muestras de rocas mineralizadas para análisis.....	18
2.3.2 Técnicas de caracterización.....	18
2.3.3 Análisis de secciones pulidas. ....	21
2.3.4 Análisis de grado de liberación de partículas.....	21
CAPÍTULO 3.....	25
3. Resultados y análisis .....	25
3.1 Zonas de Mineralización.....	25
3.1.1 Zona lixiviada.....	25
3.1.2 Zona mixta .....	25
3.1.3 Zona de enriquecimiento supérgeno.....	25
3.1.4 Zona Primaria .....	25
3.2 Caracterización de las muestras mineralizadas .....	26
3.2.1 Unidad Zamora (Jzgd) .....	27
3.2.2 Pórfidos Tempranos a Intramineral (Jefp).....	29
3.2.3 Brecha Hidrotermal Mineralizada Brmn (Jzgd) .....	31
3.2.4 Brecha Hidrotermal Mineralizada Brmn (Jefp) .....	33
3.2.5 Análisis químico de cabeza (Cu, S, Au, Ag).....	36
3.2.6 Peso específico.....	38
3.3 Análisis de grado de liberación de partículas .....	38

3.1.3. Análisis granulométrico.....	38
3.1.4. Ensayo de molienda .....	41
3.1.5. Ensayo de Flotación .....	44
3.4 Análisis General .....	53
CAPÍTULO 4.....	56
4. Conclusiones y Recomendaciones .....	56
4.1 Conclusiones.....	56
4.2 Recomendaciones.....	58
BIBLIOGRAFÍA	
APÉNDICES	

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ECSA	Ecuacorriente S.A
SENAGUA	Secretaria Nacional del Agua
CCCR	Cinturón de Cobre de Corriente Resources
MERNNR	Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables

## SIMBOLOGÍA

pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
msnm	metros sobre nivel del mar
Cu	Cobre
Au	Oro
Ag	Plata
Mo	Molibdeno
Fe	Hierro
S	Azufre
g	Gramo
t	Tonelada métrica

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Concesión minera, proyecto Mirador 1 Acumulada (Drobe, 2007; Ecuacorriente S.A, 2019).....	4
Figura 1.2 Proyectos Estratégicos de minería en el Ecuador (Banco Central del Ecuador, 2021) .....	5
Figura 1.3 Cinturón de Cu el Pangui (Gendall et al., 2000) .....	6
Figura 1.4 Acceso desde APPB a Tundayme (Google Maps, 2021) .....	7
Figura 1.5 Clima de Tundayme (Climate-Data, 2021) .....	7
Figura 1.6 Geología del proyecto Minero Mirador (Drobe et al., 2013).....	8
Figura 1.7 Diseño Simplificado de la planta Mirador, otorgado por el departamento de producción y tecnología de Ecuacorriente S.A. ....	11
Figura 1.8 Liberación mineral (Metso Process Technology, 2014). ....	12
Figura 1.9 Grado de liberación (Metso Process Technology, 2014).....	13
Figura 1.10 Difracción de rayos X por medio de un cristal (Skoog, 2008). ....	14
Figura 2.1 Metodología de trabajo .....	15
Figura 2.2 Recolección de muestras .....	16
Figura 2.3 Reducción de tamaño partículas (trituration primaria y secundaria) .....	17
Figura 2.4 Corte de rocas y cálculo de peso específico .....	17
Figura 2.5 Cuarteo y pulverización de muestras mineralizadas .....	18
Figura 2.6 Análisis químico de las muestras mineralizadas .....	19
Figura 2.7 Equipo de difracción de rayos X de la ESPOL .....	20
Figura 2.8 Muestra en el porta objeto y Cincita (como patrón al 10%) .....	20
Figura 2.9 Proceso de elaboración de secciones pulidas (Castro Dorado, 2015) .....	21
Figura 2.10 Muestra de molino de bolas.....	22
Figura 2.11 Molino de bolas .....	23
Figura 2.12 Esquema protocolo de flotación, otorgado por el laboratorio Ecuacorriente S.A.....	24
Figura 3.1 Cuarzo-monzonita, bajo luz transmitida (izquierda), roca (derecha). ....	28
Figura 3.2 Difractograma, muestra de Zamora (Jzgd) .....	29
Figura 3.3 Cuarzo-monzonita, bajo luz transmitida (izquierda), roca (derecha) .....	30
Figura 3.4 Difractograma, muestra de Pórfido (Jefp).....	31

Figura 3.5 Brecha de composición granodiorita, bajo luz transmitida (izquierda), roca (derecha) .....	32
Figura 3.6 Difractograma, muestra de Becha de Zamora Brmn(Jzgd) .....	33
Figura 3.7 Brecha de composición monzogranito, bajo luz transmitida, roca (derecha) ..	34
Figura 3.8 Difractograma, muestra de Brecha de pórfido Brmn (Jefp) .....	35
Figura 3.9 Curva granulométrica, muestras mineralizadas.....	40
Figura 3.10 Esquema de flotación primaria, muestra de Zamora (Jzgd) .....	45
Figura 3.11 Esquema de flotación de limpieza, muestra de Zamora (Jzgd) .....	46
Figura 3.12 Esquema de flotación primaria, muestra de Pórfido (Jefp) .....	47
Figura 3.13 Esquema de flotación de limpieza, muestra de Pórfido (Jefp) .....	48
Figura 3.14 Esquema de flotación primaria, muestra de Brecha Zamora Brmn (Jzgd) .	49
Figura 3.15 Esquema de flotación de limpieza, muestra de Brecha de Zamora Brmn (Jzgd).....	50
Figura 3.16 Esquema de flotación primaria, muestra de Brecha de Pórfido Brmn (Jefp) .....	51
Figura 3.17 Esquema de flotación de limpieza, muestra de Brecha de Pórfido Brmn (Jefp) .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Recursos del yacimiento de la mina Mirador .....	10
Tabla 2.1 Datos granulométricos.....	22
Tabla 2.2 Molino de bola de cono XMQ Miller (especificaciones) .....	23
Tabla 2.3 Parámetro de flotación mineral .....	24
Tabla 3.1 Unidades litológicas (mineralizadas y no mineralizadas).....	26
Tabla 3.2 Coordenadas de los puntos de muestreo .....	27
Tabla 3.3 Porcentaje de minerales bajo el microscopio, Jzgd.....	28
Tabla 3.4 Porcentaje de minerales bajo el microscopio, Jefp.....	30
Tabla 3.5 Porcentaje de minerales bajo el microscopio, Brmn (Jzgd) .....	32
Tabla 3.6 Porcentaje de minerales bajo el microscopio, Brmn (Jefp).....	34
Tabla 3.7 Ley de Cobre, muestras mineralizadas .....	36
Tabla 3.8 Ley de Azufre, muestras mineralizadas .....	36
Tabla 3.9 Ley de Oro, muestras mineralizadas .....	37
Tabla 3.10 Ley de Plata, muestras mineralizadas .....	37
Tabla 3.11 Ley de cabeza de las muestras mineralizadas .....	38
Tabla 3.12 Cálculo peso específico de las muestras mineralizadas.....	38
Tabla 3.13 Fracciones granulométricas de las unidades mineralizadas.....	39
Tabla 3.14 Curva granulométrica y coeficiente de partición .....	39
Tabla 3.15 Análisis granulométrica, No malla.....	40
Tabla 3.16 Tiempo de molienda, Unidad Zamora.....	41
Tabla 3.17 Tiempo de molienda, Pórfido (Jefp).....	41
Tabla 3.18 Tiempo de molienda, Brecha de Zamora Brmn(Jzgd) .....	42
Tabla 3.19 Tiempo de molienda, Brecha de Pórfido Brmn(Jefp).....	43
Tabla 3.20 Balance metalúrgico de flotación, muestra de Zamora (Jzgd) .....	44
Tabla 3.21 Balance metalúrgico de flotación de limpieza, muestra de Zamora (Jzgd) ..	45
Tabla 3.22 Balance metalúrgico de flotación, muestra de Pórfido (Jefp).....	47
Tabla 3.23 Balance metalúrgico de flotación de limpieza, muestra de Pórfido (Jefp)....	48
Tabla 3.24 Balance metalúrgico de flotación, muestra de Brecha de Zamora Brmn (Jzgd) .....	49
Tabla 3.25 Balance metalúrgico de flotación de limpieza, muestra de Brecha de Zamora Brmn (Jzgd).....	50

Tabla 3.26 Balance de flotación, muestra de Brecha de Pórfido Brmn (Jefp) .....	51
Tabla 3.27 Balance de flotación de limpieza, muestra de Brecha de Pórfido Brmn (Jefp) .....	52



## ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Zonas Mineralizadas
- PLANO 2 Mapa geológico de tajo de explotación

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La Mina Mirador Central y su planta de beneficio Mirador se sitúa en el denominado Cinturón de Cobre de Corriente (Corriente Resources Inc., 2007a), en la provincia de Zamora Chinchipe, en el flanco occidental de la Cordillera del Cóndor, al sureste de la república del Ecuador. Esta describe un sistema mesotermal tipo pórfido Cu-Au ± Ag ± Mo, (Drobe et al., 2013), considerado uno de los proyectos estratégicos más importantes de minería a gran escala.

La empresa Ecuacorriente S.A. (ECSA) se encuentra operada por la compañía China Railway Construction Copper Crown Investment Co., Ltd. Su inversión está a cargo de Tongling Nonferrous Metals Group Holdings Limited y China Railway Construction Corporation Limited (Ecuacorriente S.A, 2021). Esta suscribe un contrato de Explotación Minera con el Estado Ecuatoriano el 5 de marzo de 2012, a través del Ministerio de Recursos Naturales No Renovables (MERNNR, 2012). El 20 de mayo de 2019, ECSA, notificó al MERNNR, el inicio de su fase de explotación, a cielo o tajo abierto, la cual inició sus operaciones un 18 de julio de 2019.

El Proyecto Mirador presenta las características de un sistema de pórfido de Cobre del tipo “Calco-alcalino” (John et al., 2010). El cuerpo de mineral tiene la forma de un cilindro con una elongación en sentido N-S con un trazado de 1400m de largo y un ancho en sentido E-W de 1200m. La potencia se calcula en 500m y la cota del cuerpo mineralizado está entre los 1580 y 850 msnm.

Para la explotación de minerales metálicos en la mina, en primer lugar, se obtuvo la Licencia Ambiental mediante Resolución No.259, un 24 de febrero de 2012. Posteriormente, el 19 de julio de 2013, la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), otorga la autorización de uso y aprovechamiento de aguas, mediante el Informe DNA6-0020-2020 (MERNNR, 2013) del Río Wawayme y sus tributarios, ubicados en la parroquia Tundayme, cantón El Pangui.

La proyección de explotación en este proyecto se estima en 60.000 ton/día durante 330 días/año, a fin de llegar a un volumen anual de explotación cercano a los 20'000.000 ton, con una vida útil del yacimiento de casi 30 años.

A partir del 18 de julio del 2019, se iniciaron las pruebas de la planta de beneficio, con una línea de producción, llegando a procesar 3'072.476 de toneladas de mena hasta el 31 diciembre del 2019. Para el primer semestre del 2021, en marzo, la planta de beneficio procesó 11.3 millones de toneladas acumuladas (Banco Central del Ecuador, 2021). A partir del mes de agosto de 2021, la planta se encuentra operando con dos líneas de producción, llegando al objetivo de producir 60.000 ton/día.

### **1.1 Descripción del problema**

La Mina Mirador Central, corresponde a un yacimiento mineral característico de un sistema de pórfido de Cobre (Cu). La necesidad de comprender la complejidad mineral en las zonas mineralizadas, junto con su respectivo análisis, es vital para la optimización mineralógica y metalúrgica.

La zona inicial de explotación a cielo abierto de Mirador se encuentra sobre una zona o capa mixta y secundaria de mineral no primario de Cu. Esta presenta una mineralización de óxido de cobre que es relativamente alto y una litología con alto contenido de caolinización y material arcilloso, dando como resultado una recuperación mineral muy baja y relativamente difícil de procesar en sus primeros años de explotación.

### **1.2 Justificación del problema**

La identificación y proceso de extracción de minerales de Cu, Au y Ag, toman parte fundamental en la recuperación mineral y desarrollo de la Mina. El beneficio de minerales y la caracterización mineralógica juegan un papel importante en la recuperación mineral hacia su concentración. La interacción mena vs ganga, la presencia de minerales secundarios y su grado de liberación, toman mucho interés en el proceso de recuperación.

La creciente y reciente innovación tecnológica en la industria minera ecuatoriana a gran escala amerita la búsqueda y el aprovechamiento en la recuperación de minerales. Esta información se prevé sirva como base para futuras investigaciones y proyectos que se realicen en la mina Mirador.

Por consiguiente, este trabajo plantea proporcionar información referente a un estudio mineralógico, cuantificando el grado de liberación y haciendo uso de las distintas técnicas de caracterización, que ayudarán a completar y facilitar el conocimiento geológico, así como mejorar el procesamiento mineral en la Mina.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar el grado de liberación de las especies minerales del yacimiento pórfido cuprífero de cobre-oro-molibdeno de la mina Mirador para el mejoramiento de la recuperación del mineral de interés, mediante la caracterización de las diferentes asociaciones mineralógicas presente en el yacimiento.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos de este proyecto de investigación son:

1. Caracterizar las distintas asociaciones mineralógicas de los minerales presentes en el yacimiento, mediante el logueo geológico-mineralógico, Difracción de Rayos X, observación macroscópica y microscopía.
2. Analizar secciones pulidas de minerales opacos para la descripción de la composición mineral.
3. Realizar tres pruebas de molienda, para obtener los mejores parámetros de molienda y un mejor grado de liberación de partículas minerales.

### **1.4 Marco Teórico**

#### **1.4.1 Ubicación Geográfica**

La Mina Mirador, forma parte del denominado “Cinturón de Cobre de Corriente”, Figura 1.1. Comprende la concesión minera “MIRADOR 1 ACUMULADA”, Titular minero: ECUACORRIENTE S.A. (ECSA). Está ubicada al sureste del

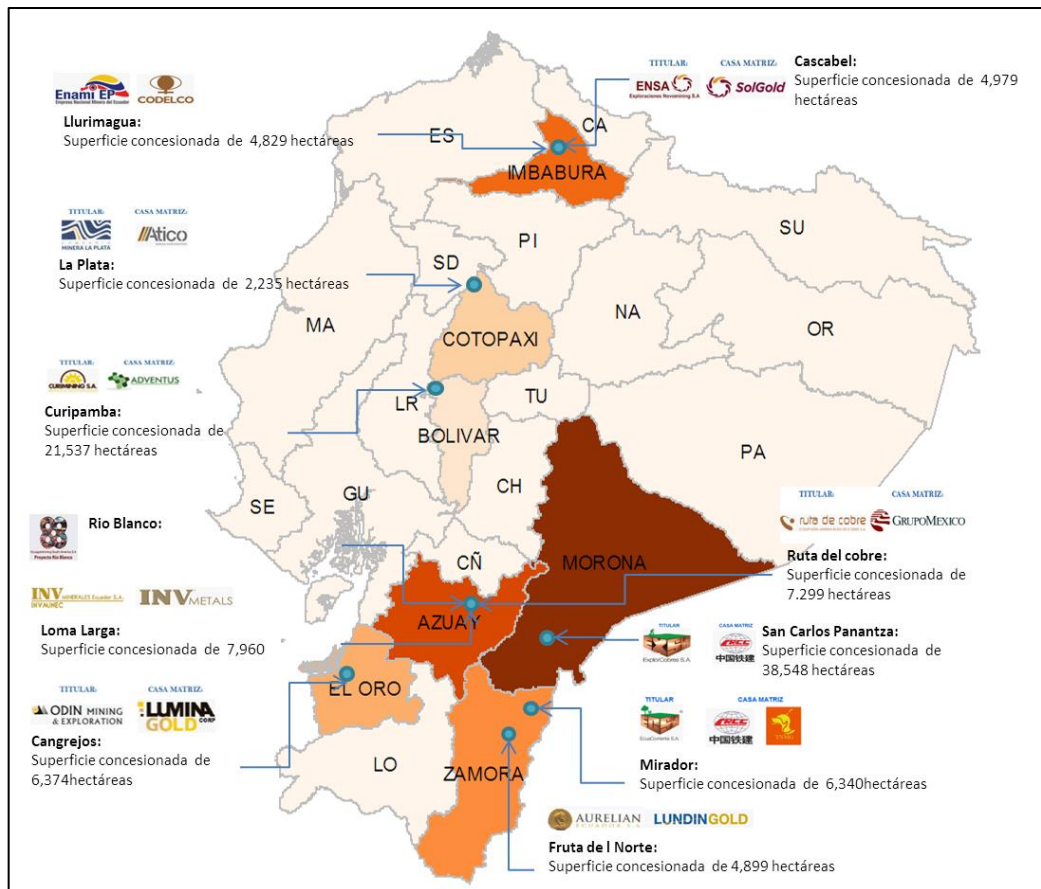
Ecuador, en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón El Panguí, parroquia Tundayme, con aproximadamente 2.985 Hectáreas de cobertura, situada a las afuera del poblado de Tundayme (~ 6 km), al este; cercano a la frontera con el Perú.

Geográficamente, la mina Mirador se sitúa en el corazón de la “Cordillera del Condor” una cadena montañosa al oriente de la cordillera de los Andes, distribuida entre Ecuador y Perú.



**Figura 1.1 Concesión minera, proyecto Mirador 1 Acumulada (Drobe, 2007; Ecuacorriente S.A, 2019)**

Mirador corresponde a la primera generación de proyectos estratégicos a gran escala desarrollados en territorio Ecuatoriano (Banco Central del Ecuador, 2021), Figura 1.2. Describe una importante mineralización de pórfido de Cu y de Au de origen epitermal. Forma parte del “Cinturón Zamora Cu-Au” (Drobe et al., 2013) antes denominado como “Cinturón de Cu el Panguí” (Gendall et al., 1995) Figura 1.3, caracterizado por anomalías de cobre y molibdeno, asociado con stocks de pórfidos cupríferos compuesto de granodiorita a monzogranito (Gendall et al., 1995; Prodeminca, 2000).



**Figura 1.2 Proyectos Estratégicos de minería en el Ecuador (Banco Central del Ecuador, 2021)**

El cinturón de Zamora Cu-Au, abarca la mineralización de pórfido Cu-Mo-Au de los depósitos más al norte en Panantza-San Carlos, al sur El Hito. y los depósitos de pórfido de Cu-Mo y Cu-Au de Santa Bárbara, estableciendo así un cinturón metalogénico del Jurásico Tardío dentro de Ecuador. El cinturón continúa hacia el sur en Perú en la Cordillera del Cóndor durante al menos otros 10 km al sureste de El Hito. El cinturón tiene aproximadamente 30 km de ancho en dirección este-oeste, incluido el depósito Warintza Cu-Mo, en el límite más oriental y el distrito de Nambija, Au skarn en el límite occidental (Drobe et al., 2013).

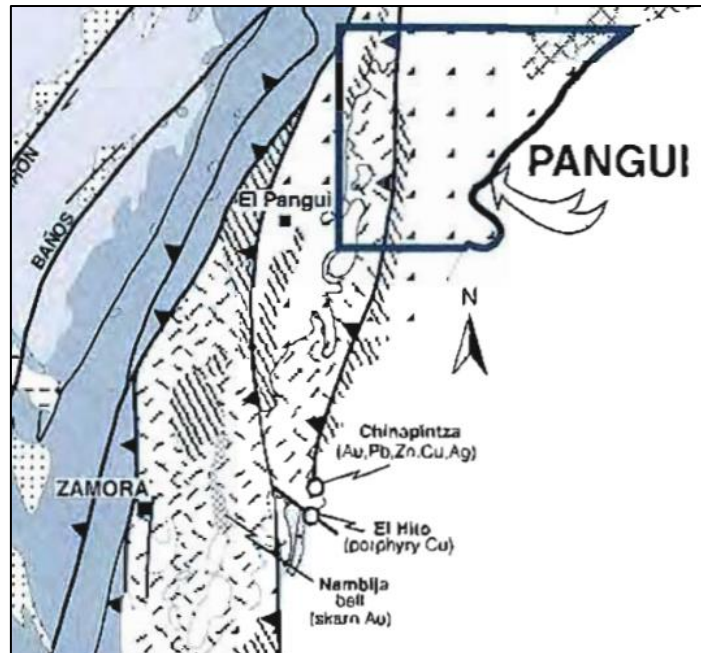


Figura 1.3 Cinturón de Cu el Panguí (Gendall et al., 2000)

#### 1.4.2 Vía de acceso

El acceso desde Quito, la capital de Ecuador, se puede realizar tanto por carretera o en combinación de transporte aéreo y terrestre, Figura 1.1. Se ofertan servicios aéreos desde Quito a Cuenca y Catamayo, ciudades al noroeste y suroeste de la mina Mirador respectivamente. Desde estos centros se pueden continuar por vía terrestre o solicitar un vuelo en aeronave a el aeródromo Gualaquiza, poblado relativamente cercano a la mina.

El acceso por la Costa, desde el puerto marítimo más cercano, Autoridad Portuaria de Puerto Bolívar (APPB) Figura 1.4, aproximadamente a unos 398 km, se realiza a través de sus ejes viales que cruza la zona 7 del Ecuador (zonas de planificación; El Oro, Loja, Zamora Chinchipe), donde se transportan los concentrados de cobre desde la mina hacia el exterior (mercados internacionales).



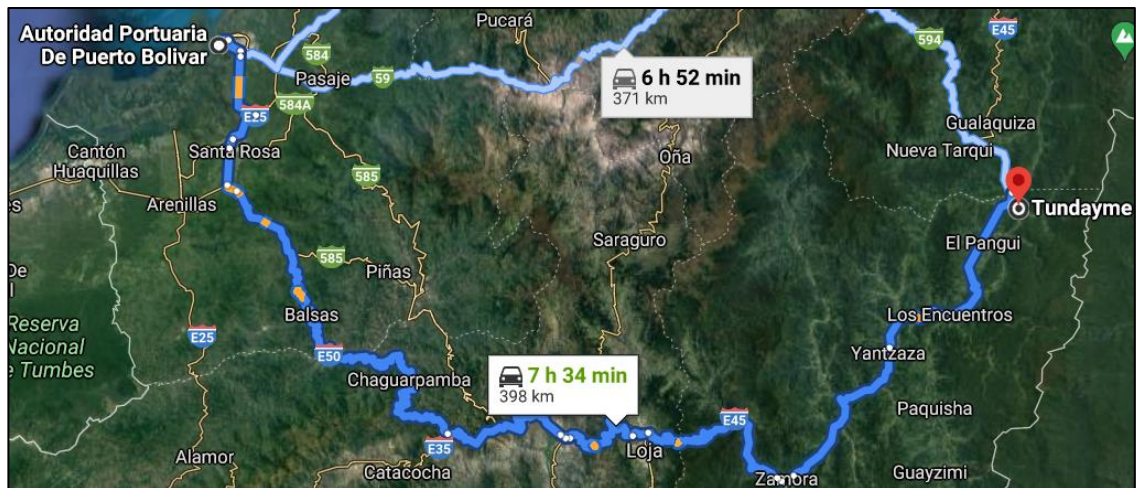


Figura 1.4 Acceso desde APPB a Tundayme (Google Maps, 2021)

### 1.4.3 Climatología

Tundayme se encuentra aproximadamente a 780 m s. n. m. (metros sobre el nivel del mar). Tiene un clima de cálido a templado, su precipitación es considerable, aun durante los meses más seco Figura 1.5. El clima está catalogado como Cfb (templado húmedo de montaña) acorde a la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura media se sitúa a 19.1 °C y la precipitación a 2189 mm (Climate-Data, 2021).

