

Tabla de Contenido

1. Introducción.....	1
1.1. Problemática	1
1.2. Presentación	2
1.3. Antecedentes	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. General.....	4
1.4.2. Específicos.....	4
1.5. Ubicación y accesos.....	4
2. Metodología.....	5
2.1. Levantamiento información bibliográfica.....	5
2.2. Campañas de terreno.....	5
2.2.1. Mapeo interior mina	5
2.2.2. Mapeo Superficial.....	6
2.2.3. Descripción de muestras de mano	6
2.3. Muestreo histórico de leyes de cobre (% CuT).....	6
2.4. Sondajes y Modelamiento geológico Leapfrog Geo.....	6
2.5. Estimación de recursos	7
2.5.1. Estimación de tonelajes	7
2.5.2. Cálculo de leyes.....	8
3. Marco Geológico	10
3.1. Contexto Regional	10
3.2. Unidades estratigráficas.....	12
3.2.1. Formación Quebrada del Pobre, Jurásico Inferior (Sinemuriano-Pliesbachiano)	12
3.2.2. Formación Ajial, Jurásico Inferior a Medio (Pliensbachiano-Bajociano).....	12
3.2.3. Formación Cerro Calera, Jurásico Medio (Bajociano medio a superior).....	12
3.2.4. Formación Horqueta, Jurásico Medio (Toarciano-Caloviano).....	13
3.2.5. Formación Lo Prado, Cretácico Inferior (Berrasiano-Valanginiano).....	13
3.2.6. Formación Veta Negra, Cretácico Inferior (Barremiano-Aptiano)	14
3.2.7. Formación Las Chilcas, Cretácico Inferior (Aptiano-Albiano).....	15
3.3. Unidades intrusivas.....	15
3.3.1. Superunidad Mincha (Jurásico) (Jmi4).....	15

3.3.2. Superunidad Illapel, Cretácico Temprano a Medio.....	15
3.4. Depósitos sedimentarios	16
3.4.1. Formación Confluencia	16
3.4.2. Sedimentos aluviales y coluviales	16
3.5. Estructuras y Tectónica.....	17
3.5.1. Dominio Costero.....	17
3.5.2. Dominio Central	18
3.6. Depósitos Minerales.....	18
3.6.1. Distrito de Cabildo.....	18
4. Geología de Mina Rafaela	19
4.1. Generalidades.....	19
4.2. Unidades geológicas	19
4.2.1. Unidades sedimentarias	20
4.2.2. Unidades volcánicas	21
4.2.3. Diques mineralizadores y post-mineral	24
4.3. Alteración hidrotermal	25
4.4. Mineralización	26
4.4.1. Estilos de mineralización.....	28
4.5. Estructuras y mantos mineralizados.....	29
4.5.1. Interior Mina.....	29
4.5.2. Superficie.....	35
4.6. Mapa Geológico.....	36
5. Modelamiento geológico en 3D	37
5.1. Sondajes	37
5.2. Estructuras.....	39
5.2.1. Vetas	39
5.2.2. Sistema de Fallas	43
5.3. Litología.....	44
6. Estimación de recursos	47
6.1. Muestreo histórico de frentes de explotación (% CuT)	47
6.2. Cálculo de tonelajes y leyes.....	49
6.2.1. Tonelajes.....	49

6.2.2. Leyes.....	49
6.3. Tonelajes y Leyes	54
7. Discusiones.....	56
7.1. Modelos geológicos.....	56
7.1.1. Litología.....	56
7.1.2. Control Estructural	57
7.1.3. Modelos anteriores	58
7.2. Modelo de mineralización.....	60
7.2.1. Genesis de Estratoligados de Cu (-Ag).....	60
7.2.2. Clasificación de los depósitos.....	61
7.2.3. Modelo geológico local	61
7.2.4. Comparativa con otros yacimientos	62
7.3. Tonelaje y ley.....	65
8. Conclusiones y recomendaciones.....	67
9. Bibliografía.....	70
ANEXOS	73
Anexo A: Descripción de Muestras	73
Anexo B: Collares de sondajes	88
Anexo C: Muestreo Histórico interior mina	90
Anexo D: Modelo Geológico en software Leapfrog Geo.....	94
Anexo E: Información de mapeo interior mina y superficial	98