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	19.5	19.5	19.5	19.4	19	18.2	17.9	18.4	19	19.5	19.9	19.6
Temperatura mín. (°C)	16.7	16.8	16.7	16.7	16.4	15.7	15.2	15	15.3	15.9	16.5	16.7
Temperatura máx. (°C)	23.4	23.5	23.5	23.2	22.7	21.4	21.3	22.4	23.5	24.1	24.3	23.6
Precipitación (mm)	197	221	238	211	185	192	178	116	112	152	180	207
Humedad(%)	87%	88%	88%	88%	89%	89%	88%	85%	84%	86%	87%	88%
Días lluviosos (días)	20	19	21	19	18	18	17	14	15	18	19	20

Figura 1.5 Clima de Tundayme (Climate-Data, 2021)

### 1.4.4 Hidrografía

La mina Mirador se encuentra entre los ríos Wawayme y Tundayme. El río Tundayme nace en la zona de frontera entre Ecuador y Perú, fluye de sureste a noroeste. Éste es el río tributario con más aporte al río Quimi, el cual es afluente del río Zamora, que corre de sur a norte; y, corresponde al principal afluente en la cordillera del Cóndor.



## 1.4.5 Geología

### 1.4.5.1 Geología Local

En base a los estudios realizados por la empresa minera Ecuacorriente (Corriente Resources Inc., 2007b; Drobe et al., 2008, 2013; Ecuacorriente S.A, 2019; Lavigne, 2011) en la interpretación de pozos, mapeo de quebradas, caminos, accesos existentes, y con el mapeo e interpretación de afloramientos en las diferentes secciones, se ha determinado la existencia de unidades geológicas de la mina Mirador, que se aprecian en la Figura 1.6.

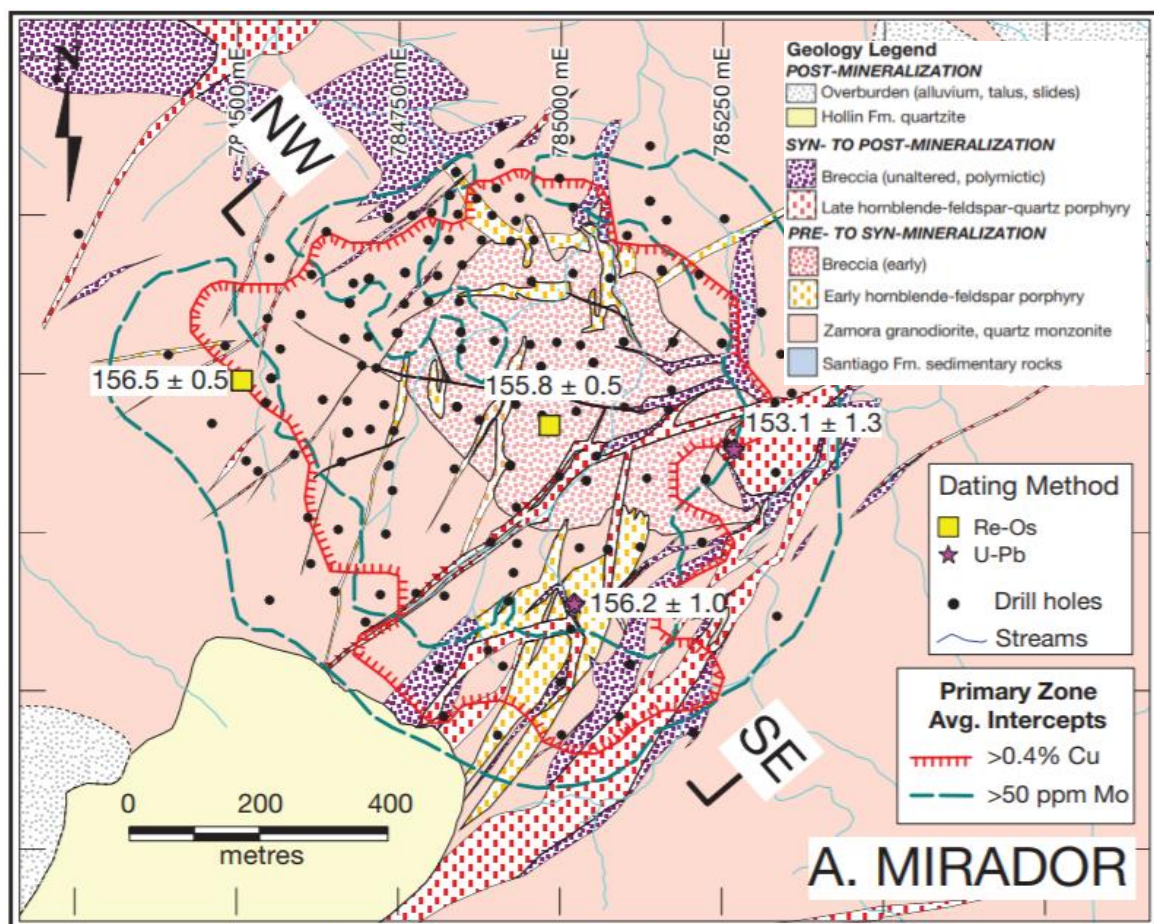


Figura 1.6 Geología del proyecto Minero Mirador (Drobe et al., 2013)

**Unidad Zamora (Jzgd):** Esta unidad representa la roca plutónica del batolito de Zamora. Comprende un complejo intrusivo que varía de granito a granodiorita de textura equigranular, la cual constituye la roca de caja en el yacimiento Mirador. Su edad reportada a partir de circón U-Pb es de  $163,8 \pm 1,9$  Ma (Drobe et al., 2013). Se ubica entre el final del Jurásico medio e inicio del Jurásico superior.

**Pórfidos (Dioríticos) Tempranos a Intramineral (Jefp):** Esta unidad intruye a la unidad Zamora. Corresponde a diques de feldespato-hornblenda y pórfidos dacitos a dioríticos, los cuales están clasificados como “pórfidos tempranos” debido a su incidencia en el origen de la mineralización de Cu-Au y la alteración potásica presente. Su edad reportada a partir de Pb-U es de  $156.2 \pm 1.0$  Ma (Drobe et al., 2013), en el Jurásico superior.

**Brechas Hidrotermales Mineralizadas (Brmn):** Se ubica en la parte central del sistema magmato-hidrotermal de Mirador con una ligera elongación de sentido NW-SE. Sus clastos y bloques pertenecen tanto a la Unidad Zamora (Jzgd), como al Pórfido Diorítico temprano (Jefp), con aportes de silicio de fluidos de brechación en la matriz. Durante el desarrollo de ésta brechación tuvo lugar un segundo evento de mineralización de sulfuros rellenando espacios vacíos entre los clastos de la brecha.

**Aplita, leucogranito (Jzlg):** Se muestra en forma de diques de leucogranito que aflora en superficie. Su presencia en la mina Mirador es escasa y se limita a una facie muy diferenciada.

**Porfidos Tardios-Postmineral (Jhbp):** Se presentan en su mayoría hacia el Este y Sur del depósito con una orientación NE – SW. Presentan una variación desde cuarzodiorita con hornblenda hasta cuarzomonzonita y riodacita. Son cuerpos tardíos y posteriores a los eventos mineralización, marcando el cierre de la actividad hidrotermal e inicio de la magmática. Su edad reportada a partir de Pb-U es de  $153.1 \pm 1.3$  Ma (Drobe et al., 2013), en el Jurásico superior final.

**Brechas Intrusivas Tardías - Pebble Dikes (Brpm):** Están relacionadas a un evento post-mineral, freatomagmático. Cortan todas las litologías existentes y puede haber hasta tres sub-zonas de este tipo de brechas, dependiendo de la naturaleza de los clastos que la constituyan; y, de las características de la matriz, que en general es polvo de roca. Pueden variar desde polimícticas que incluyen clastos de basamento y del batolito de Zamora, hasta monomíctica con dominio de clastos provenientes de los pórfidos más diferenciados y tardíos.

**Brechas Tectónicas (Brtc):** Corresponde a brechas de falla pulverizada (harina) en zonas de falla subverticales, las cuales generalmente limitan diques y brechas tardías. Estas fallas se presentan con clastos angulosos a subredondeados de roca triturada en matriz de polvo de roca. Puede incluir planos de cizalla y salbanda.

**Sobrecarga (Overburden) – Depósitos Cuaternarios (Ovbd):** Corresponde al material superficial en la apertura de la mina Mirador, encontrado a lo largo de los valles o cubriendo las pendientes inestables de las quebradas aledañas. Su espesor varía de pocos a varios metros en el desarrollo de la mina a cielo abierto.

#### 1.4.6 Reservas Mineras

##### 1.4.6.1 Categorización

En base a los estudios de estimación de recursos mineros realizados por la consultora China ENFI Engineering Corp. (ver Tabla 1.1). la empresa minera Ecuacorriente S.A antes del inicio de sus actividades de producción de mina, contó con los siguientes recursos mineros:

**Tabla 1.1 Recursos del yacimiento de la mina Mirador**

Recurso	Cantidad de recurso (Mt)	Cu %	Au (g/t)	Ag (g/t)	Mo%	Cu cantidad (kt)
Medido	174.9	0.59	0.196	1.6	0.0049	1032
Indicado	482.8	0.51	0.161	1.34	0.0063	2462
Medido más indicados	657.8	0.53	0.17	1.41	0.0059	3486
Inferido	148.9	0.47	0.118	1.22	0.008	700
<b>Total</b>	<b>806.7</b>	<b>0.52</b>	<b>0.161</b>	<b>1.37</b>	<b>0.0063</b>	<b>4195</b>

#### 1.4.7 Diseño de la planta

El diseño de la planta Mirador realizado por la empresa ENFI Engineering Corp., y construido por la empresa China 15, cuenta con dos líneas de producción con capacidad de 60.000 ton/día. Además, posee uno de los primeros sistemas de automatización más modernos del Ecuador. A continuación, se detalla abreviadamente:

### 1.4.7.1 Mineralúrgico

Una trituración primaria (ver Figura 1.7). El material que pase los 300 mm será transportado hasta la planta; caso contrario, será enviado a una re trituración (secundaria).

La mena mineral triturada será molida en dos etapas para obtener un producto competente para la flotación:

- I. La primera etapa será a través del molino SAG.
- II. La segunda etapa por un molino de bolas (con 30% de bolas de acero).

### 1.4.7.2 Metalúrgico

Integrado por tres circuitos de flotación (ver Figura 1.7):

- I. El primer circuito para gruesos con 11 celdas, un nido de hidrociclones y un molino vertical.
- II. Un segundo circuito de flotación vertical con siete columnas de flotación.
- III. Un tercer circuito de flotación contará con cuatro celdas.

Asimismo, se instaló un molino vertical para la remolienda de mineral grueso. Se estima los cálculos metalúrgicos de la planta de beneficio para evaluar técnica y económicamente el proceso de concentración por flotación.

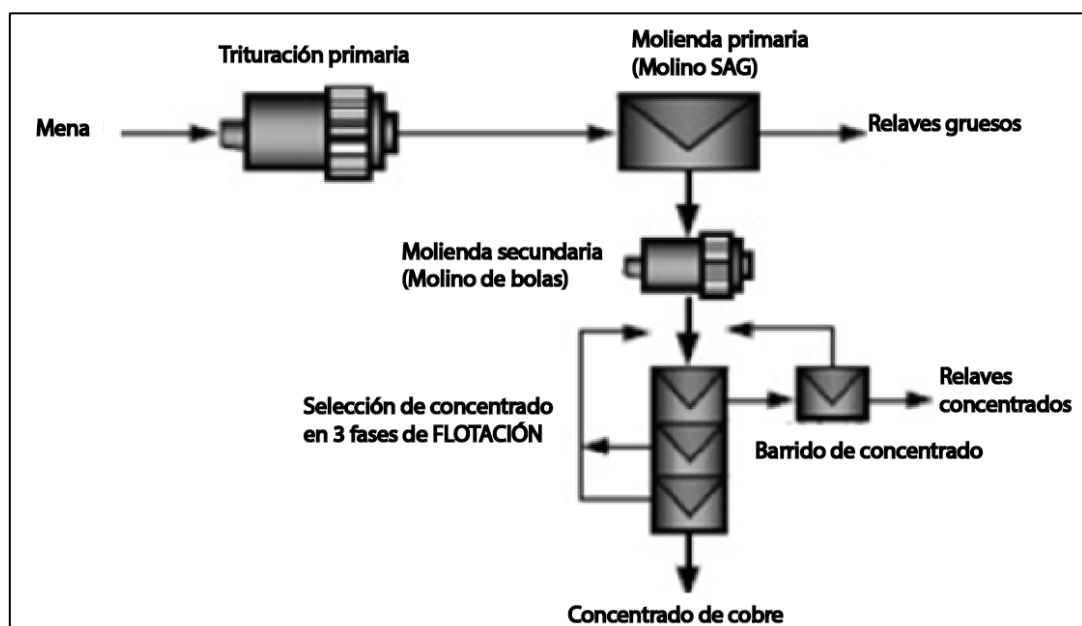


Figura 1.7 Diseño Simplificado de la planta Mirador, otorgado por el departamento de producción y tecnología de Ecuacorriente S.A.

**Ley cabeza:** 0.79%

**Ley de corte:** 0.3%

**Ley de concentrado de Cu:** 25.93%

**Ley promedio (%):** Cu: 0.53; Au: 0.17; Ag: 1.41

**Nota:** valores <0.3%Cu no constituyen un valor económico, por lo que son enviadas a la escombrera, conjuntamente con rocas estériles durante la etapa de explotación.

#### 1.4.8 Grado de liberación de partículas

##### 1.4.8.1 Liberación mineral

Consiste en la separación de un tipo de partícula de las otras (Drzymala, 2007). En la reducción de tamaño, también denominada “Conminución”, la Liberación tiene como objetivo obtener partículas de mineral puro (ver Figura 1.8), de modo que el mineral valioso pueda ser separado de la ganga (Metso Process Technology, 2014).



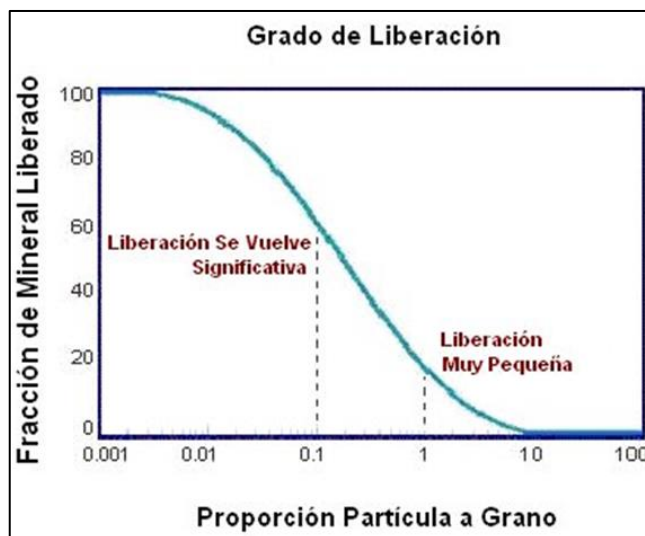
Figura 1.8 Liberación mineral (Metso Process Technology, 2014).

##### 1.4.8.2 Grado de Liberación

Es la recuperación útil de partículas libres de un componente particular en un producto virtual de partículas liberadas (Drzymala, 2007). Está dada por la siguiente expresión (ver ecuación **Error! Reference source not found.**)

$$\text{Grado de liberación} = \frac{\text{masa o fracción de partículas libres del componente considerado}}{\text{masa o fracción del componente considerado en la alimentación.}} * 100 \% \quad (1.1)$$

Se refiere al porcentaje de partículas libres de mineral puro con respecto a la cantidad total de ese mineral presente en la mena, Figura 1.9. Este depende del tamaño de las partículas comparado con el tamaño de los granos (Metso Process Technology, 2014).



**Figura 1.9 Grado de liberación (Metso Process Technology, 2014)**

Las proporciones altas de tamaño de partícula/tamaño de grano proporcionan una liberación pobre, lo que indica que hay demasiados granos de diferentes minerales en una sola partícula. Las proporciones bajas de tamaño de partícula/tamaño de grano sugieren una buena liberación, es decir pocos granos en una sola partícula (Metso Process Technology, 2014).

#### 1.4.9 Difracción de rayos X (DRX)

La difracción de rayos X es el método de análisis en el que un haz de rayos X de longitud de onda conocida se dirige a un cristal y el haz se difracta mediante reflejos en planos de átomos en el cristal. Al registrar las posiciones angulares de los haces difractados, el espacio entre planos atómicos se puede determinar de acuerdo con la ecuación de Bragg, ecuación (1.2).

$$\eta\lambda = 2d * \text{sen}(\theta) \quad (1.2)$$

El procedimiento se repite para varias direcciones en el cristal y se establece un modelo de su estructura interna (Allaby, 2013).

En este caso la Figura 1.10, un haz angosto de radiación choca contra la superficie del cristal a un ángulo  $\theta$ ; la difusión tiene lugar como consecuencia de la interacción de la radiación con los átomos localizados en O, P y R, si la distancia:

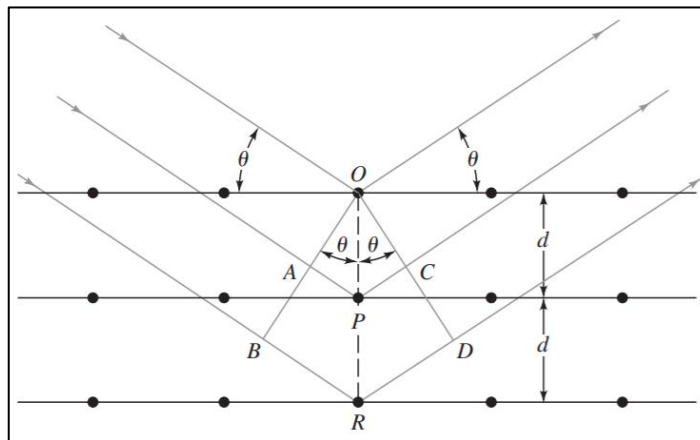
$$AP + PC = n\lambda \quad (1.3)$$

Donde: n es un número entero.

La radiación difundida en esta fase OCD, y el cristal parecerá reflejar la radiación X, entonces:

$$AP = PC = d \operatorname{sen} \theta \quad (1.4)$$

Donde: d es la distancia interplanar del cristal (Skoog, 2008).



**Figura 1.10 Difracción de rayos X por medio de un cristal (Skoog, 2008).**

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en la realización del trabajo de investigación, Figura 2.1, de este proyecto de Tesis involucró los siguientes procesos: Recolección de muestras, Caracterización mineralógica, Análisis de secciones pulidas, Ensayos de molienda y análisis granulométrico, Análisis de grado de liberación de partículas.

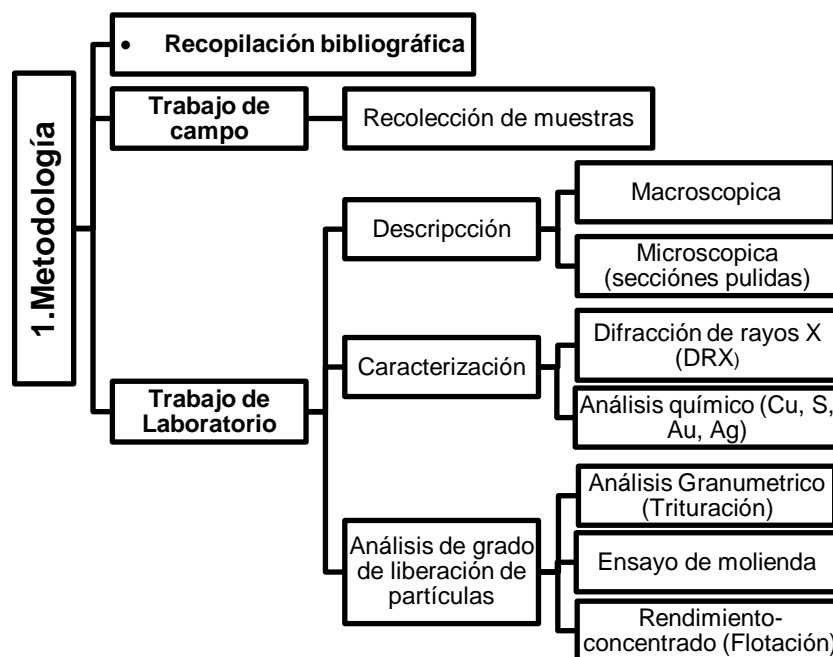


Figura 2.1 Metodología de trabajo

### 2.1 Recopilación bibliográfica

Esta fase consistió en obtener una recopilación teórica de documentos como: informes técnicos, artículos científicos (papers) y tesis relacionadas con: recolección de muestras en mina y planta; caracterización mineralógica; análisis de secciones pulida; Análisis del grado de liberación de partículas, así como reportes técnicos: como informes de producción de la Mina Mirador.



## 2.2 Trabajo de campo

### 2.2.1 Recolección de muestras

La metodología utilizada en la realización del trabajo de investigación, Figura 2.2, de este proyecto de Tesis involucró los siguientes procesos: Recolección de muestras, Caracterización mineralógica, Análisis de secciones pulidas, Ensayos de molienda y análisis granulométrico, Análisis de grado de liberación de partículas



**Figura 2.2 Recolección de muestras**

### 2.2.2 Trituración primaria y secundaria

Las muestras de rocas mineralizadas luego de la voladura presentan un diámetro de 30cm, por lo que fue necesario con un martillo reducir su diámetro aproximado de 10cm. Posteriormente se envió a una trituradora primaria que se redujo a 2cm.

Finalmente, una trituración secundaria con el propósito de reducir al máximo, las partículas se redujeron de 2cm a 0.5cm (ver Figura 2.3).



**Figura 2.3 Reduccion de tamaño partículas (trituration primaria y secundaria)**

### **2.2.3 Corte de rocas y obtención de su peso específico**

Se realizó el corte de las rocas para ser enviadas y realizar su respectivo análisis y cálculo del peso específico (ver Figura 2.4). Las muestras de rocas fueron secadas, se pesó en seco en una balanza electrónica, luego se coloca parafina para sellar la porosidad de la roca, finalmente se pesó en el agua, de esta manera se obtuvo el peso específico de las rocas mineralizadas.



**Figura 2.4 Corte de rocas y cálculo de peso específico**

## 2.3 Trabajo de laboratorio

En esta etapa se analizaron las diferentes muestras tomadas, con el fin de determinar la composición mineralógica, describir sus propiedades y valorar el porcentaje de cada una de estas, los siguientes análisis fueron sometidos a los protocolos de laboratorio de Ecuacorriente S.A.

### 2.3.1 Cuarteo de muestras de rocas mineralizadas para análisis

- Se homogeniza la muestra con una cuchara de muestra
- Se pesa la muestra total
- Se deja pasar por el cuarteador (ver Figura 2.5), se recoge de las dos bandejas en forma alternada, primero de la izquierda, segunda maniobra se recoge de la derecha así sucesivamente hasta que se deje de 600gr a 900gr.
- De esta fracción de muestras se pesa 150 gramos y se envía a un pulverizador de muestras por un tiempo programado de 60seg.
- De la muestra pulverizada se envió 100g, para difracción de rayos X, la cantidad restante se deja para análisis de Cu, Ag, Au, S.

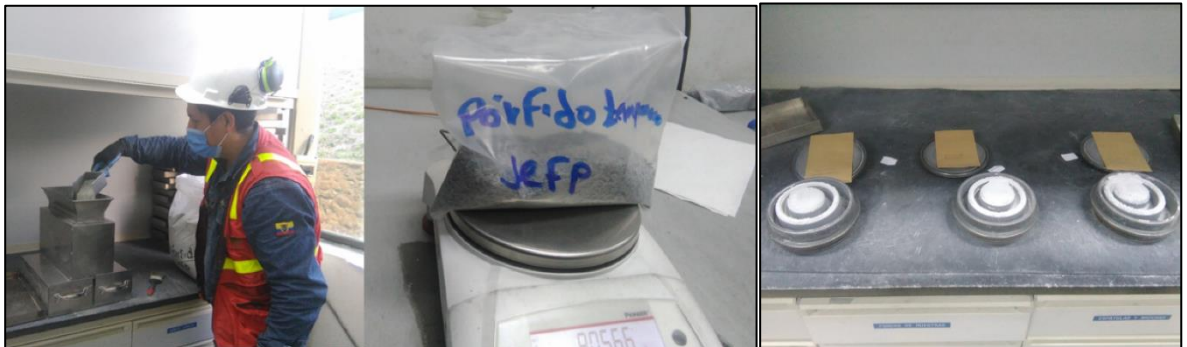


Figura 2.5 Cuarteo y pulverización de muestras mineralizadas

### 2.3.2 Técnicas de caracterización

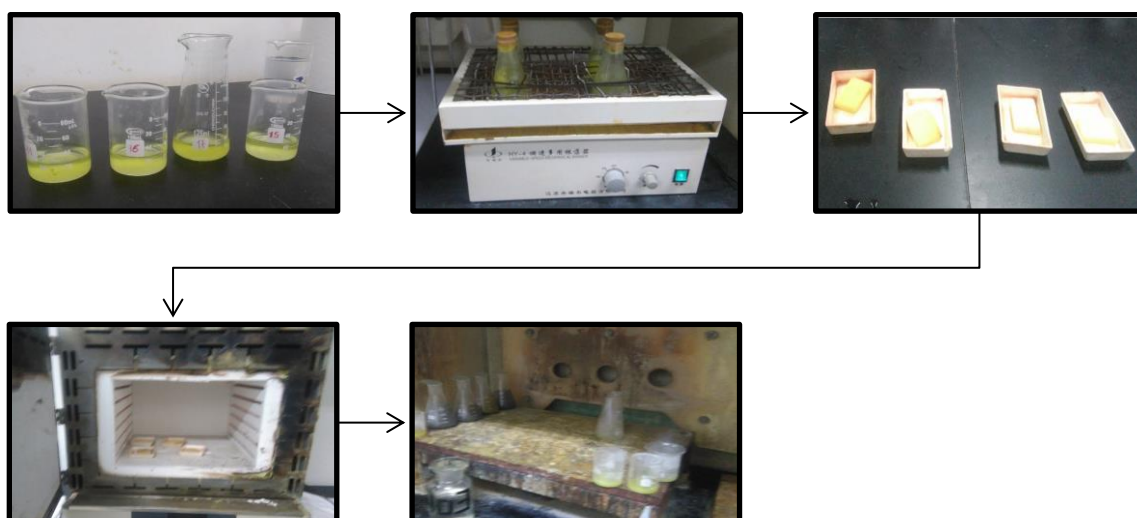
Los métodos para el análisis de muestras requieren una de buena exactitud y precisión, para el caso de este estudio, la ESPOL cuenta con equipos de DRX, los cuales fueron utilizados para el análisis de las muestras tomadas durante la “Recolección de muestras”.

A continuación, se describe el principio de funcionamiento de las técnicas usadas para el análisis químico y mineralógico:

### **2.3.2.1 Análisis químico de cabeza (Cu, S, Au, Ag)**

Esta técnica tiene la intención de establecer el contenido de Cu, S, Au y Ag de las muestras mineralizadas, para esto, se procedió a la investigación por distintos métodos de acuerdo al elemento, el procedimiento se encuentra descrito en la sección de “Apéndices” como el APÉNDICE A del actual trabajo, los análisis descritos son:

- 
- Análisis de contenido de Cobre por el método de digestión **total**.
- Análisis De Contenido de Azufre por el Método De Titulación.
- Análisis para contenido de Oro por el método de absorción atómica
- Análisis para contenido de Plata por el método de absorción atómica



**Figura 2.6 Análisis químico de las muestras mineralizadas**

### **2.3.2.2 Difracción de rayos X (DRX)**

Mediante un software y una base de datos de patrones de difracción de distintas sustancias cristalinas puras (incluido los minerales), se realizó un análisis de las principales fases minerales que contienen las muestras recolectadas.



El método aplicado fue por “Fases cristalinas”, permite determinar y cuantificar la estructura cristalinas de los diferentes materiales, tales como: cerámicos, metales y polímeros semicristalino etc... La ESPOL cuenta con un difractor de rayos X (ver Figura 2.7 ), modelo X'Pert Pro, de la marca PANalytical.



**Figura 2.7 Equipo de difracción de rayos X de la ESPOL**

En el ensayo se utilizó 1 g de muestra, 90% en peso de muestra mineralizada y 10% en peso de Cincita ZnO (patrón interno que permite el análisis cuantitativo de las fases cristalinas), se homogenizó la muestra para luego ser colocadas dentro del porta muestra del equipo (ver figura Figura 2.8).



**Figura 2.8 Muestra en el porta objeto y Cincita (como patrón al 10%)**

Las condiciones de operación fueron de 45 kV y 30 mA, con un paso de  $0.05^\circ$ , 20 s de tiempo de escaneo por paso, con abertura de 1/4 mm en el incidente y máscara de 10 mm, entre los ángulos  $5^\circ$ - $90^\circ$  ( $2\theta$ ).

Los difractogramas se analizaron y se cuantificaron con el software X'pert HighScore Plus, Versión 2.2.3.

### 2.3.3 Análisis de secciones pulidas.

Se procedió a la descripción mineral y elaboración de secciones pulidas. La metodología descrita por Castro Dorado (2015) corresponde al proceso estándar en el desarrollo de las secciones pulidas (ver figura Figura 2.9).

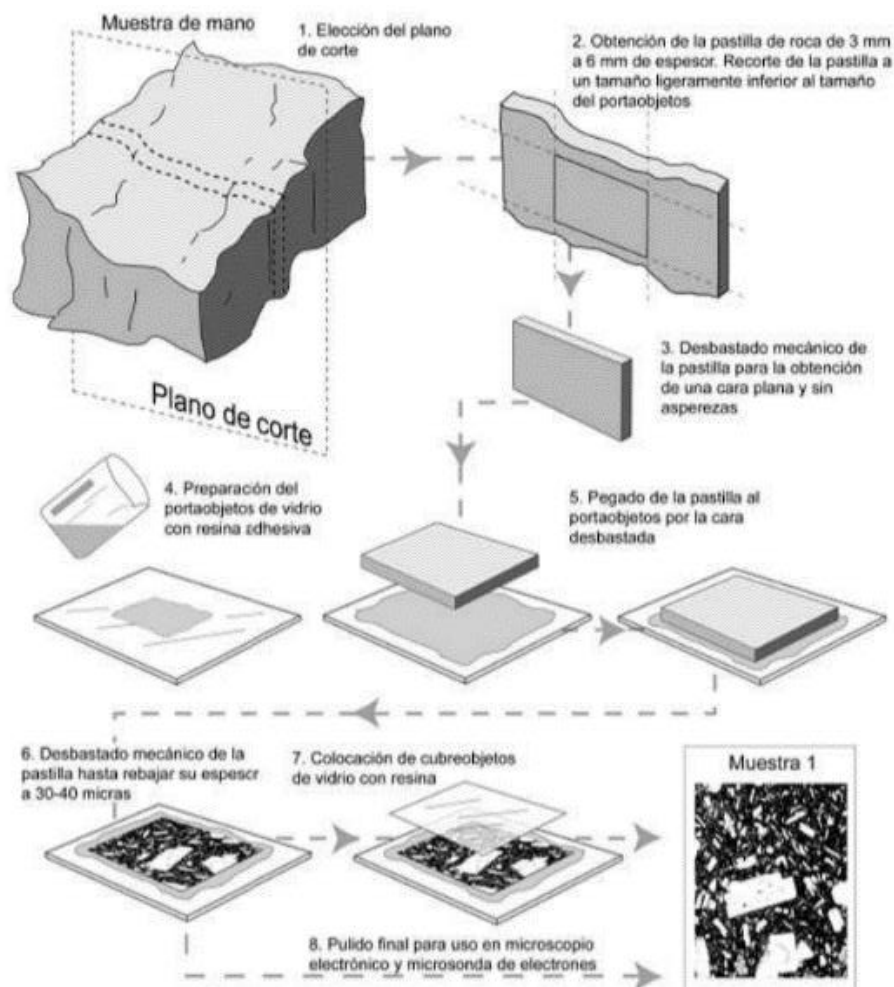


Figura 2.9 Proceso de elaboración de secciones pulidas (Castro Dorado, 2015)

### 2.3.4 Análisis de grado de liberación de partículas

#### 2.3.4.1 Análisis granulométrico

Para evaluar la eficiencia en las operaciones de planta en cuanto al tamaño de las partículas, es preciso llevar a cabo un análisis granulométrico, realizada la

trituration secundaria de las muestras mineralizada, se tom6 una muestra de 1000 gramos de cada litologfa (ver Tabla 2.1), se dej6 pasar por diferentes tamices, calculando el porcentaje del total para cada tamiz, para finalmente conseguir una distribuci6n acumulada; es decir la curva granulom6trica de cada muestra, en base a los datos obtenidos se realiz6 la curva del coeficiente de partici6n, 6til para determinar el D<sub>50</sub>.

**Tabla 2.1 Datos granulom6tricos**

ENSAYOS GRANULOM6TRICOS DE LA TRITURACI6N SECUNDARIA						
No	Muestra	Mayor litologfa	Menor litologfa	Peso de la bandeja (g)	peso de la bandeja mas muestra (g)	Peso de la muestra (g)
1	Zamora	Jzgd		414.26	1415.79	1000
2	P6rfido Tempa	Jefp		413	1413	1000
3	brecha de Zamora	brmn	Jzgd	414.51	1414.54	1000
4	brecha de p6rfido	brmn	Jefp	414.28	1414.28	1000

#### **2.3.4.2 Ensayo de molienda**

En el ensayo de molienda (ver Figura 2.10) el equipo utilizado fue el molino de bolas XMQ Conical Ball Mill (especificaciones, ver Tabla 2.2), para determinar los tiempos de molienda en las muestras mineralizadas fue necesario aplicar moliendas a 2 a 4 y 6 minutos.



Figura 2.10 Muestra de molino de bolas

Especificación de cono de laboratorio Molino:

Tabla 2.2 Molino de bola de cono XMQ Miller (especificaciones)

Especificaciones técnicas			
Modelo	XMQ Conical Ball Mill (XMQ 240 × 90)		
Capacidad interna	7000ml		
Tamaño de alimentación (mm)	< 3		
Tamaño de salida (micras)	de 74 a 20		
Potencia del motor (kw)	0.55		
Carga de molienda	D(mm)	#	Peso(gr)
	28	15	1514.87
	23	68	3914.96
	17.5	136	3894.98
La dimensión (mm)	1052*640*1160		
Peso (kg)	170		
Vc, Velocidad rotacional (rpm)	57		
Origen	Jangxi, China (Mainland)		
Fuente	(Jinshibao, 2016)		

Figura 2.11 Molino de bolas



Para esto fue necesario seguir la siguiente secuencia:

- Se pesa 500gramos de muestra de la roca
- Se agrega 300ml de agua, esto nos da un 62.5% de sólidos, se coloca en el molino luego se deja moler por un tiempo regulado de 2, 4 y 6 minutos
- Una vez terminado la molienda se descarga el material del molino de bolas, se coloca en un filtro prensa para eliminar el agua, luego se coloca en el horno y se deja secar.
- El material molido se deja pasar por una malla #200 el material más grueso de malla #200 se pesa y elabora la curva granulométrica.

#### **2.3.4.3 Ensayo de flotación**

La flotación de las muestras mineralizadas se realizó tanto Primaria o Rougher y de Limpieza o Cleaner, se describe a continuación:

En la celda de flotación se agrega 500 g de sólido de una granulometría de 75 micrones (malla 200#), se adiciona 300 ml agua, se toma el pH inicial, se ajusta de ser necesario con cal, el pH se controla durante todo el proceso.

**Tabla 2.3 Parámetro de flotación mineral**

Parámetros técnicos de la celda de flotación		
Presión	180	PSI
Revoluciones	1812	Rpm

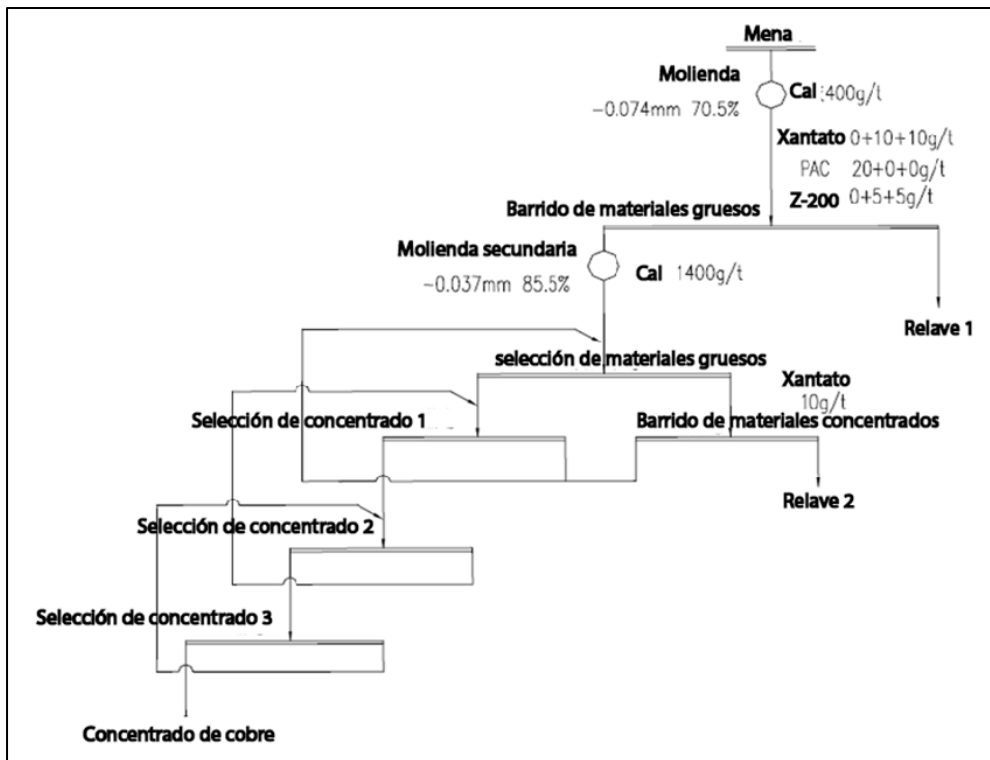


Figura 2.12 Esquema protocolo de flotación, otorgado por el laboratorio Ecuacorriente S.A.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Zonas de Mineralización

La distribución espacial y vertical de mineral de la mina Mirador Central, obedece estrictamente a condiciones físico-químicas supergenas y a los procesos de un sistema mesotermal (ver Plano 1), pudiendo se describir las distintas zonas:

#### 3.1.1 Zona lixiviada

Está representado por la Sobrecarga (Ovbd) en las litologías de la mina, corresponde a la zona superficial de suelo & material meteorizado arcillosa, contiene desde óxidos de hierro y magnesio hasta clastos angulosos a sub-angulosos de la roca circundante.

#### 3.1.2 Zona mixta

Corresponde a la zona de transición con presencia tanto de óxidos de hierro, sulfuros secundarios, poca presencia de sulfuros primarios y otros minerales de cobre (Clinoclasa).

#### 3.1.3 Zona de enriquecimiento supérgeno

Corresponde a la zona secundaria con presencia en mena mineral de Cu a la Calcosina ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) en clastos inmaduros asociados en calcosina-calcopirita-pirita, puede presentarse en forma granular o como pátinas sobre calcopirita.

#### 3.1.4 Zona Primaria

Corresponde a la zona de litología mineralizadas económicamente rentables (Ley de corte  $> 0.3\%$ ) en los distintos sectores de explotación. El mineral de mena principal es la calcopirita, diseminada y en micro vetillas como resultados de los eventos de mineralización en la intrusión hidrotermal emplazadas en las rocas presentes en la mina Mirador.

### 3.2 Caracterización de las muestras mineralizadas

De las observaciones realizadas in situ en campo y referencia bibliográfica, es preciso diferenciar las unidades geológicas (ver Plano 2) mineralizadas para su respectivo muestreo (ver Tabla 3.1).

**Tabla 3.1 Unidades litológicas (mineralizadas y no mineralizadas)**

Tipo de unidad litológica no mineralizadas	Código
Sobrecarga (desechos o despojos)	Ovbd
Brechas tectónicas	brtc
Brechas post mineralizadas	brpm
Unidades Mineralizadas	
Brecha (clastos de Jepp and Jzgd)	Brmn
Pórfido Temprano de feldespato y hornblenda	Jefp
Granodiorita a cuarzo-monzonita de Zamora	Jzgd
~ Aplita de Zamora, leucogranito	Jzlg
Unidades tardías a post-mineralización	
Brecha (inalterada, polimíctica)	Brpm
Pórfido tardío de hornblenda-feldespato-cuarzo	Jhbp
Otros (próximo a la mina Mirador)	
Rocas sedimentarias	Jmss
Rocas volcánicas	Jmvs

En la plataforma 1260 -1270 de explotación de la Mina Mirador, se procedió a realizar el muestreo de los cuatro tipos de rocas mineralizadas, en la Tabla 3.2 se muestra los puntos de muestreo.

- **Granodiorita a cuarzo-monzonita de Zamora (Jzgd);** contiene 2% de calcopirita, 1.5 % de pirita, trazas de molibdenita, presenta alteración potásica con “biotita secundaria”
- **Pórfido Temprano (Jefp);** esta roca contiene 1.5 % de pirita, 1.2% de calcopirita, presenta una alteración clorítica
- **Brecha mineralizada de granodiorita Zamora (brmn (Jzgd));** contiene 2 de pirita, 3% de calcopirita, tiene alteración potásica
- **Brecha mineralizada de pórfido temprana (brmn (Jefp));** contiene 3 a 4% de pirita, 2% de calcopirita, trazas de molibdenita, su alteración potásica, sílica, cuarzo-sericita.

**Tabla 3.2 Coordenadas de los puntos de muestreo**

Código	Este	Norte	
Jzgd	785002	9604201	<b>Sistema de coordenadas:</b> UTM <b>Zona:</b> 17 S <b>Datum:</b> P SAD 96
Jefp	784884	9604245	
brmn (Jzgd)	784881	9604193	
brmn (Jefp)	784902	9604211	

### 3.2.1 Unidad Zamora (Jzgd)

**Aspecto macroscópico:** Representa la roca basal en las intrusiones hipoabisales y la mineralización presente en el sistema mesotermal de pórfido de cobre de la mina Mirador, petrográficamente constituye una roca ígnea leucocrática granitoide de composición cuarzo-monzonita (ver Figura 3.1), tiene una textura fanerítica equigranular, de tamaño medio a fino, mineralógicamente está constituido por plagioclasas subhedral, feldespato potásico (alcalino), cuarzo, anfíboles y una menor cantidad de biotita secundaria. Como roca receptora en la mineralización está formando parte de la roca mena del yacimiento.

**Aspecto microscópico:** La muestra exhibe plagioclasas levemente alteradas con sericita y trazas de carbonatos, feldespato potásico en forma de agregado de cristal anhédrico entrelazados con cuarzo en una menor medida. En cuanto a los minerales maficos existe la presencia de biotita de grano fino levemente cloritizado y algunas motas de rutilo (ver Tabla 3.3). Los minerales de sulfuros consisten en pirita y calcopirita en porciones casi iguales diseminadas o segregadas en granos anhédricos de 20-200 micrones en tamaño, así mismo en menor cantidad trazas de pirrotina.

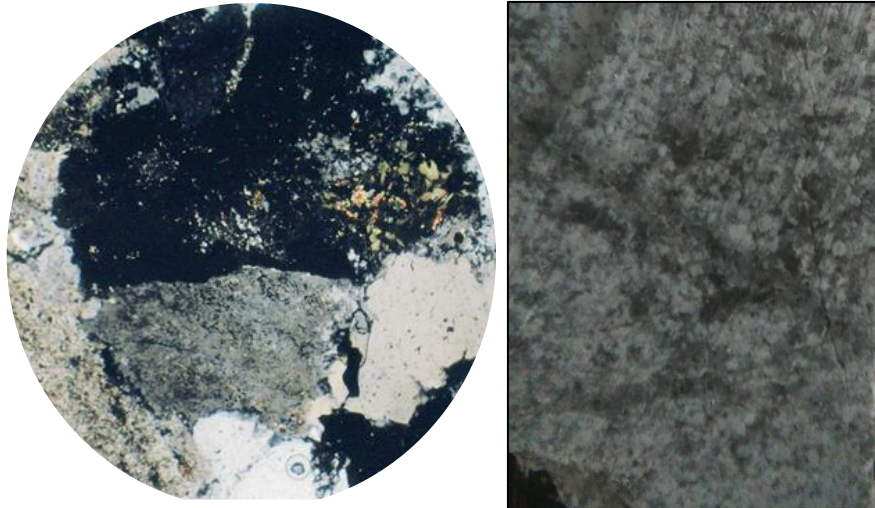


Figura 3.1 Cuarzo-monzonita, bajo luz transmitida (izquierda), roca (derecha).