Índice de Tablas

Tabla 6.1. Máximos y mínimos de muestreo histórico por sistema de vetas en Mina Rafaela. Se considera solo promedio simple para información, no representa promedio ponderado.	49
Tabla 6.2. Tabla resumen de leyes de Mantos y vetas descritas anteriormente.	54
Tabla 6.3. Tabla resumen de los recursos minerales mantiformes y vetiformes (Indicados e inferidos) en la zona sur de Mina Rafaela.	54
Tabla 6.4. Recursos geológicos probables en la zona sur de Mina Rafaela. Se contabilizan los mantos 3,4 y 5 por completo debido a la nula información de producción y sondajes. .	55
Tabla 6.5. Recursos geológicos probables en la zona norte de Mina Rafaela. Manto 5 solo se recluye a la zona sur.	55
Tabla 7.1. Tabla comparativa de estimación de recursos de los tres estudios realizados en Mina Rafaela. Se destaca que el trabajo de Moscoso (2016) tiene por objetivo determinar la rentabilidad de explotación de óxidos en la faena.	65

Índice de Figuras

Figura 1.1. Precio del cobre en LME (en centavos de dólar por libra) durante los últimos 8 años. Se observa alza una gran alza en el año 2020. Extraído de Cochilco (2023).....	1
Figura 1.2. Mapa de la concesión de Minera Rafaela, junto con la topografía interior mina. Se muestra la división entre la zona norte y zona sur de la propiedad minera.	2
Figura 1.3. Ubicación y accesos Mina Rafaela.	5
Figura 2.1. Potencia mineralizada de 3 metros de Manto 3, que se observa en rojo. Color amarillo indica potencia del manto. Desarrollado con herramienta Función de Distancia en Software Leapfrog Geo.	8
Figura 2.2. Volumen de manto 1 generado en software Leapfrog Geo y perteneciente al sistema de vetas Margarita-Eurides.....	8
Figura 2.3. Ejemplo de modelo realizado mediante Interpolación RBF en Veta Margarita. Obtenida desde software Leapfrog Geo.	9
Figura 3.1. Mapa de los yacimientos metalíferos de la Franja del Cretácico inferior. En rectángulo se encuentran los estratoligados de cobre. Modificado de Makshev et al. (2001).	11
Figura 3.2. Mapa geológico regional de la zona de estudio, modificado de Rivano et al. (1993). En color rojo se encuentra la propiedad minera de Rafaela. Perfil esquemático modificado de Thomas (1958), en el cual se aprecia la disposición de las formaciones y el manto regional entre 20-40° hacia el este.....	17
Figura 3.3. Depósitos minerales tipo mantos y vetiformes entre las formaciones Lo Prado y Veta Negra. Destaca fuerte mineralización en Distrito de Cabildo. Símbolo rojo indica ubicación de Mina Rafaela. Modificado de Boric et al. (2002).	19
Figura 4.1. a) Calcilitas pertenecientes a US1; b) Fósil ammonites de la US2; c) Calizas fosilíferas de la US3.	21
Figura 4.2. a) Brechas volcánicas pertenecientes a la Unidad Volcánica 1; b) Manto 5 entre US3 y UV3.	23
Figura 4.3. a) Dique andesítico de 2 metros de ancho y con pequeña mineralización de calcopirita en los contactos con la roca de caja perteneciente a la UV1. Las líneas punteadas delimitan el dique andesítico. b) Muestra de mano de dique Eurides al interior mina.	24
Figura 4.4. Columna estratigráfica esquemática de Mina Rafaela. Se destaca la disposición de todas las unidades litológicas descritas anteriormente y los mantos asociados a los contactos entre estas. Modificada de Toloza (2017).	25
Figura 4.5. a) Calcopirita en patinas en roca sedimentaria caliza. b) Calcosina en patina sobre veta de calcita con un pequeño halo de calcosina laminada y diseminada, hacia sector izquierdo de la pátina. c) Bornita en cúmulos en calizas y cúmulos de calcosina en veta de calcita. D) Bornita en patinas y cúmulos en brecha volcánica perteneciente a la Unidad volcánica 1 en el sistema de vetas 709.	27
Figura 4.6. Izquierda: Representación esquemática de la mineralización tipo "manto" en el sistema de vetas Margarita-Eurides. Se observa mayor mineralización en contacto inferior con unidad sedimentaria a techo y unidad volcánica a base. Derecha: Mineralización tipo	