Tabla 3.3 Porcentaje de minerales bajo el microscopio, Jzgd

Minerales	%	Diagrama Streckeisen o QAPF	
Plagioclasa	43		
Feldespato K	30		
Cuarzo	12		
Sericita	5		
Biotita	4		
Clorita	1		
Carbonato	1		
Rutilo	1		
Pirrotina	Traza		
Pirita	1.5		
Calcopirita	1.5		
			Diagrama Streckeisen o QAPF (Jakaité, 2020)

### Difracción de rayos X

La muestra Jzgd de 10 gr (con un patrón de Cincita ZnO al 10%) sometida a DRX presenta las siguientes estructuras cristalinas (ver Figura 3.2); 37.8% de Cuarzo (SiO<sub>2</sub>), 16.6 % de Feldespato potásico representado por Ortoclasa & Ortosa (KAISi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), 25.8 % de Plagioclasa sódica representada por Albita (NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), 6.5 % de Mica representada por Ilita (K, H<sub>3</sub>O)Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>AlO<sub>10</sub>(OH), minerales amorfos en un 7.5 %. Minerales de Cobre primario como Calcopirita (CuFeS<sub>2</sub>) al 2.4 % y secundario de la familia de los arseniatos la Clinoclasa (Cu<sub>3</sub>(AsO<sub>4</sub>)(OH)<sub>3</sub>) al 3.5 %.

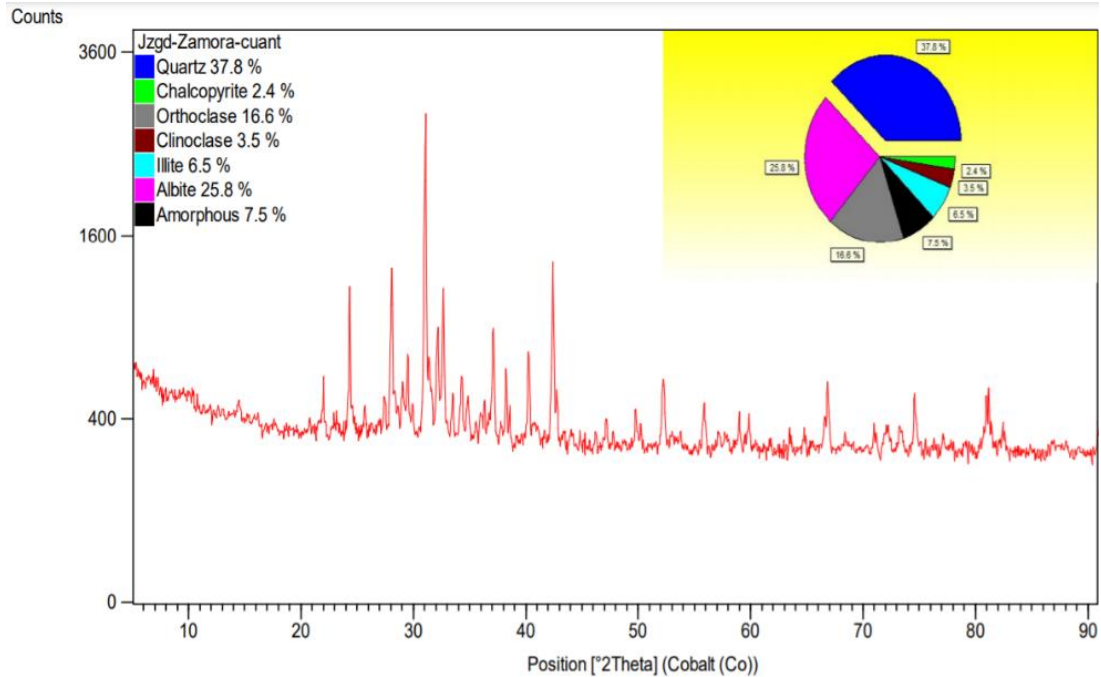


Figura 3.2 Difractograma, muestra de Zamora (Jzgd)

### 3.2.2 Pórfidos Tempranos a Intramineral (Jefp)

**Aspecto macroscópico:** Representa la intrusión hipoabisal y la mineralización presente en el sistema mesotermal de pórfido de cobre de la mina Mirador, petrográficamente constituye una roca ígnea de composición de Pórfido de cuarzo-monzonita (ver Figura 3.3), presentan fenocristales de hornblenda euhedrales hasta 1 centímetro de largo y plagioclasas muy abundantes en una masa fundamental afanítica de plagioclasas, feldespato potásico y cuarzo. Se consideran pórfidos con una proporción mayor de fenocristales sobre la matriz. Corresponde a roca mineralizada al ser asociada al evento de mineralización en el yacimiento.

**Aspecto microscópico:** La muestra (ver Figura 3.3 y Tabla 3.4) exhibe esencialmente fenocristales de plagioclasa sobre una matriz de feldespatos potásicos intercrecidos, además de plagioclasa y cuarzo microgranular, con motas intercrecidas de clorita, epidota y rutilo. Los sulfuros como la calcopirita en granos irregulares y pirita de entre 10 a 300 micrones de tamaño, se encuentran como subhedrales diseminados.



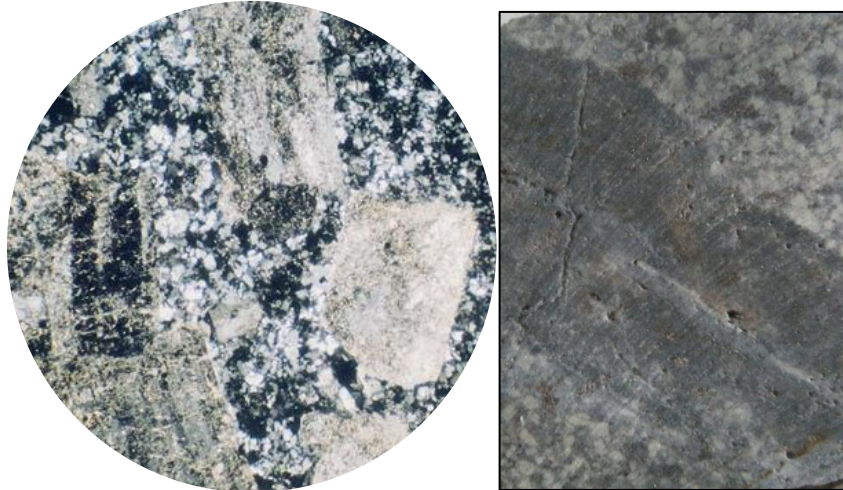


Figura 3.3 Cuarzo-monzonita, bajo luz transmitida (izquierda), roca (derecha)

Tabla 3.4 Porcentaje de minerales bajo el microscopio, Jefp

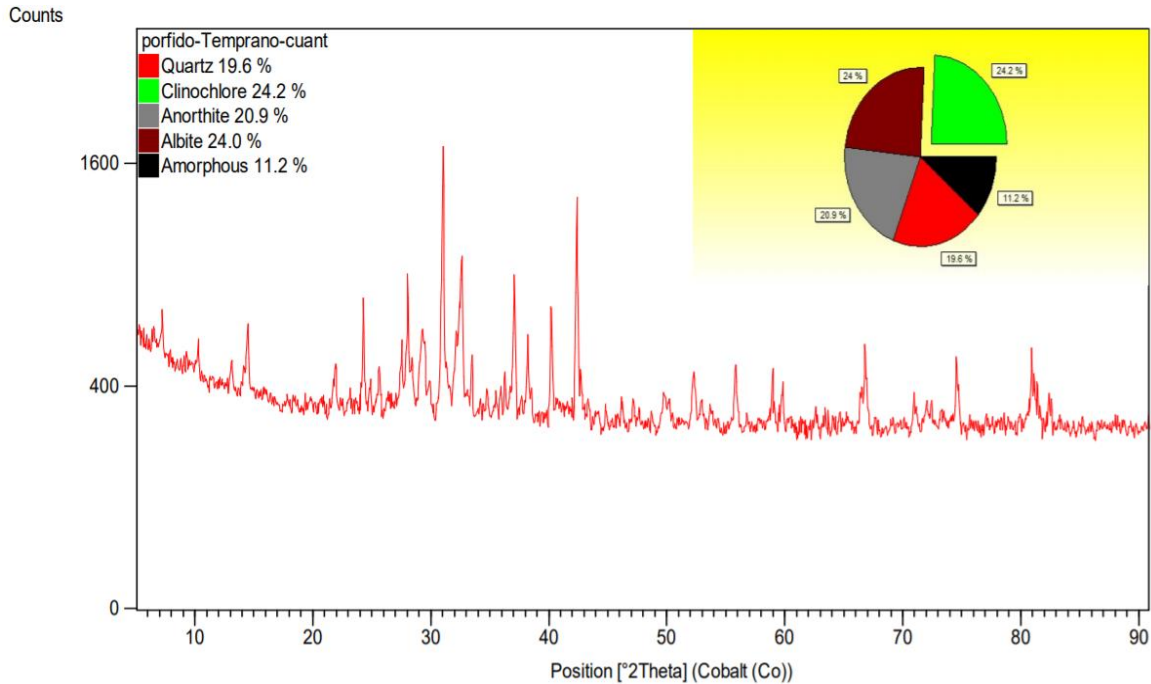
Minerales	%	Diagrama Streckeisen o QAPF
Plagioclasa	42	
Feldespatos K	30	
Cuarzo	20	
Sericita	4	
Clorita	1.5	
Epidota	Traza	
Rutilo	Traza	
Apatito	Traza	
Pirita	1.5	
Calcopirita	1	

Diagrama Streckeisen o QAPF (Jakaité, 2020)

### Difracción de rayos X

La muestra Jefp de 10 gr (con un patrón de Cincita ZnO al 10%) sometida a DRX presenta las siguientes estructuras cristalinas (ver Figura 3.4); 19.6 % de Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), Plagioclasa representada por Albita ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ) al 24 % y Anortita ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) al 20.9 %, Mica representada Clinocloro ( $(\text{Mg}, \text{Fe})_6(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ ) al 24.2 % un mineral del grupo de la Clorita y minerales amorfos en un 11.2 %.





**Figura 3.4 Difractograma, muestra de Pórfido (Jefp)**

### 3.2.3 Brecha Hidrotermal Mineralizada Brmn (Jzgd)

**Aspecto macroscópico:** comprende en su mayoría clastos angulosos de la unidad Zamora (Jzgd), petrográficamente constituye una roca ígnea de composición granodiorita (ver Figura 3.5), los fragmentos son angulares a subangulares y muestran una alteración potásica, con una matriz comprendida por vetillas y material fino del propio granitoide de Zamora, se encuentra mineralizado de sulfuros relleno los espacios entre los clastos de brechación. Corresponde a roca mineralizada al ser asociada a un segundo evento de mineralización que dio origen a la misma en el yacimiento.

**Aspecto microscópico:** La muestra exhibe agregados de plagioclasa, con una menor cantidad de feldespato potásico y cuarzo de grano fino (ver Figura 3.5 y Tabla 3.5). Una leve alteración sericita granular, con cúmulos de biotita secundaria y carbonato. Los sulfuros se encuentran diseminados consistiendo en calcopirita y pirita en granos bien distribuidos de 20 a 300 micrones de tamaño.

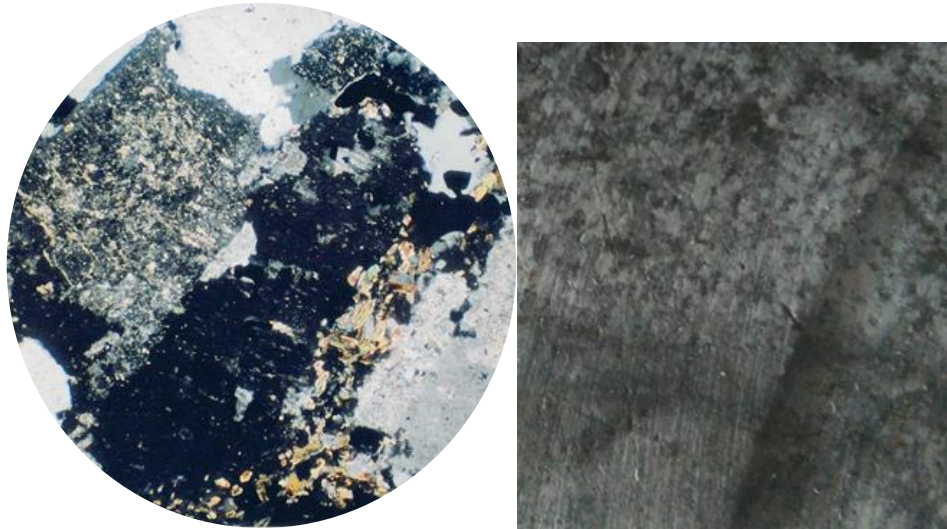


Figura 3.5 Brecha de composición granodiorita, bajo luz transmitida (izquierda), roca (derecha)

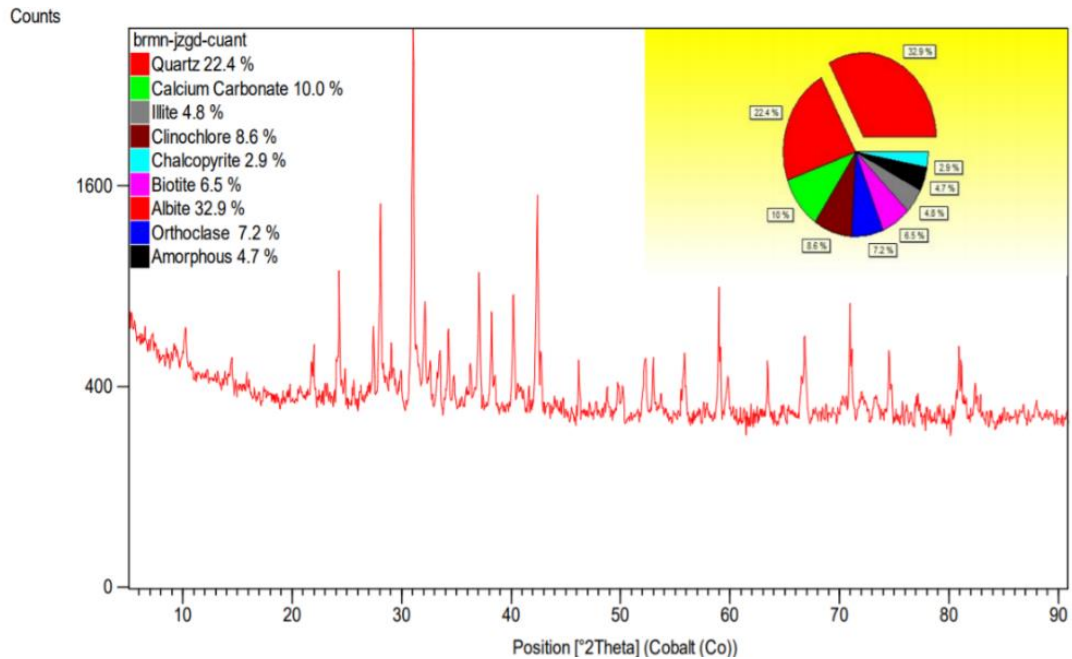
Tabla 3.5 Porcentaje de minerales bajo el microscopio, Brmn (Jzgd)

Minerales	%	Diagrama Streckeisen o QAPF
Plagioclasa	47	<p>Diagrama Streckeisen o QAPF (Jakaité, 2020)</p>
Feldespato K	18	
Cuarzo	18	
Sericita	5	
Biotita	5	
Clorita	Traza	
Carbonato	2	
Rutilo	Traza	
Pirita	1.5	
Calcopirita	1.5	

### Difracción de rayos X

La muestra Brmn (Jzgd) de 10 gr (con un patrón de Cincita ZnO al 10%) sometida a DRX presenta las siguientes estructuras cristalinas (ver Figura 3.6); 22.4% de Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), 7.2 % de Feldespato potásico representado por Ortoclasa & Ortosa ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ), 32.9 % de Plagioclasa representada por Albita ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ), 6.5 % de Biotita ( $\text{KMg}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ), Micas representada por Ilita ( $\text{K, H}_3\text{O})\text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})$  al 4.8% y Clinocloro ( $\text{Mg, Fe})_6(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$  al 8.6 %, 10 % carbonato de calcio representado por el grupo de la Calcita y minerales amorfos en un 4.7 %.

Minerales de Cobre primario como Calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ) al 2.9 %.



**Figura 3.6 Difractograma, muestra de Becha de Zamora Brmn(Jzgd)**

### 3.2.4 Brecha Hidrotermal Mineralizada Brmn (Jefp)

**Aspecto macroscópico:** Comprende clastos angulosos de los Pórfidos tempranos a intramineral (Jefp), petrográficamente constituye una roca ígnea de composición monzogranítica (ver Figura 3.7), con una matriz comprendida por vetillas y material fino con alto contenido de plagioclasas de las intrusiones hipoabisales del Pórfido, se muestran con una alteración sericitica, mineralizados de sulfuros relleno los espacios entre los clastos de brechación. Corresponde a roca mineralizada al ser asociada a un segundo evento de mineralización que dio origen a la misma en el yacimiento.

**Aspecto microscópico:** La muestra consiste esencialmente de fenocristales euédricos de plagioclasa altamente alterados de sericita, con feldespato potasio y cuarzo en menor medida (ver Figura 3.7 y Tabla 3.6). Los minerales de sulfuro como la pirita como granos subédricos a anhédricos de entre 20 a 500 micrones de tamaño y calcopirita como granos irregulares de 10 a 300 micrones de tamaño, se encuentran diseminados con relativa abundancia en granos subhedrales.

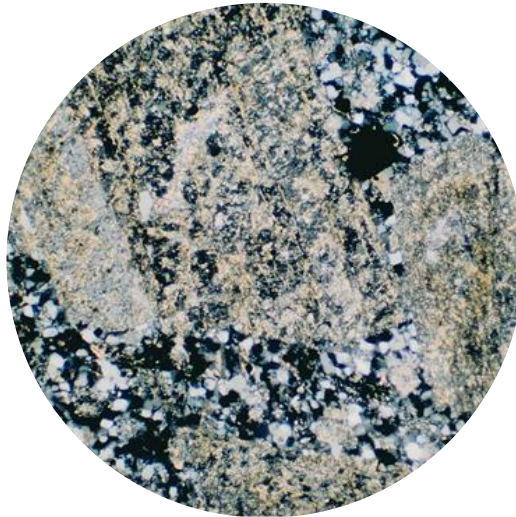


Figura 3.7 Brecha de composición monzogranito, bajo luz transmitida, roca (dercha)

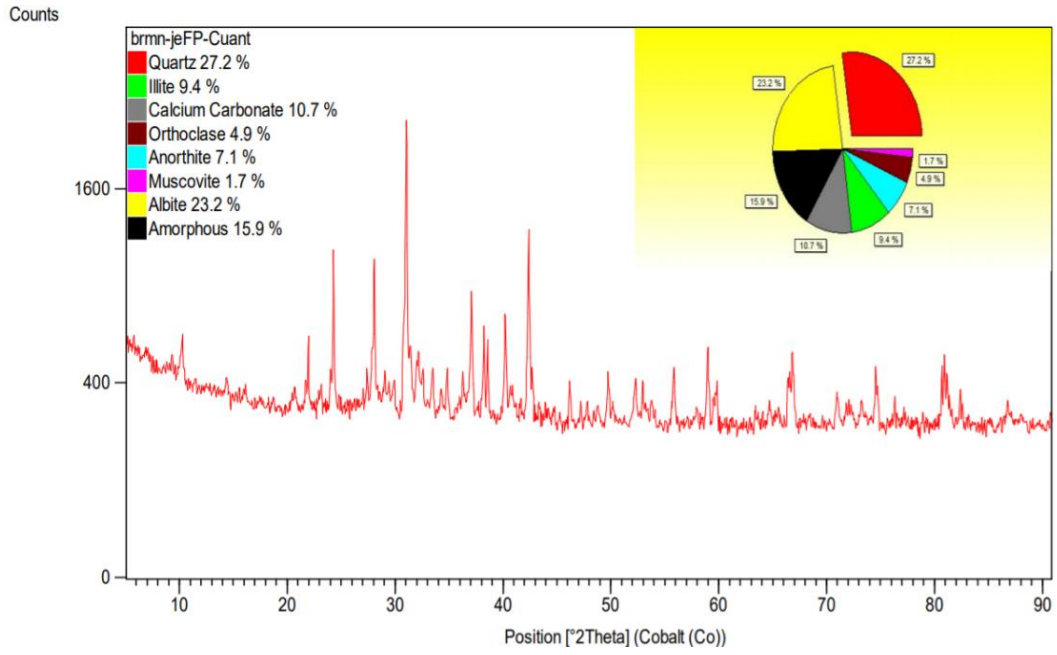
Tabla 3.6 Porcentaje de minerales bajo el microscopio, Brmn (Jefp)

Minerales	%	Diagrama Streckeisen o QAPF
Plagioclasa	21	
Feldespatos K	20	
Cuarzo	13	
Sericita	30	
Clorita	9	
Carbonato	1	
Apatito	Traza	
Rutilo	Traza	
Pirita	4.5	
Calcopirita	1.5	

Diagrama Streckeisen o QAPF (Jakaité, 2020)

### Difracción de rayos X

La muestra Brmn (Jefp) de 10 gr (con un patrón de Cincita ZnO al 10%) sometida a DRX presenta las siguientes estructuras cristalinas (ver Figura 3.8 ); 27.2 % de Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), 4.9 % de Feldespato potásico representado por Ortoclasa & Ortosa ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ), Plagioclasa representada por Anortita ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) al 7.1 % y Albita ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ) al 23.2%, Micas representada por Ilita ( $\text{K, H}_3\text{O})(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH}))$  al 9.4 % y Moscovita ( $\text{K,Na})(\text{Al,Mg,Fe})_2(\text{Si}_3\text{Al}_{10.9})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$  al 1.7%, 10.7 % de Carbonato de calcio representado por el grupo de la Calcita y minerales amorfos en un 15.9 %.



**Figura 3.8 Difractograma, muestra de Brecha de pórfido Brmn (Jefp)**



### 3.2.5 Análisis químico de cabeza (Cu, S, Au, Ag)

#### Análisis de Cobre por el método de digestión total

Tabla 3.7 Ley de Cobre, muestras mineralizadas

No	Muestra	Cantidad (g)	Volumen de aforo (ml)	Factor de dilución (F)	lectura de la muestra (ρ) μ g/A		Calculo de resultado %	Informe de resultado %	Concentración μ g/ml	Absorbancia
1	Jzgd	0.1007	100	5	1.809	0.9920	<b>0.89821</b>	8		0.4099
2	Jefp	0.1003	100	1	2.182	0.1191	<b>0.21755</b>	0		0
3	brmn (Jzgd)	0.1009	100	5	1.866	0.1022	<b>0.92468</b>	4		0.2139
4	brmn (Jefp)	0.1004	100	1	4.268	0.2275	<b>0.42510</b>	2		0.1094

Elemento de Prueba Cu Temperatura 24

Formula de cálculo:  $X(\%) = (\rho \cdot v \cdot F) / m \cdot 10000$  o  $X(\%) = (A \cdot v \cdot F \cdot R) / m \cdot 10000$

R 1000000

#### Análisis de Azufre por el método titulación

Tabla 3.8 Ley de Azufre, muestras mineralizadas

No	Muestra	cantidad de muestra (g)	Volumen inicial (V1) ml	Volumen Final (V2) ml	Consumo actual (V) ml	Calculo de resultado % S	Informe de resultado %	Consumo actual de blanco
1	Jzgd	0.1025	0	3.48	3.48	<b>3.22333</b>	8	
2	Jefp	0.1007	0	1.66	1.66	<b>1.56505</b>	0	
3	brmn (Jzgd)	0.103	0	3.4	3.4	<b>3.13394</b>	4	
4	brmn (Jefp)	0.1007	0	3.8	3.8	<b>3.58264</b>	2	

Elemento de Prueba S Temperatura 24

Formula de cálculo:  $X(\%) = (F (V - V_0) / m) \cdot 100$

F= 0.0009494 g/ml

## Análisis de Oro por el método de absorción atómica

Tabla 3.9 Ley de Oro, muestras mineralizadas

No	Muestra	cantidad de muestra (g)	Volumen de aforo (ml)	Fsctor de dilución (F)	lectura de la muestra (ρ)μ g/A		Calculo de resultado (ppm)	Informe de resultado %	Concentración μ g/ml	Absorbancia
1	Jzgd	20	7	1	0.492	0.992	0.1722	2		0.0409
2	Jefp	20	7	1	0.228	0.1191	0.0798	0		0
3	brmn (Jzgd)	20	7	1	0.283	0.1022	0.09905	1		0.0211
4	brmn (Jefp)	20	7	1	0.25	0.2275	0.0875	0.25		0.0053
Elemento de Prueba		Au		Temperatura		24				
Formula de cálculo:		X(%) = (ρ*v*F)/m		R		1000000				

## Análisis de Plata por el método de absorción atómica

Tabla 3.10 Ley de Plata, muestras mineralizadas

No	Muestra	cantidad de muestra (g)	Volumen de aforo (ml)	Factor de dilución (F)	lectura de la muestra (ρ)μ g/A		Calculo de resultado (ppm)	Informe de resultado %	Concentración μ g/ml	Absorbancia
1	Jzgd	1.0036	50	1	0.029	0.0049	1.44480	2		0.1383
2	Jefp	1.0087	50	1	0.113	0.0169	5.60127	0		0
3	brmn (Jzgd)	1.0051	50	1	0.052	0.0085	2.58681	1		0.0883
4	brmn (Jefp)	1.0048	50	1	0.048	0.0079	2.38854	0.5		0.0546
Elemento de Prueba		Ag		Temperatura		24				
Formula de cálculo:		X(%) = (ρ*v*F)/m		R		1000000				

## Resultado final de las muestras mineralizadas en el análisis químico

En el análisis químico de cabeza se presenta la descripción de las muestras mineralizadas de la mina Mirador (ver Tabla 3.7, Tabla 3.8, Tabla 3.9, Tabla 3.10), en porcentaje (%) de Cobre y Azufre, en partes por millón (ppm) para Oro y Plata (ver Tabla 3.11)

**Tabla 3.11 Ley de cabeza de las muestras mineralizadas**

Análisis químico de las muestras mineralizadas ( Cu, S Au, Ag)					
No	Nombre de muestra	% Cu	Au (ppm)	Ag (ppm)	% S
1	Jzgd	0.8982	0.1722	1.4448	3.2233
2	Jefp	0.2175	0.0798	5.6013	1.5650
3	brmn (Jzgd)	0.9247	0.0991	2.5868	3.1339
4	brmn (Jefp)	0.4251	0.0875	2.3885	3.5826

### 3.2.6 Peso específico

Las muestras mineralizadas fueron pesadas tanto en seco como húmedo, obteniendo los siguientes resultados (ver Tabla 3.12).

**Tabla 3.12 Cálculo peso específico de las muestras mineralizadas**

PROFUNDIDAD	TIPO	ZONA	MINERALES	Ps	Ph	Pe	En Cera
(metros)	LITOLÓGICO	MINERAL	OBSERVADOS	(gr)	(gr)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(S/N)
1270.00	Jzgd	PR	Cpy; py;Mo	802.44	497.23	2.63	547.5
	Jefp	PR	Cpy; py;Mo	560.29	347.20	2.63	807.24
	brmn (Jzgd)	PR	Cpy; py;Mo	544.37	345.35	2.74	460.2
	brmn (Jefp)	PR	Cpy; py;Mo	457.51	280.74	2.59	564.01
<b>PESO ESPECIFICO PROMEDIO</b>						2.65	

## 3.3 Análisis de grado de liberación de partículas

### 3.3.1 Análisis granulométrico

Las muestras trituradas pasaron por diferente apertura de mallas, obteniendo las fracciones granulométricas de cada muestra mineralizada (ver Tabla 3.13).



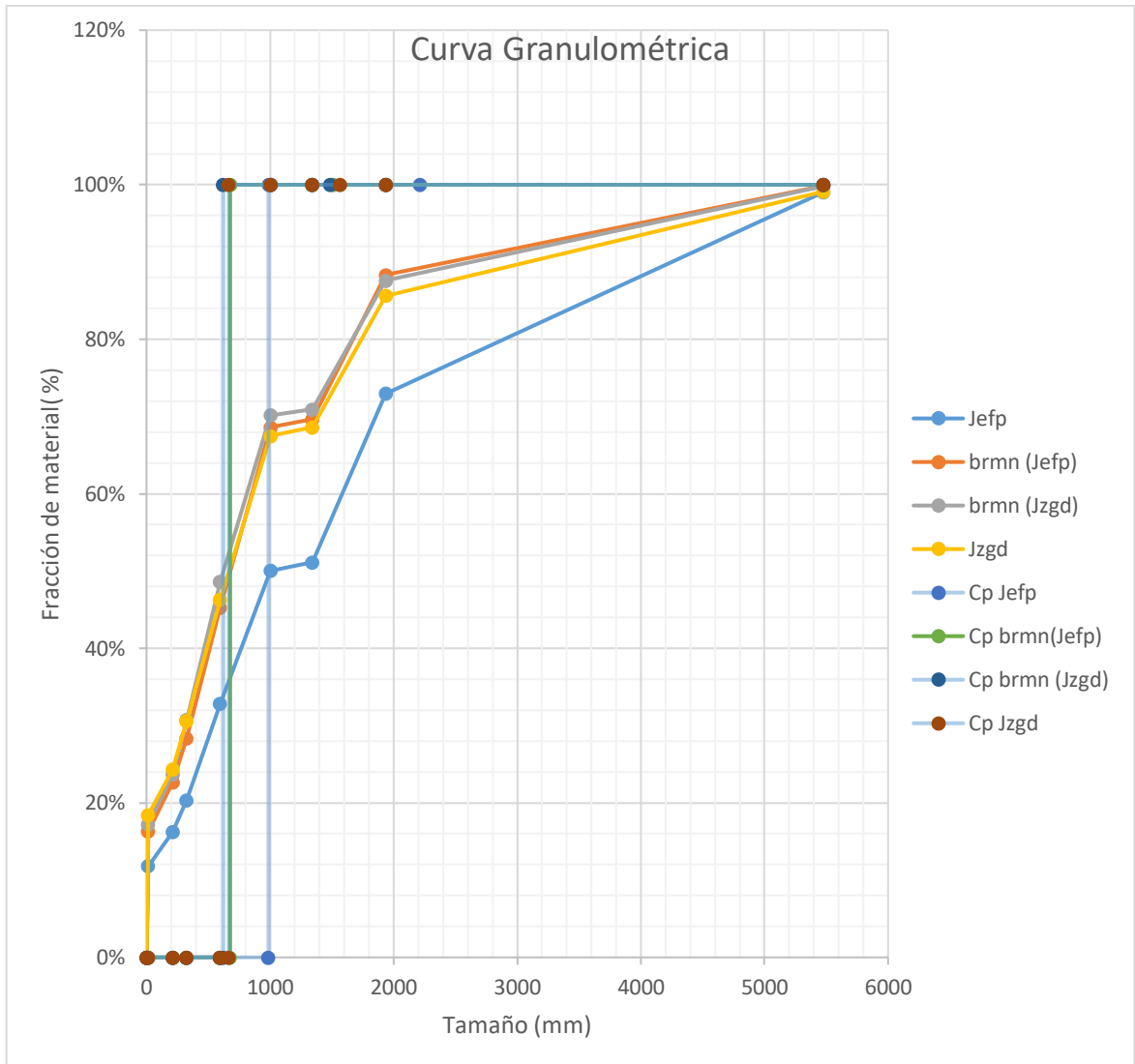
**Tabla 3.13 Fracciones granulométricas de las unidades mineralizadas**

Peso en gramos de las diferentes fracciones granulométricas unidades litológicas						
Equivalente en Micras	Abertura en mm	Intervalo (micras)	Jefp	brmn(Jefp)	brmn(Jzgd)	Jzgd
12000	12	>12000	9.51	1.39	1.96	8.77
2500	2.5	12000/2500	258.37	114.24	120.79	133.78
1500	1.5	2500/1500	216.79	184.63	165.29	168.96
1200	1.2	1500/1200	10.51	10.52	7.18	11.43
840	0.84	1200/840	171.02	230.68	213.6	210.15
420	0.42	840/420	123.29	167.2	176.93	155.85
250	0.25	420/250	41.12	56.77	69.41	62.37
178	0.178	250/178	43.52	62.45	64.49	58.15
		178/0	117.24	161.187	170.37	182.98
			991.37	989.067	990.02	992.44

Para obtener el su D50 fue necesario la obtención del coeficiente de partición (ver Tabla 3.14)

**Tabla 3.14 Curva granulométrica y coeficiente de partición**

Curvas de Granulometrías, Curvas de Coeficientes de Partición									
Curvas de granulometrías									
Abertura en mm	Abscisa	Jefp		brmn (Jefp)		brmn (Jzgd)		Jzgd	
		Alimentación Reconstruida	coeficiente partición	Alimentación Reconstruida	coeficiente partición	Alimentación Reconstruida	coeficiente partición	Alimentación Reconstruida	coeficiente partición
>12000	5477	0.96%	99%	0.14%	100%	0.20%	100%	0.88%	99%
12000/2500	1936	27.02%	73%	11.69%	88%	12.40%	88%	14.36%	86%
2500/1500	1342	48.89%	51%	30.36%	70%	29.09%	71%	31.39%	69%
1500/1200	1004	49.95%	50%	31.42%	69%	29.82%	70%	32.54%	67%
1200/840	594	67.20%	33%	54.74%	45%	51.39%	49%	53.72%	46%
840/420	324	79.64%	20%	71.65%	28%	69.27%	31%	69.42%	31%
420/250	211	83.78%	16%	77.39%	23%	76.28%	24%	75.70%	24%
250/178	13	88.17%	12%	83.70%	16%	82.79%	17%	81.56%	18%
178/0	1	100.00%	0%	100.00%	0%	100.00%	0%	100.00%	0%
		d75	2210.99	d75	1512	d75	1488	d75	1565
		d50	988.29	d50	677	d50	620	d50	666
		d25	424.68	d25	258	d25	232	d25	224
Curvas de partición									
		Ideal	coeficiente partición	Ideal	coeficiente partición	Ideal	coeficiente partición	Ideal	coeficiente partición
		1	5477	1	5477	1	5477	1	5477
		1	2211	1	1512	1	1488	1	1565
		1	1936	1	1936	1	1936	1	1936
		1	1342	1	1342	1	1342	1	1342
		1	1004	1	1004	1	1004	1	1004
		1	988	1	677	1	620	1	666
		0	987	0	676	0	619	0	665
		0	594	0	594	0	594	0	594
		0	324	0	324	0	324	0	324
		0	211	0	211	0	211	0	211
		0	13	0	13	0	13	0	13
		0	1	0	1	0	1	0	1
		0	0	0	0	0	0	0	0



**Figura 3.9 Curva granulométrica, muestras mineralizadas**

La disminución del tamaño de partícula de las muestras mineralizado es importante para liberar la mena mineral Cobre, Oro, Plata y otros minerales de interés. Esta se controla por análisis granulométrico, (Tabla 3.15 y Figura 3.9), para saber si el tamaño del material que se procesa es apto antes de someterlo a un siguiente proceso de molienda.

**Tabla 3.15 Análisis granulométrica, No malla.**

No. malla	Jzgd	Jefp	brmn (Jzgd)	brmn (Jefp)
d75	1565	2210.99	1488	1512
<b>d50</b>	666	988.29	620	677
d25	224	424.68	232	258

### 3.3.2 Ensayo de molienda

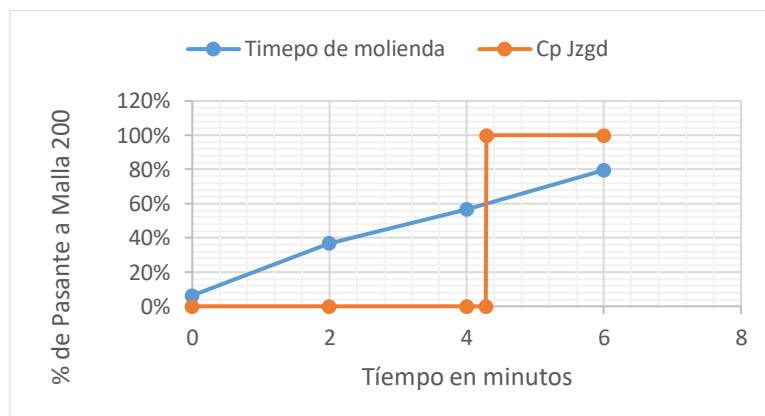
Las muestras mineralizadas pasaron a molienda, hasta obtener un grano de malla 200 #, en este caso el objetivo es obtener un tiempo de molienda óptimo (d60) para cada muestra:

#### 3.3.2.1 Unidad Zamora (Jzgd)

En el ensayo de molienda de la Unidad Zamora (Jzgd) (ver Tabla 3.16), se obtuvo un tiempo de molienda de d60: 4.288 minutos (257.28 segundos).

Tabla 3.16 Tiempo de molienda, Unidad Zamora

Unidad Zamora Jzgd				Ideal	Abcisa
sobre Malla 200 (gr)	Menos malla 200 (gr)	% Malla 200	Tiempo de molienda en min		
93.67	6.33	6%	0	1	6
63.16	36.84	37%	2	1	4.288
43.21	56.79	57%	4	0	4.280
20.45	79.55	80%	6	0	4
				0	2.000
				0	0
				<b>d60</b>	<b>4.288</b>

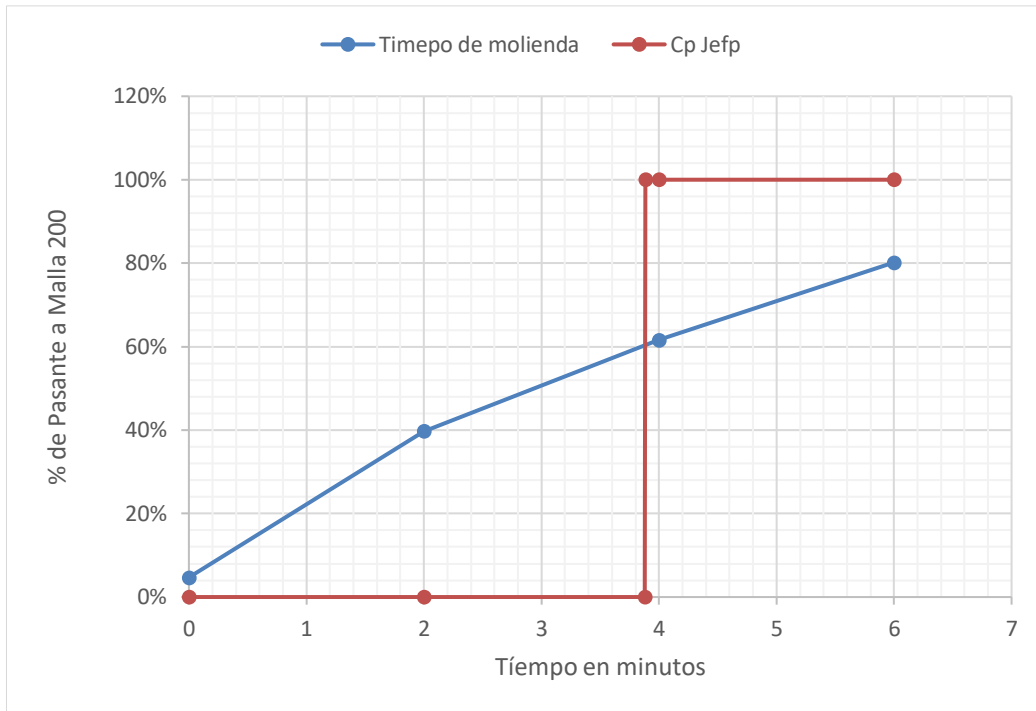


#### 3.3.2.2 Pórfidos Tempranos a Intramineral (Jefp)

En el ensayo de molienda del Pórfido temprano a intramineral (Jefp) (ver Tabla 3.17), se obtuvo un tiempo de molienda de d60: 3.885 minutos (233.1 segundos).

Tabla 3.17 Tiempo de molienda, Pórfido (Jefp)

Pórfido temprano Jefp				Ideal	Abcisa
sobre Malla 200 (gr)	Menos malla 200 (gr)	% Malla 200	Tiempo de molienda en min		
95.3	4.7	5%	0	1	6
60.31	39.69	40%	2	1	4
38.43	61.57	62%	4	1	3.885
19.82	80.18	80%	6	0	3.880
				0	2
				0	0.000
				<b>D60</b>	<b>3.885</b>

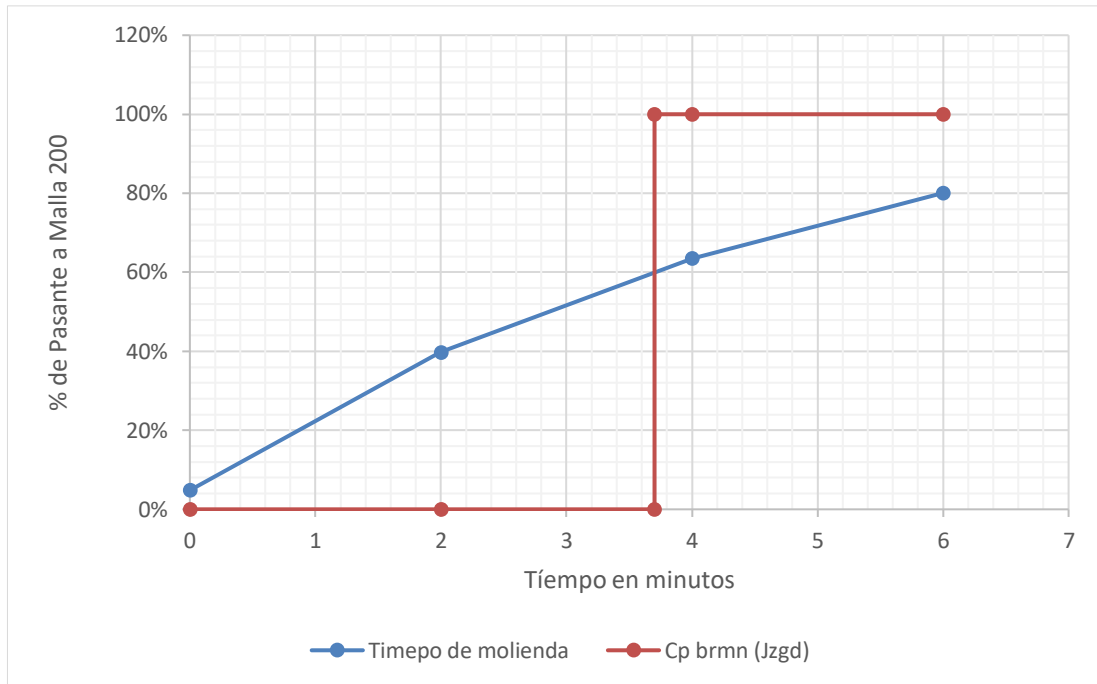


### 3.3.2.3 Brecha Hidrotermal Mineralizada Brmn (Jzgd)

En el ensayo de molienda de la Brecha mineralizada de Zamora Brmn (Jzgd) (ver Tabla 3.18), se obtuvo un tiempo de molienda de d60: 3.701 minutos (222.06 segundos).

Tabla 3.18 Tiempo de molienda, Brecha de Zamora Brmn(Jzgd)

Brecha mineralizada de Zamora (Brmn (Jzgd))				Ideal	Abcisa
sobre Malla 200 (gr)	Menos malla 200 (gr)	% Malla 200	Tiempo de molienda en min		
95.18	4.82	5%	0	1	6
60.26	39.74	40%	2	1	4
36.48	63.52	64%	4	1	3.701
19.93	80.07	80%	6	0	3.700
				0	2
				0	0.000
				<b>D60</b>	<b>3.701</b>

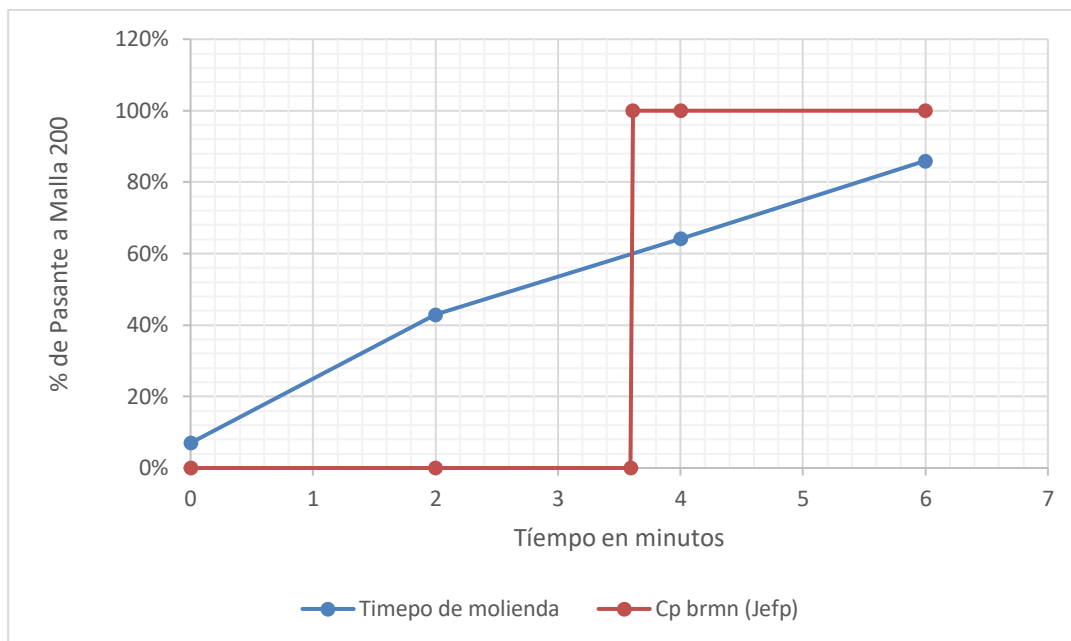


### 3.3.2.4 Brecha Hidrotermal Mineralizada Brmn (Jefp)

En el ensayo de molienda de la Brecha mineralizada del Pórfido Brmn(Jefp) (ver Tabla 3.19), se obtuvo un tiempo de molienda de d60: 3.612 minutos (216.72 segundos).

**Tabla 3.19 Tiempo de molienda, Brecha de Pórfido Brmn(Jefp)**

Brecha mineralizada del Pórfido brmn (Jefp)				Ideal	Abcisa
sobre Malla 200 (gr)	Menos malla 200 (gr)	% Malla 200	Tiempo de molienda en min		
93	7	7%	0	1	6
57.08	42.92	43%	2	1	4
35.82	64.18	64%	4	1	3.612
14.02	85.98	86%	6	0	3.594
				0	2
				0	0.000
				<b>D60</b>	<b>3.612</b>



### 3.3.3 Ensayo de Flotación

En base a las leyes de cabeza obtenidas de cada muestra mineralizada, la trituración y molienda realizada, se realizó un ensayo de flotación obteniendo el rendimiento, y porcentaje de Cobre y Azufre en el concentrado, el relave y en los medios.

#### 3.3.3.1 Unidad Zamora (Jzgd)

##### 3.3.3.1.1 Flotación primaria o Rougher

Tabla 3.20 Balance metalúrgico de flotación, muestra de Zamora (Jzgd)

Balance Metalúrgico de Cobre y Azufre						
Productos	Peso >(g)	Rendimiento (%)	% Cu	%S	E Cu	E S
<b>Entrada</b>			0.8980	3.133		
<b>Concentrado</b>	53.8	11.010%	6.9280	27.105	93.27%	95.73%
<b>Medio</b>	10.02	2.051%	0.9425	3.945	2.36%	2.59%
<b>Relave</b>	424.83	86.940%	0.0411	0.060	4.37%	1.68%
<b>Total</b>	488.65	100.000%	0.8178	3.117	100.00%	100.00%

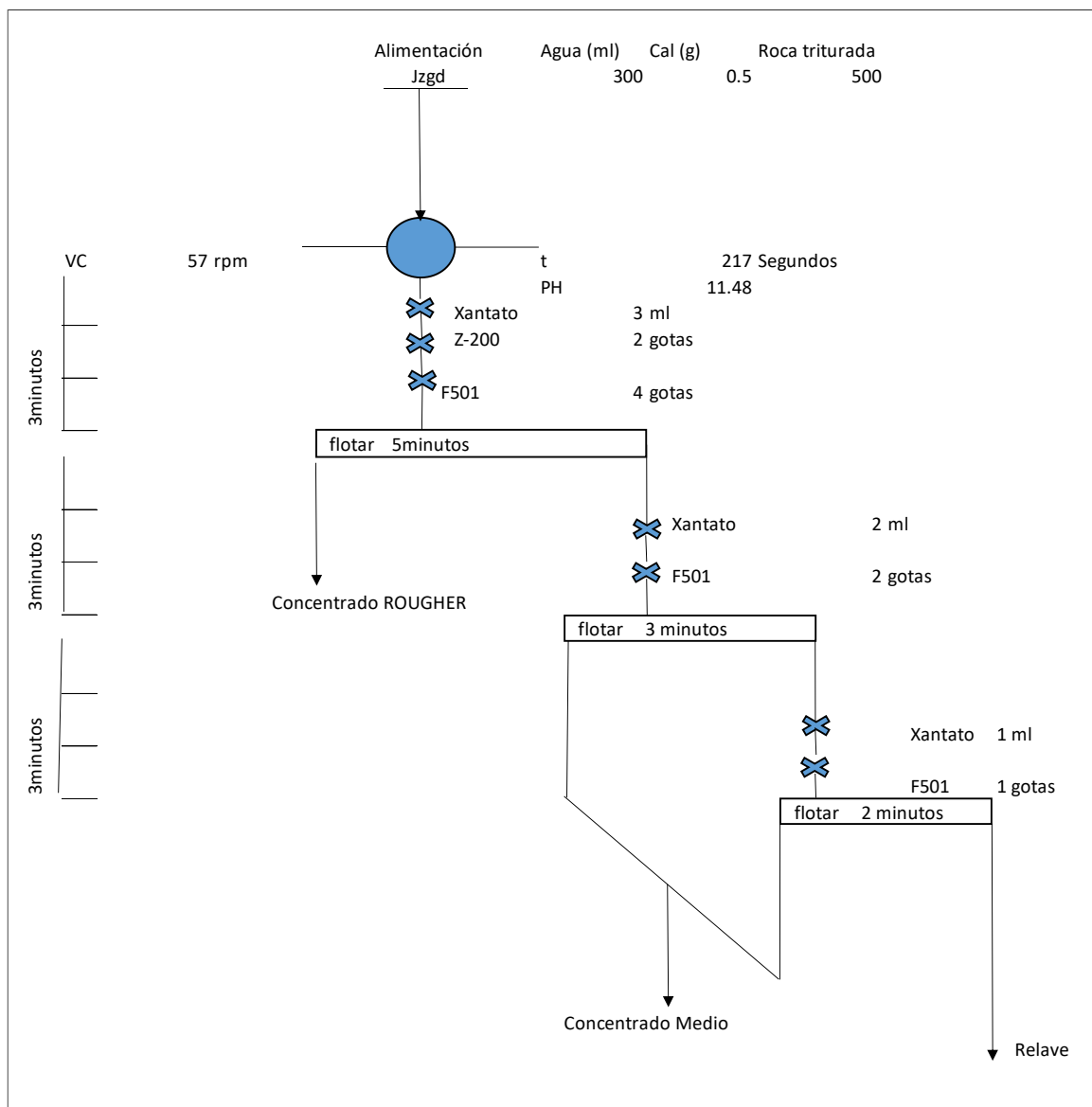


Figura 3.10 Esquema de flotación primaria, muestra de Zamora (Jzgd)

### 3.3.3.1.2 Flotación de limpieza o cleaner

Tabla 3.21 Balance metalúrgico de flotación de limpieza, muestra de Zamora (Jzgd)

JZGD	Peso (g)	Rendimiento Cu	S	E Cu	E S
Concentrado	11.12	2.245	25.021	30.540	79.455
Medio 3	0.89	0.180	7.588	19.672	1.928
Medio 2	3.94	0.795	3.879	11.774	4.365
Medio 1	36.86	7.441	0.834	6.620	8.779
Relave	442.58	89.340	0.043	2.208	5.473
<b>Total</b>	<b>495.39</b>	<b>100.000</b>	<b>0.707</b>	<b>3.280</b>	<b>100.000</b>

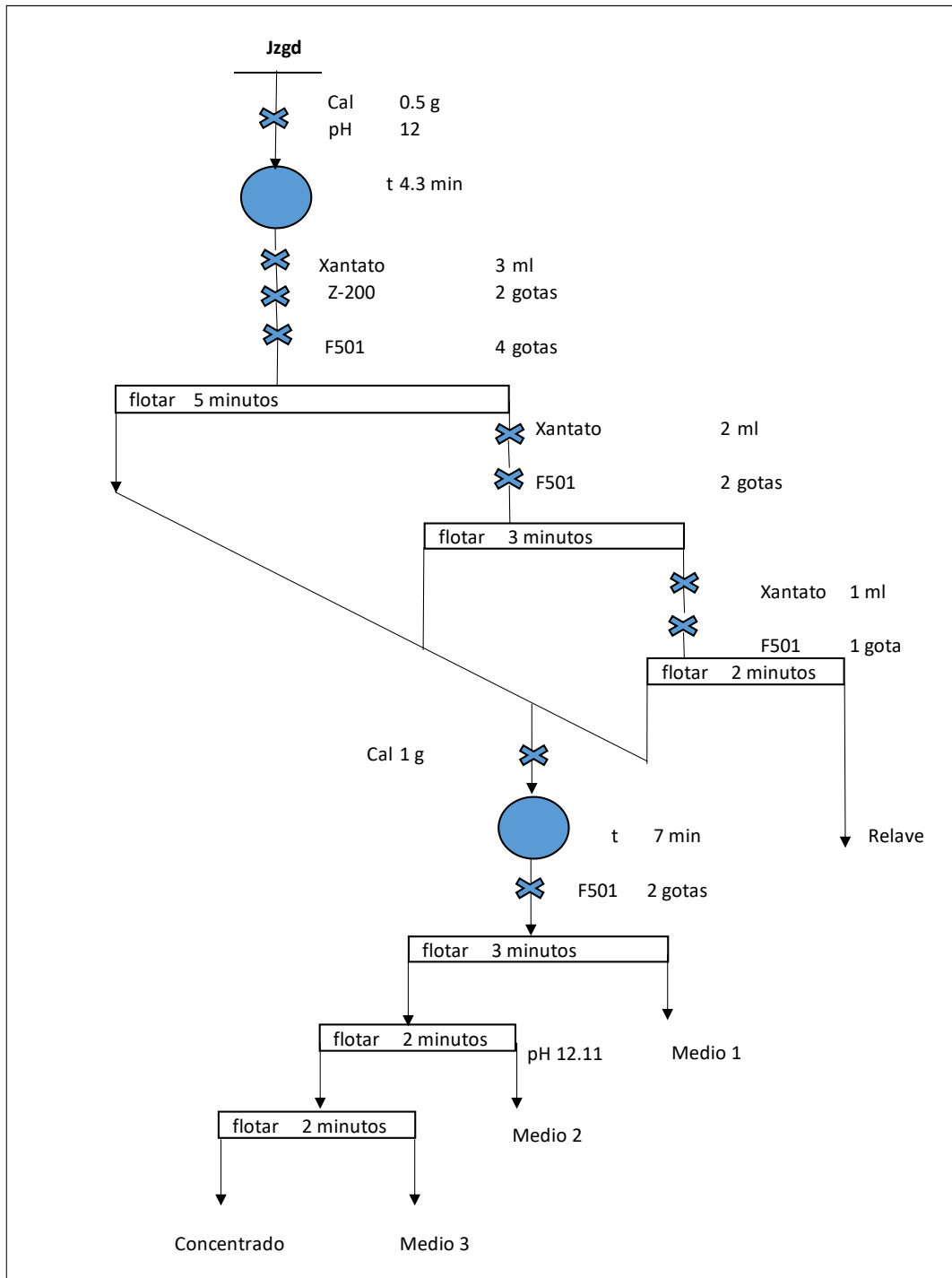


Figura 3.11 Esquema de flotación de limpieza, muestra de Zamora (Jzgd)



### 3.3.3.2 Pórfidos Tempranos a Intramineral (Jefp)

#### 3.3.3.2.1 Flotación primaria o Rougher

Tabla 3.22 Balance metalúrgico de flotación, muestra de Pórfido (Jefp)

Balance Metalúrgico de Cobre y Azufre					
Productos	Peso >(g)	Rendimiento (%)	% Cu	%S	E Cu
Entrada			0.217	1.565	
Concentrado	28.59	5.755%	2.8784		85.187%
Medio	6.68	1.345%	0.567		3.921%
Relave	461.48	92.900%	0.0228		10.892%
<b>Total</b>	<b>496.75</b>		<b>0.19446957</b>		<b>100.000%</b>

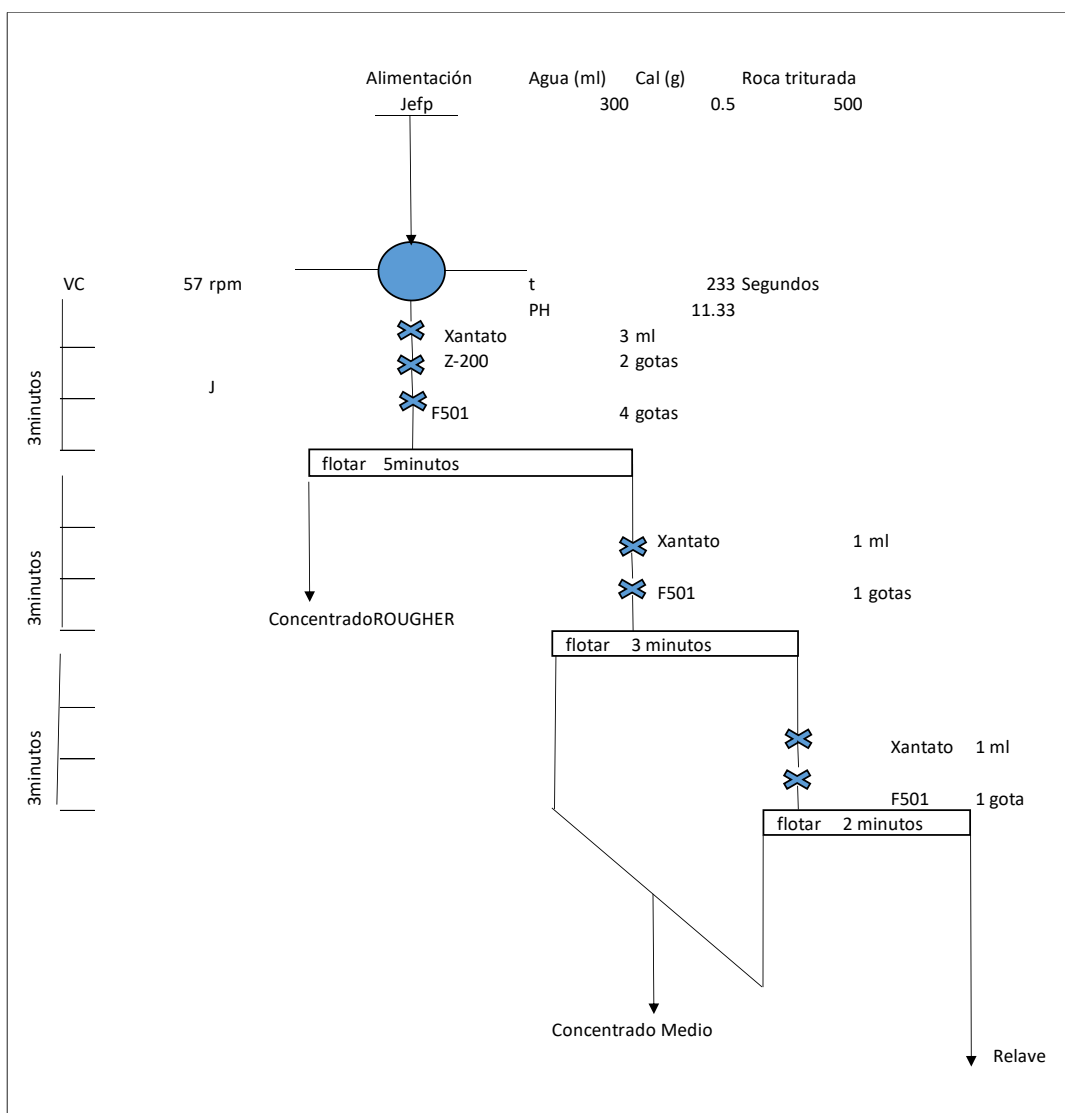


Figura 3.12 Esquema de flotación primaria, muestra de Pórfido (Jefp)

### 3.3.3.2 Flotación de limpieza o cleaner

Tabla 3.23 Balance metalúrgico de flotación de limpieza, muestra de Pórfido (Jefp)

JEFP	Peso (g)	Rendimiento (%)	Cu	S	E Cu	E S
Concentrado	1.55	0.320	23.955	27.633	51.110	6.416
Medio 3	0.88	0.182	6.564	17.755	7.951	2.341
Medio 2	3.26	0.674	1.979	13.556	8.880	6.620
Medio 1	34.44	7.120	0.468	15.683	22.168	80.915
Relave	443.59	91.704	0.016	0.056	9.892	3.708
<b>Total</b>	<b>483.72</b>	<b>100.000</b>	<b>0.150</b>	<b>1.380</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>

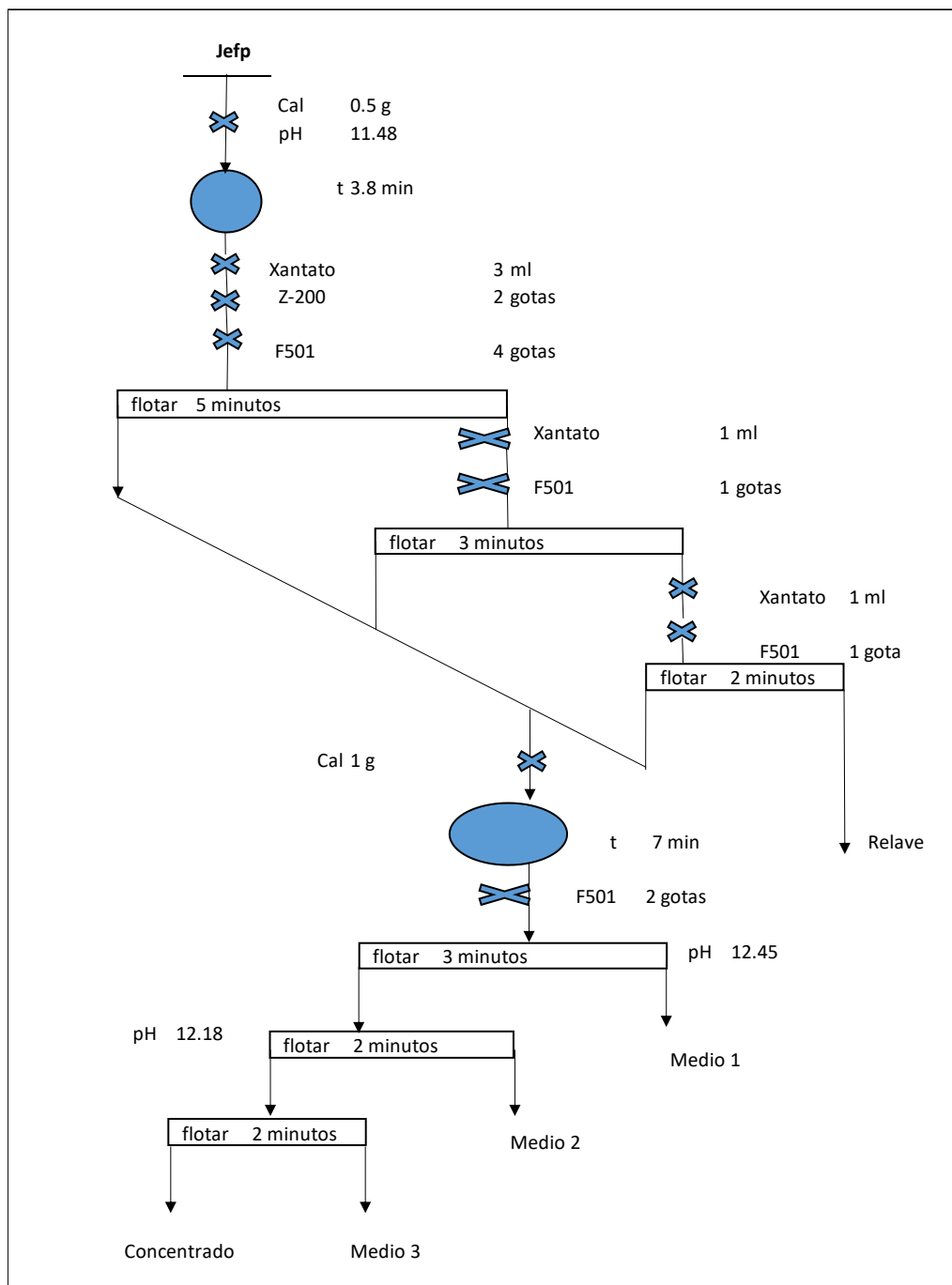


Figura 3.13 Esquema de flotación de limpieza, muestra de Pórfido (Jefp)

### 3.3.3.3 Brecha Hidrotermal Mineralizada Brmn (Jzgd)

#### 3.3.3.3.1 Flotación primaria o Rougher

Tabla 3.24 Balance metalúrgico de flotación, muestra de Brecha de Zamora Brmn (Jzgd)

Balance Metalúrgico de Cobre y Azufre						
Productos	Peso >(g)	Rendimiento (%)	% Cu	%S	E Cu	E S
Entrada			0.9246	3.133		
Concentrado	54.91	11.162%	7.0024	23.4131	95.894%	97.576%
Medio	17.43	3.543%	0.3356	1.0622	1.459%	1.405%
Relave	419.59	85.295%	0.0253	0.032	2.648%	1.019%
Total	491.93	100.000%	0.81508938	2.67833705	100%	100%

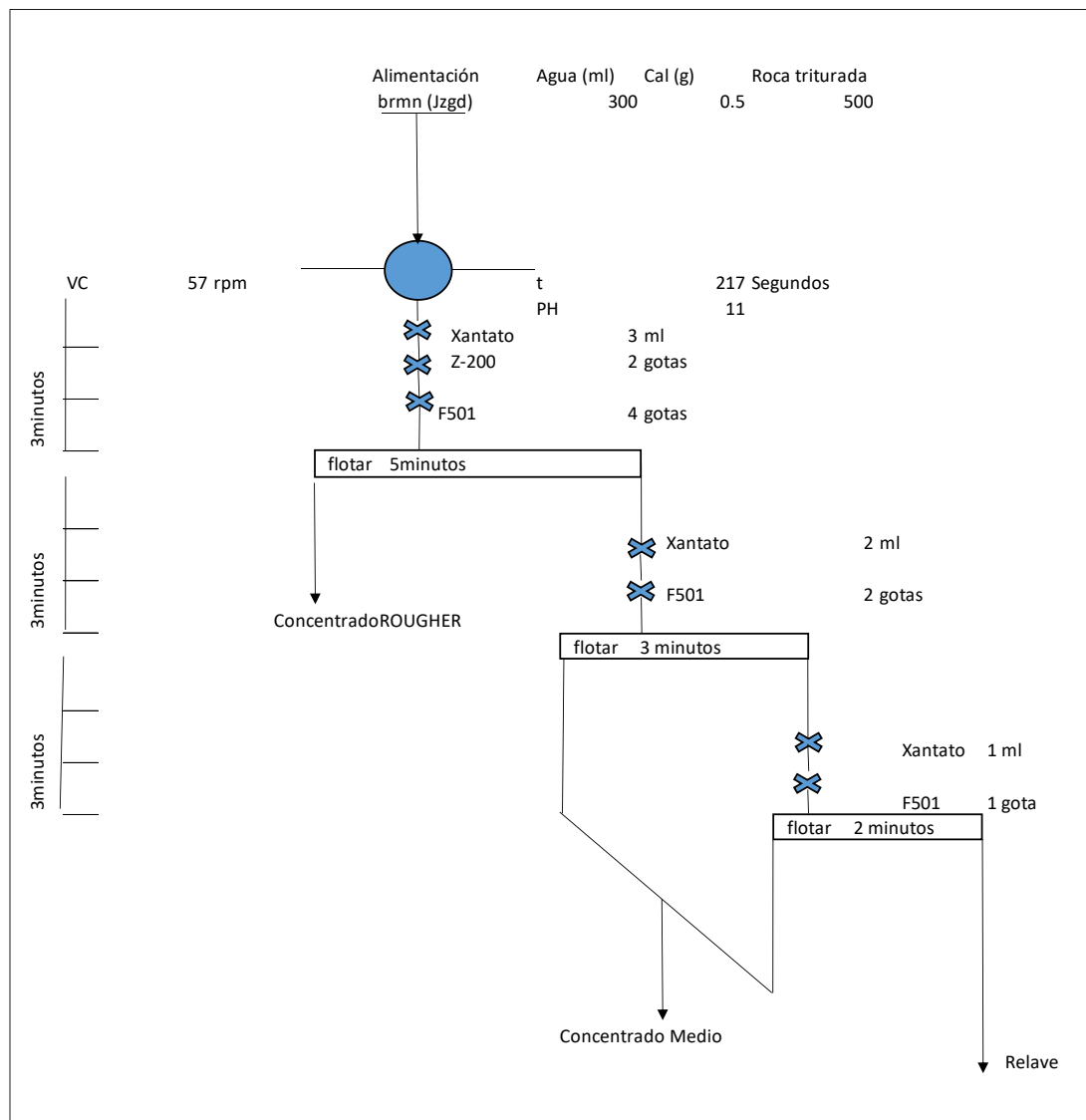


Figura 3.14 Esquema de flotación primaria, muestra de Brecha Zamora Brmn (Jzgd)

3.3.3.3.2 Flotación de limpieza o cleaner

Tabla 3.25 Balance metalúrgico de flotación de limpieza, muestra de Brecha de Zamora Brmn (Jzgd)

Brmn(Jzgd)	Peso (g)	Rendimiento (%)	Cu	S	E Cu	E S
Concentrado	9.74	1.993	26.6758	34.378	83.577	18.395
Medio 3	2.39	0.489	2.2745	45.213	1.749	5.937
Medio 2	6.67	1.365	2.7159	30.788	5.827	11.282
Medio 1	55.75	11.408	0.321	20.091	5.757	61.536
Relave	414.13	84.745	0.0232	0.125	3.091	2.851
<b>Total</b>	<b>488.68</b>	<b>100</b>	<b>0.6362</b>	<b>3.725</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

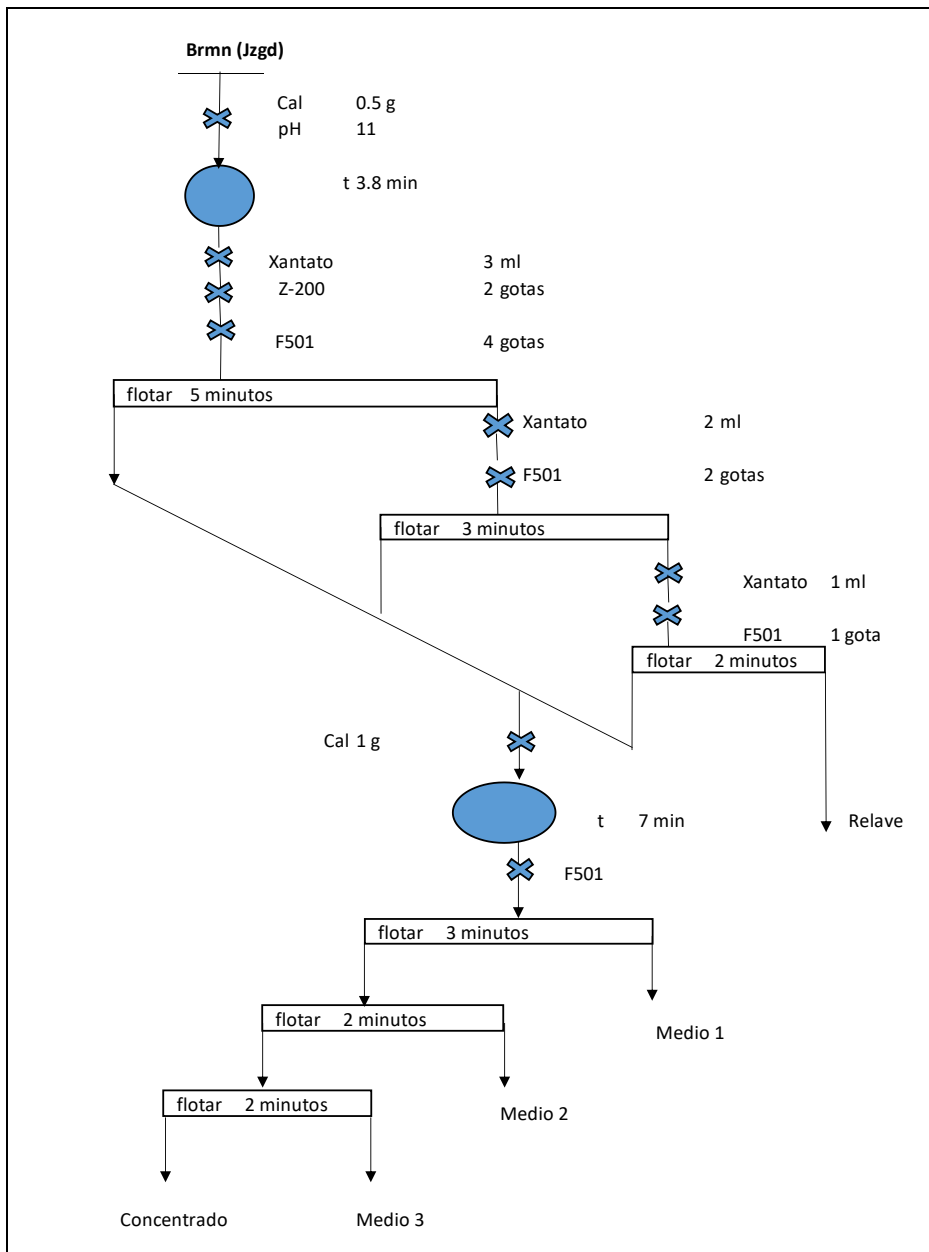


Figura 3.15 Esquema de flotación de limpieza, muestra de Brecha de Zamora Brmn (Jzgd)

### 3.3.3.4 Brecha Hidrotermal Mineralizada Brmn (Jefp)

#### 3.3.3.4.1 Flotación primaria o Rougher

Tabla 3.26 Balance de flotación, muestra de Brecha de Pórfido Brmn (Jefp)

Balance Metalurgico de Cobre y Azufre						
Productos	Peso >(g)	Rendimiento (%)	% Cu	%S	E Cu	E S
<b>Entrada</b>			0.425	3.6		
<b>Concentrado</b>	53.41	10.85%	3.41	30	92.60%	92.60%
<b>Medio</b>	11.34	2.30%	0.5112	7.2	2.95%	4.78%
<b>Relave</b>	427.61	86.85%	0.0205	0.1	4.46%	2.62%
<b>Total</b>	492.36		0.3994864	3.5	100.00%	100.00%

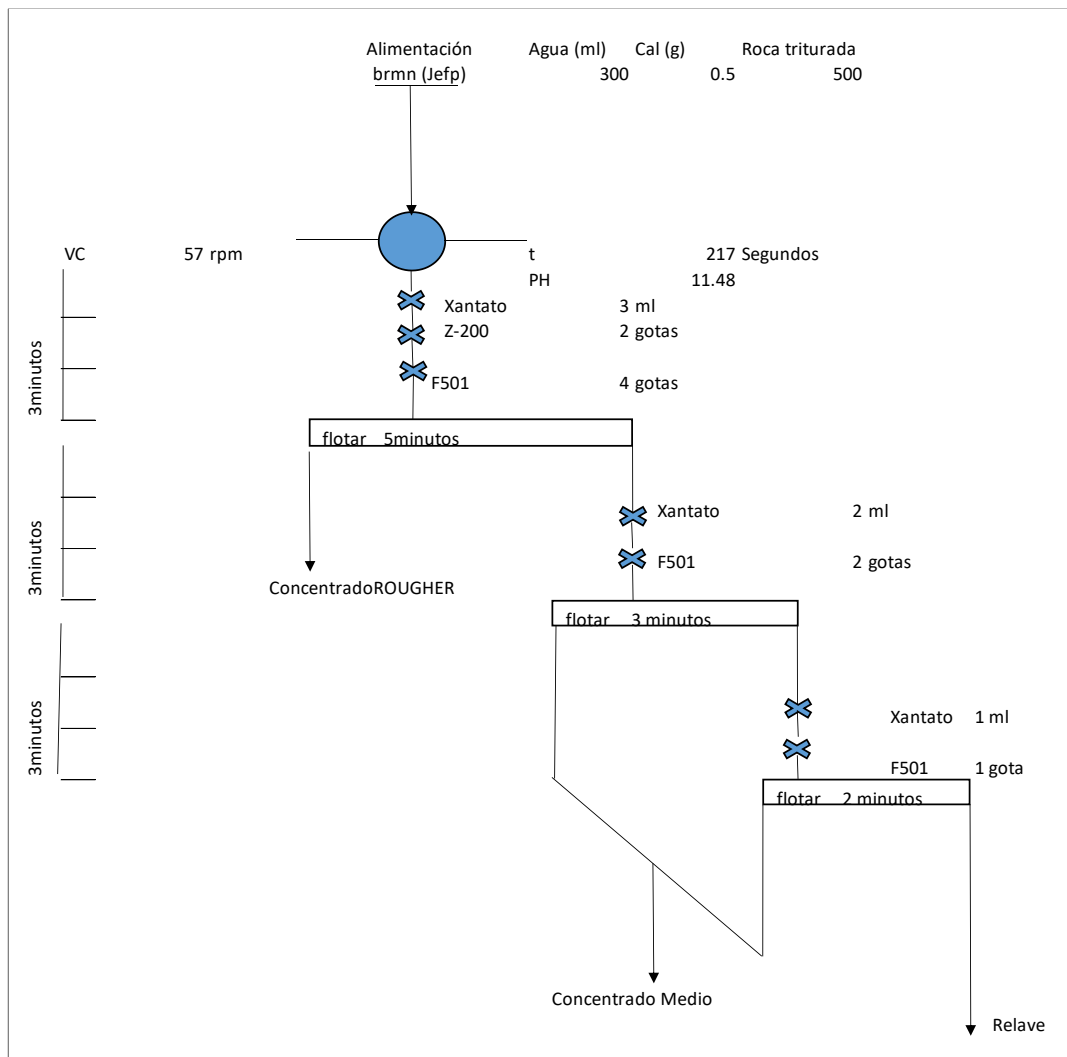
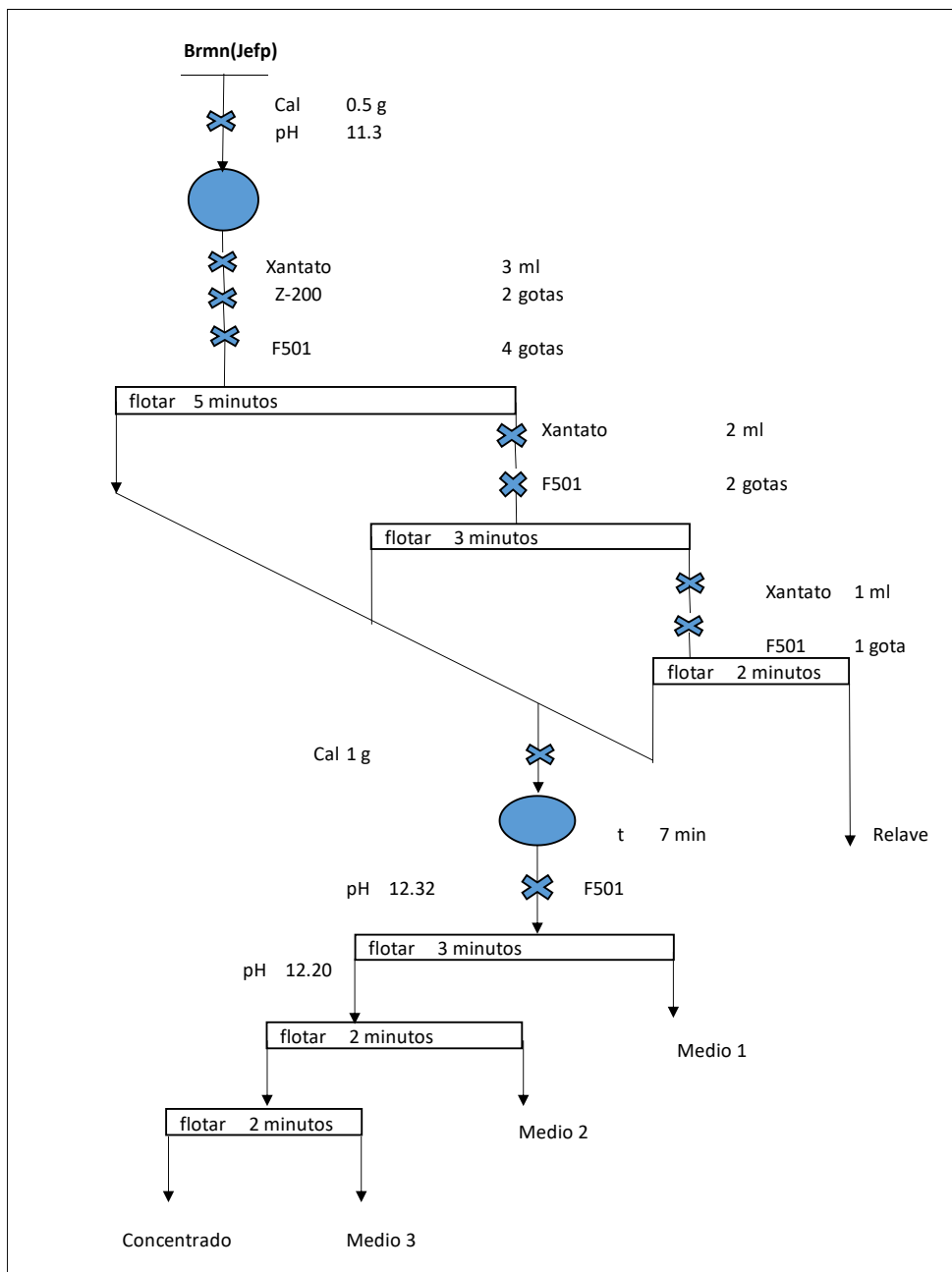


Figura 3.16 Esquema de flotación primaria, muestra de Brecha de Pórfido Brmn (Jefp)

### 3.3.3.4.2 Flotación de limpieza o cleaner

**Tabla 3.27 Balance de flotación de limpieza, muestra de Brecha de Pórfido Brmn (Jefp)**

Brmn(Jefp)	Peso (g)	Rendimiento (%)	Cu	S	E Cu	E S
Concentrado	5.05	1.044	27.837	29.1771	59.030	12.241
Medio 3	1.52	0.314	4.6986	17.6981	2.999	2.235
Medio 2	5.61	1.160	1.6866	14.7144	3.973	6.858
Medio 1	60	12.405	1.2349	14.8855	31.113	74.198
Relave	411.5	85.077	0.0167	0.1307	2.886	4.468
<b>Total</b>	<b>483.68</b>	<b>100</b>	<b>0.492364</b>	<b>2.4886419</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>



**Figura 3.17 Esquema de flotación de limpieza, muestra de Brecha de Pórfido Brmn (Jefp)**

### 3.4 Análisis General

#### 3.4.1 Caracterización

El yacimiento de la mina Mirador constituye un cuerpo mineralizado de pórfido Cu-Au, de edad jurásica superior hospedado en rocas calco-alcálicas característica del batolito de Zamora de edad jurásica media. Representa un sistema magmato-hidrotermal muy desarrollado con diferentes fases de intrusiones filonianas & hipoabisales desde tempranas a tardías y posminerales (de pórfidos a brechas), de todos estos eventos mencionados probablemente 2 eventos principales constituyen la mineralización de Cobre, otros elementos como el Oro, la Plata representan un subproducto en esta mina.

El sistema magmato-hidrotermal de Mirador presenta un modelo de alteración con dominio de alteración potásica, las muestras analizadas corresponden a las rocas mineralizadas, como consecuencia de intrusiones tempranas a intramineral de (Jefp) emplazadas en la roca caja de Zamora (Jzgd) y una posterior mineralización que produjo la formación de brechas mineralizadas tanto de Zamora Brmn(Jzgd) , como del pórfido temprano Brmn(Jefp).

En la prueba de DRX por el análisis de “Fases cristalinas”, de las muestras mineralizadas, se reportaron la existencia de dos menas minerales de Cobre: Calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ) y Clinoclasa ( $\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)(\text{OH})_3$ ); siendo la Calcopirita la que constituye la mena principal de Cu, se presenta de manera disseminada o en micro vetillas. De igual manera, la presencia de Clinoclasa en la muestra (Jzgd), puede ser explicada debido a que la mina se encuentra aún en sus niveles superiores cercana a la parte supergena, recordemos que entró en etapa explotación en el 2019, no llegando aun a su máximo de avance. La Clinoclasa es un mineral secundario muy raro de ocurrencia en zonas de oxidación en sistemas hidrotermales ricos en arsénico (Anthony, et al., 1990).

### **3.4.1.1 Análisis de grado de liberación de partículas**

#### **3.4.1.1.1 Unidad Zamora (Jzgd)**

Los análisis químicos de cabeza llevados a cabo en la muestra dan como resultado una concentración promedio de: Cu de 0.898%, S de 3.22 %, Au de 0.17 ppm y Ag 1.44 ppm. Un peso específico de roca de es de 2.63 g/cm<sup>3</sup>. El ensayo granulométrico de la muestra sometido a trituración tiene un D75: 1565, D50:666 D25: 224 de tamaño de malla. El ensayo de molienda se obtuvo un tiempo de molienda de malla 200# en D<sub>60</sub> del orden de: 4.288 minutos.

De acuerdo a los resultados mencionados, en el ensayo de flotación en una muestra de 500g, obtuvimos Concentrado de 11.12g en peso con un rendimiento 2.245 % y Cu de 25.021 %. Un Relave de 442.58 g con un rendimiento de Cu de 89.340 %.

#### **3.4.1.1.2 Pórfido Temprano (Jefp)**

Los análisis químicos de cabeza llevados a cabo en la muestra dan como resultado una concentración promedio de: Cu de 0.217%, S de 1.56 %, Au de 0.0.798 ppm y Ag 5.601 ppm. Un peso específico de roca de es de 2.63 g/cm<sup>3</sup>. El ensayo granulométrico de la muestra sometido a trituración tiene un D75: 2210.99, D50:988.29 D25: 424.68 de tamaño de malla. El ensayo de molienda se obtuvo un tiempo de molienda de malla 200# en D<sub>60</sub> del orden de: 3.88 minutos.

De acuerdo a los resultados mencionados, en el ensayo de flotación en una muestra de 500g, obtuvimos Concentrado de 1.55g en peso con un rendimiento de 0.32 % y Cu de 23.955 %. Un Relave de 443.59 g con un rendimiento de Cu de 91.704 %.

#### **3.4.1.1.3 Brecha mineralizada de granodiorita Zamora (brmn (Jzgd))**

Los análisis químicos de cabeza llevados a cabo en la muestra dan como resultado una concentración promedio de: Cu de 0.9247%, S de 3.133 %, Au de 0.099 ppm y Ag 2.586 ppm. Un peso específico de roca de es de 2.74 g/cm<sup>3</sup>. El ensayo granulométrico de la muestra sometido a trituración tiene un D75: 1488, D50:620 D25: 232 de tamaño de malla. El ensayo de molienda se obtuvo un tiempo de molienda de malla 200# en D<sub>60</sub> del orden de 3.70 minutos.



De acuerdo a los resultados mencionados, en el ensayo de flotación en una muestra de 500g, obtuvimos Concentrado de 9.74g en peso con un rendimiento de 1.99% y Cu de 26.6758 %. Un Relave de 414.13g con un rendimiento de Cu de 84.74 %.

#### *3.4.1.1.4 Brecha mineralizada de pórfido temprana (brmn (Jefp))*

Los análisis químicos de cabeza llevados a cabo en la muestra dan como resultado una concentración promedio de: Cu de 0.4251%, S de 3.58 %, Au de 0.0875 ppm y Ag 2.388 ppm. Un peso específico de roca de es de 2.59 g/cm<sup>3</sup>. El ensayo granulométrico de la muestra sometido a trituración tiene un D75: 1512, D50:677 D25: 258 de tamaño de malla. El ensayo de molienda se obtuvo un tiempo de molienda de malla 200# en D<sub>60</sub> del orden de: 3.612 minutos.

De acuerdo a los resultados mencionados, en el ensayo de flotación en una muestra de 500g, obtuvimos Concentrado de 5.05g en peso con un rendimiento de 1.044% y Cu de 27.837 %. Un Relave de 411.5 g con un rendimiento de Cu de 85.077 %.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- La mina Mirador representa un sistema magmato-mesothermal desarrollado con diferentes fases de intrusiones filonianas & hipoabisales, siendo la cuarzo-monzonita del complejo intrusivo de Zamora (Jzgd), la roca de caja en el yacimiento, está a su vez emplazada de intrusiones por diques de pórfidos tempranos (Jefp) asociados con el primer evento de mineralización, igualmente una Brecha hidrotermal mineralizada (brmn), con clastos de las litologías anteriores (Brmn (Jzgd) y Brmn (Jzgd)) rellenos de sulfuros, en una matriz silíceas, asociada a un segundo evento de mineralización.
- Las rocas mineralizadas dentro y fuera del límite de mineralización constituye la granodiorita Zamora (Jzgd); pórfido Temprano (Jefp), brecha mineralizada de Zamora brmn (Jzgd) y brecha mineralizada de Porfido Temprano (Jefp).
- De acuerdo al análisis mineralógico macroscópico, microscópico, análisis de DRX y análisis químicos, la calcopirita constituye la mena principal de cobre en la zona primaria. En la Zona enriquecida, la calcosina constituye la mena de cobre, los minerales secundarios son el Au, Ag que representan un subproducto en el beneficio de la planta Mirador.
- La Calcopirita representa la mena principal de cobre económica de las litologías mineralizadas presentes en el yacimiento de Mirador, además en los análisis de difracción de rayos X se detectó la presencia de un mineral raro de Cobre como Clinoclasa (un arsenato) en la muestra de (Jzgd), es poco característico en la minas de cobre, pero por lo general se localiza de transición entre la zona Enriquecida hacia la Zona primaria donde en su parte superior se presentan los oxidos, carbonatos, y rara vez arsenatos de Cu.
- De acuerdo al análisis químico realizada a cada tipo de roca mineralizada se obtuvo los siguientes resultados que se detallan en la tabla siguiente:

Análisis químico de las muestras mineralizadas ( Cu, S Au, Ag)					
No	Nombre de muestra	% Cu	Au (ppm)	Ag (ppm)	% S
1	Jzgd	<b>0.8982</b>	0.1722	1.4448	3.2233
2	Jejp	0.2175	0.0798	<b>5.6013</b>	1.5650
3	brmn (Jzgd)	<b>0.9247</b>	0.0991	2.5868	3.1339
4	brmn (Jejp)	0.4251	0.0875	2.3885	3.5826
<b>Ley promedio en Mirador</b>		0.53	0.17	1.41	

La granodiorita Zamora (Jzgd) y la brecha mineralizada de Zamora Brmn (Jzgd) son las rocas que más valor de cobre tienen, su y su mineralización es estable en casi toda la roca, la brecha de pórfido tiene valores que se encuentran sobre la ley de corte, pero presenta variaciones que pueden en ocasiones bajar hasta 0.21% de cobre, esto por la presencia de clastos de pórfido temprano, la presencia de los pórfidos tempranos dentro de la Mina baja la ley de minerales de cobre debido a su inconsistencia mineralógica que no presenta una mineralización continua.

- El análisis granulométrico para las muestras de las muestras mineralizadas en el proceso de trituración nos da un tamaño de malla de grano ( $D_{50}$ ) del orden de:

No. malla	Jzgd	Jejp	brmn (Jzgd)	brmn (Jejp)
d75	1565	2210.99	1488	1512
<b>d50</b>	666	988.29	620	677
d25	224	424.68	232	258

- Para la determinación del tiempo de molienda necesario, para obtener una granulometría de D60% bajo malla #200 (< 75 micras), se realizó moliendas a 2, 4 y 6 minutos, obteniendo los siguientes resultados:

minutos	Jzgd	Jejp	brmn (Jzgd)	brmn (Jejp)
<b>d60</b>	4.288	3.885	3.701	3.612

- En el ensayo de flotación (Primera y de limpieza) para las muestras mineralizadas, a partir de los datos obtenidos previamente se obtuvo leyes de concentrados de cobre y rendimientos (Re) que varían de acuerdo a: Jzgd 25.021%Cu, 89.340%Re; Jejp 23.955%Cu 91.704%Re; brmn(Jzgd) 26.676%Cu 84.745 %Re; brmn(Jejp) 27.837%Cu 85.077%Re. Conforme a los resultados obtenidos la granodiorita Zamora y la brecha Zamora son las rocas que presentan mejor ley de Cobre con una mineralización más homogénea.

## 4.2 Recomendaciones

- Se recomienda tanto en Planta como en laboratorio realizar las flotaciones o ensayos de flotación por cada litología existente, además tratar por separado la zona enriquecida de la zona primaria.
- En la pila de acopio o Stock Pile se recomienda realizar un análisis proporcional de las litologías presentes, además cruzar la información del registro de transporte desde el banco de explotación hacia la trituración primaria, esto permitirá tener un control de litologías, además tener una mejor dosificación de reactivos, como resultado final mejorar los rendimientos de los concentrados de flotación.
- De los finos contenido en los medios puede suponer el 50% reportado en el concentrado, con la ley de este, con lagunas correcciones en el ensayo puede mejorar los parámetros actuales.
- El primer ensayo de flotación se puede recuperar más con el colector, así mismo en la primera limpieza en donde queda una cantidad considerable de Cobre. Es posible que al agregar agua se hayan diluido los reactivos.
- Se debe tener actualizados los mapeos de rocas de estrío y de las rocas mineralizas, esto ayudará a los técnicos de la Planta de beneficio Mirador a tener una mejor planificación y control de procesos.

# BIBLIOGRAFÍA

- Allaby, M. (2013). A Dictionary of Geology and Earth Sciences. In *Oxford University Press*. [https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5776-7\\_20](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5776-7_20)
- Anthony, J. W., & Bideaux, R.A., Bladh, K.W., Nichols, M. C. (1990). Handbook of mineralogy volume I. In *Mineral Data Publishing* (p. 588).
- Banco Central del Ecuador. (2021). Reporte de Minería. Resultados al tercer trimestre de 2020, Enero 2021. *Banco Central Del Ecuador (BCE). Subgerencia de Programación y Regulación*, 18.  
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ReporteMinero012021.pdf>
- Castro Dorado, A. (2015). *Petrografía de rocas Ígneas y Metamórficas* (Paraninfo (ed.); 1st ed.).
- Climate-Data. (2021). *Clima: Tundayme*. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-zamora-chinchipec/tundayme-181504/>
- Corriente Resources Inc. (2007a). *ANNUAL INFORMATION FORM*.  
<https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1345564/000120445908000624/exh11.htm>
- Corriente Resources Inc. (2007b). *Corriente Copper Belt (copper assets)*.  
[http://www.corriente.com/copper\\_assets/copper\\_assets.php](http://www.corriente.com/copper_assets/copper_assets.php)
- Douglas A. Skoog. (2008). *Principios de Análisis Instrumental*.
- Drobe, J. (2007). *Panantza Copper Project, 43-101 Technical Report*.  
[https://www.researchgate.net/publication/228906469\\_Panantza\\_Copper\\_Project](https://www.researchgate.net/publication/228906469_Panantza_Copper_Project)
- Drobe, J., Hoffert, J., Fong, R., Haile, J., & Collins, J. (2008). *Mirador copper-gold project, 30,000 TPD feasibility study: National Instrument 43-101 Technical Report*.
- Drobe, J., Lindsay, D., Stein, H., & Gabites, J. (2013). Geology, mineralization, and geochronological constraints of the Mirador Cu-Au porphyry district, southeast Ecuador. *Economic Geology*, 108(1), 11–35.  
<https://doi.org/10.2113/econgeo.108.1.11>
- Drzymała, J. (2007). Mineral Processing: Foundations of theory and practice of mineralurgy. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (1st ed.). Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.  
<https://www.dbc.wroc.pl/dlibra/publication/1969/edition/2070#info>

- Ecuacorriente S.A. (2019). *Concesión Minera : Mirador 1 Acumulada. Guía Nro.5.*
- Ecuacorriente S.A. (2021). 米拉多铜矿是中厄合作的典范. Info ECSA.  
<http://www.ecsa.com.ec/index.php/es/noticias/noticias-recientes>
- Gendall, I. R., Quevedo, L. A., Sillitoe, R. H., Spencer, R. M., Puente, C. O., León, J. P., & Povedo, R. R. (1995). Discovery of a Jurassic Porphyry Copper Belt, Panguí Area, Southern Ecuador. *SEG Newsletter*, 111(Seg), 7–15.
- Google Maps. (2021). *Acceso desde APPB a Tundayme.*  
<https://www.google.com.ec/maps/@-0.1081339,-78.4699519,18z?hl=es>
- Jakaité, L. (2020). *QAPF, GABBROIC AND ULTRAMAFIC ROCK CLASSIFICATION SCHEMES.* <https://strike-dip.com/>
- Jinshibao. (2016). *Cono Xmq fresadora bolas de molienda de mineral de pequeño laboratorio Miller.* Shicheng Pioneers Mining Machinery Manufacturer Factory.  
[https://es.made-in-china.com/co\\_ore-separation/product\\_Xmq-Cone-Ball-Milling-Machine-Laboratory-Small-Ore-Grinding-Miller\\_eoinnhrrg.html](https://es.made-in-china.com/co_ore-separation/product_Xmq-Cone-Ball-Milling-Machine-Laboratory-Small-Ore-Grinding-Miller_eoinnhrrg.html)
- John, D. A., Ayuso, R. A., Barton, M. D., Bodnar, R. J., Dilles, J. H., Gray, F., Graybeal, F. T., Mars, J. C., McPhee, D. K., Seal, R. R., Taylor, R. D., & Vikre, P. G. (2010). Porphyry Copper Deposit Model. *U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5070-B*, 169.
- Lavigne, J. (2011). *Technical Report on the Mirador Cu-Au Project, ZamoraChinchipe Province, Ecuador.*
- MERNNR Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2012). *Contrato de Explotación Minera.*
- MERNNR Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2013). *Examen Especial al Proyecto Mirador, en la provincia de Zamora Chinchipe, a cargo del Ministerio de Minería, actual Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables y entidades relacionadas.*  
<https://www.contraloria.gob.ec/WFDescarga.aspx?id=62362&tipo=inf>
- Metso Process Technology. (2014). *Flotación 1 - Fundamentos.*  
<https://learn.edumine.com/store/629826-flotation-1-fundamentals>
- Prodeminca. (2000). *Depositos Porfídicos Epi-mesotermales Relacionados con intrusiones de la Cordillera El Cóndor. Evaluacion de distritos mineros del Ecuador. In Unidad de coordinación del Proyecto Prodeminca Proyecto MEMBIRF 36-55 EC (1ra ed.).*

# APÉNDICES

# APÉNDICE A

## Análisis químico de cabeza (Cu, S, Au, Ag)

### Análisis de contenido de Cobre por el método de digestión total

Este procedimiento tiene como finalidad de eliminar las sales como primera fase, en segunda instancia de produce un proceso de oxidación de los minerales de cobre convirtiéndoles en una solución a continuación de detalla de forma ordenada y sistemática la marcha analítica de proceso de digestión, lo que significa que no se puede obviar los pasos, caso contrario el ensayo se tendría que repetir.

- De la muestra pulverizada se pesa en una balanza electrónica de alta precisión 0.1gramos o 100mg.
- La muestra de 0.1g, se coloca en un vaso de precipitación de 100ml
- Se humedece la muestra con 5 a 10 gotas de agua, tener en cuenta de no verter el agua sobre la muestra podría volatizar la muestra, y tendría que volver a realizar el ensayo de nuevo, es aconsejable verter sobre las paredes internas del vaso de precipitación
- Adicionamos 0.25-0.30ml de Bicloruro de Amonio
- Agregamos 10ml de HCL 36.46g/mol (Ácido Clorhídrico)
- Una vez adicionado todos los ingredientes anteriores en el vaso de precipitación, este se lleva hacia un platocalentador con una temperatura de 250-280°C, se deja consumir hasta una cantidad de 5ml.
- Agregamos 10ml de Ácido Nítrico (65%) en el vaso de precipitación y dejamos sobre el platocalentador hasta que quede 3ml.
- Sobre la muestra de 3ml, se adiciona 5ml de HCL (36.46g/mol), colocamos sobre el platocalentador lo dejamos disecar en su totalidad.
- Sobre la muestra seca se coloca 5ml de HCL + 15 ml de agua destilada, sobre la boca del vaso de precipitación se coloca una luna de reloj para que no emita vapores, se deja hervir por 2 minutos.
- La solución obtenida se vierte en balón aforado de 100ml, la parte faltante se adiciona agua destilada hasta aforar a los 100ml



- Se Agita el balón, la muestra se encuentra lista para ser analizada por absorción atómica.
- En el Equipo de Absorción atómica se calibra la curva con tres muestras Estándares, una vez calibrada se procede a realizar la lectura de los análisis.
- Se procede a realizar los cálculos.

$$Cu(\%) = \frac{p * V * F}{m * 10000}$$

### **Análisis De Contenido de Azufre por el Método De Titulación**

- Pesamos 0.1gramos de muestra pulverizada
- Luego colocamos en un crisol rectangular de 6cmx1cm x0.6cm de alto
- Se enciende el horno, se deja calentar hasta que alcance una temperatura de 1250°C
- Mientras el horno este en proceso de calentamiento, se procede a preparar la solución de peróxido de hidrogeno (400ml peróxido sodio + 40ml de rojo de metilo + azul de metilo) se agrega estos dos componentes hasta dar un color morado.
- El equipo de titulación está compuesto en circuito cerrado horno vaporizador de gases de sulfuros conectados con la campana de titulación, esta campana de titulación está conectada a conductos: agua destilada; Na(OH) y peróxido de hidrogeno.
- Antes de ingresar las muestras al horno hay que regular la campana de titulación, dejando caer hidróxido de sodio Na(OH) hasta que alcance un color verde, encerar la bureta.
- Se introduce la muestra en el tubo portamuestras del horno luego se coloca el tapo y se deja que se evaporicen de 2 a 3 minutos.
- La inyección de los gases producidos por la quema de azufre va producir que se cambie de color verde a morado, en ese momento abrimos el paso de la solución de hidróxido de sodio hasta que cambie a color verde, luego se inyecta agua destilada hasta que cambie de color, después dejamos caer por goteo hasta que cambie de color verde, y repetimos hasta que el color verde sea constante.
- Una vez que la muestra de haya calcinado totalmente se procede a realizar la lectura de consumo de hidróxido de sodio Na(OH) en la bureta, se registra esta cantidad.

- Con los datos obtenidos en las diferentes fases de ensayo, se procede a realizar los cálculos matemáticos, los mismos que se encuentran respaldados en las hojas de cálculo de esta investigación.

$$S(\%) = \left( \frac{V - V_0}{m} \right) * 100$$

$$X(\%) = (F (V-V_0)/m)*100$$

### **Análisis para contenido de Oro por el método de absorción atómica**

- Se pesa 20gramos de muestra pulverizada de roca y se coloca en un matraz de 250ml.
- Se humedece la muestra con agua destilada.
- Se agrega a la muestra bicloruro de Amonio.
- Se agrega 20ml de HCL (36.46g/mol)
- Una vez colocado todos los reactivos descritos anteriormente, se coloca en el plato calentador y se deja que hierva hasta que se consuma hasta la mitad
- Añadir 50ml de solución mixta dejar consumir hasta la mitad.
- Para cuatro muestras es necesario preparar 200ml de solución mixta que se compone con las siguientes fracciones, 100ml H<sub>2</sub>O de agua destilada, 75 ml de HCL y 25 ml de HNO<sub>3</sub>
- Agregar agua hasta el volumen de 125 ml
- Coloca una esponja pequeña en la solución y dejar en el shaker por 60min.
- Sacar la esponja y lavar bien con agua.
- Colocar la esponja en un crisol de porcelana y lleva al horno a una Temperatura inicial de 450°C x 30minutos y luego a una nueva temperatura de 750 x 30minutos
- Colocar 10ml de solución mixta en el crisol, dejar consumir hasta 2ml aproximadamente (la esponja debe disolverse por completo)
- Transferir la muestra a una probeta de 10ml. Solo aforar hasta un volumen de 7ml.
- Agitar y leer en equipo de AA. La curva de calibración se calibra con los siguientes valores 0.25,1.0, 2.0.  
Peso de muestra 20gr.  
Aforo 7ml
- Se procede a realizar los cálculos:

$$Au(ppm) = \frac{p * V * F}{m}$$

### **Análisis para contenido de Plata por el método de absorción atómica**

- Se pesa 1 gramo de muestra pulverizada de la roca mineralizada, se coloca en un vaso de precipitación, además humedecer la muestra con agua destilada
- Agregar 15ml de Ácido Nítrico, se agita, se coloca en el platocalentador, se tapa con lunas de vidrio la boca del vaso en forma parcial, dejar consumir la hasta que tenga 5ml.
- Se agrega 5ml de ácido perclórico (HC104), y se deja vuelve a tapar parcialmente la boca de los vasos precipitación con las lunas de vidrio, y se deja consumir hasta tener una solución de 1ml.
- Se coloca 5ml de HCL, y se consumir que se encuentre casi seca.
- Finalmente agregamos 5ml de HCL y 15ml de H<sub>2</sub>O destilada, se deja hervir por 2 a 3 minutos.
- La solución del vaso de precipitación transferimos aun balón aforado de 50ml.
- Se realiza las lecturas en el equipo de A.A , luego se procede a realizar los cálculos con la siguiente formula.

$$Ag(ppm) = \frac{p * V * F}{m}$$

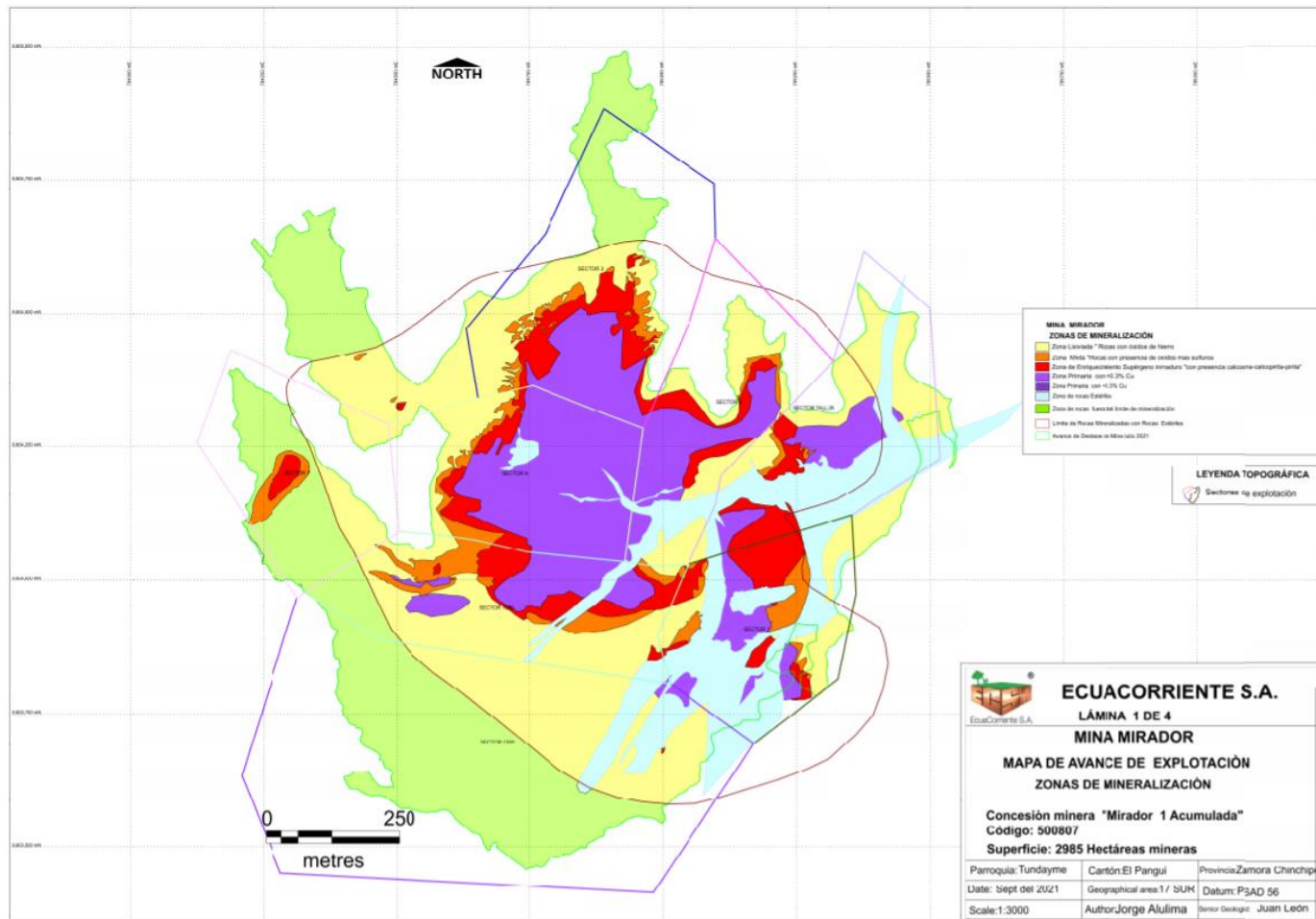
# APÉNDICE B

## Análisis Petrográfico

ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LAS UNIDADES LITÓLOGICAS DE LA MINA MIRADOR																						
			ESTIMACIÓN UNITARIA DE PORCENTAJES DE MINERALES PRESENTES EN LA ROCA																	Total		
Litología	Código	Tipo de roca	Plagioclasa	K-feldespato	Cuarzo	Sericita	Biotita	Clorita	Rutilo	Carbonato	Apatito	Vetillas de cuarzo	Epidota	groundmass	Tetraedrita	Pirrotita	Magnetita	Pirita	Calcopirita	suma total		
CUARZO-MONZONITA	Jzgd	Rocas mineralizadas	35	25	15	4	12	1	1	2									1.5	3.5	100	
CUARZO-MONZONITA	Jzgd		43	26	20	2		4	1				traza							3.8	0.2	100
CUARZO-MONZONITA	Jzgd		43	30	12	5	4	1	1	1							traza			1.5	1.5	100
GRANODIORITA	brmn/Jzgd		47	18	18	5	5	traza	traza	2										2	3	100
PORFIDO DE CUARZO-MONZONITA	brmn /Jefp		21	20	13	30		9	traza	1	traza									4.5	1.5	100
PORFIDO DE CUARZO-MONZONITA	Jefp		34	29	16	7	4	traza	1	traza			5							1	3	100
PORFIDO DE CUARZO-MONZONITA	Jefp		42	30	20	4		1.5	traza		traza			traza	0					1.5	1	100
PORFIDO DE CUARZO-MONZONITA	Jefp		20	25	19	27		3	1	1	traza							traza		2.5	1.5	100
ROCA HÍBRIDA (FACIES DE CONTACTO)	brmn			58	20	16				0.5	traza									3	2.5	100
ROCA HÍBRIDA (FACIES DE CONTACTO?)	brmn			54	12	18	8			0.5	2									3.5	2	100
CUARZO-DIORITA	brmn			58	23	12	1			0.5	2					traza				2	1.5	100
CUARZO MONZONITA CON VETAS DE CUARZO	brmn			22	22	16	5.5	traza	traza		1.5		30							1	2	100
PORFIDO DE CUARZO-MONZONITA	Jhbp	rocas no mineralizadas	40	24	23	5	1	4	0.5	0.5									1.5	0.5	100	
PORFIDO DE CUARZO-MONZONITA	Jhbp		32	4	18	1				traza	4				40					1		100
PORFIDO DE GRANODIORITA	Jhbp		50	11	12	3		5	traza	17	traza								1.5		traza	99.5
CUARZO MONZONITA FRAGMENTAL	brpm		50	17	24	3				traza	3									3		100

# APÉNDICE C

## Zonas Mineralizadas



Plano 1 Zonas de mineralización