manto en Veta Misterio. Se aprecia potencia de 3 metros de mineral que corresponde a la asociación calcosina-calcopirita-bornita. Además, se aprecia desplazamiento de la estructura, el cual se estima en 6 metros.	28
Figura 4.7. a) Calcopirita en vetillas y diseminada en calizas; b) Enrejado de vetillas de calcopirita en calizas (stockwork); c) Muestra de calcosina laminada en calizas; d) Asociación calcopirita-calcosina con esta última laminada y diseminada y con mayor porcentaje en la roca. Esta última imagen se asocia al sistema de veta Misterio, en el “Manto 1”.	29
Figura 4.8. Mapa de las estructuras identificadas al interior mina en la cota 735. Elaboración propia.	34
Figura 4.9. Perfil esquemático que muestra la mineralización dentro de la faena. Se aprecian 5 mantos mineralizados, más la mineralización vetiforme. Elaboración propia.	35
Figura 4.10. Mapa geológico superficial de Mina Rafaela.	37
Figura 5.1. Mapa con la distribución de las 3 campañas de sondajes en Mina Rafaela.	38
Figura 5.2. Izquierda: Vista global de las 2 vetas pertenecientes al sistema. Derecha: Vista en planta en la cota 730 m.	40
Figura 5.3. Perfil transversal que muestra la relación entre estructuras. Se aprecian las intersecciones de esta estructura con los sondajes.	40
Figura 5.4. Izquierda: Vista global de las 4 vetas pertenecientes al sistema. Derecha: Vista en planta en la cota 730 m.	41
Figura 5.5. Perfil transversal que muestra la relación entre estructuras. En amarillo se presenta la topografía de la mina.	41
Figura 5.6. Vista global de la Veta NE. Derecha: Vista en planta en la cota 730 m.	42
Figura 5.7. Perfil transversal que muestra el intercepto de la Veta NE con un sondaje. También se muestra la topografía de la mina en color amarillo.	42
Figura 5.8. Izquierda: Vista global del sistema de vetas. Los colores se conservan para las vetas mineralizadoras del modelo mostrado anteriormente. Derecha: Vista en planta en cota 730.	43
Figura 5.9. Perfil transversal que muestra la relación entre las estructuras. Se aprecia que la falla Caserón Norte (marrón claro) termina en la Veta NE (morado).	44
Figura 5.10. Mapa en planta editado de Modelo Mina Rafaela en software Leapfrog Geo. Se presentan los perfiles representativos del modelo en líneas punteadas.	45
Figura 5.11. Seis perfiles transversales y representativos del modelo geológico en 3D realizado en el software Leapfrog Geo. Estos perfiles se encuentran ordenados de sur a norte. La ubicación de estos se presenta en el mapa superficial de esta sección.	46
Figura 5.12. Vista global del modelo litológico en 3-D de Mina Rafaela.	47
Figura 6.1. Distribución espacial de las muestras de frentes de explotación recolectadas entre 2018 y 2022.	48
Figura 6.2. Modelo de leyes de cobre del Sistema Margarita-Eurides. a) Vista global donde se muestran modelos para Manto1 y Manto 2; b) Vista en planta de ambos modelos (manto 1 y 2); c) Modelo RBF de leyes vetiforme de Dique Eurides con vista hacia el este; d) Modelo de leyes vetiforme de Veta Margarita con vista hacia el este.	50

Figura 6.3. Modelos de leyes del Sistema Galápagos-SE1-709 Oeste. a) Modelo de leyes de CuT (%) de manto 1 de las vetas mencionadas; b) Vista en planta de modelo de los mantos junto con las vetas correspondientes; c) Modelo de leyes de Veta Galápagos con vista hacia el este; d) Modelo de leyes de veta SE1 con vista hacia el este.	51
Figura 6.4. Modelo de leyes de Mantos y vetas de 709 y Misterio. a) Modelo de leyes de Mantos 1 hacia el este de las vetas correspondientes; b) Vista en planta de los mantos con sus respectivas vetas; c) Modelo de leyes de Veta 709 con vista hacia el Este; d) Modelo de leyes de Veta Misterio con vista hacia el Este.....	52
Figura 6.5. Interceptos de dos sondajes en la Veta NE. Vista hacia el Norte.	53
Figura 7.1. Comparación del sistema estructural de Mina Rafaela (a) y El Soldado (b). Se destaca que en la Figura b, A: Fallas principales; B: Fallas secundarias; C: Fracturas. Modificado de Boric et al., 2002.	58
Figura 7.2. Comparativa entre mapa geológico del modelo anterior (a) y modelo actual (b). Se aprecia similitudes en las unidades litológicas, aunque con diferentes alcances hacia el norte. Modificado de Toloza (2017).....	59
Figura 7.3. Comparativa de la mineralización tipo manto entre modelo anterior (a) y modelo actual (b). Se aprecia en la Figura b que los mantos 2 y 4 no se contabilizan en Figura a. Modificado de Toloza (2017).....	60
Figura 7.4. Modelo de mineralización de Mina El Soldado. Obtenido de Boric et al. (2002).	63
Figura 7.5. Modelo de mineralización de Mina Cerro Negro. Obtenida de Elgueta et al. (1990).....	64
Figura 7.6. Perfil esquemático del modelo de mineralización de Mina El Guayacán. Obtenida de Camus (1990).....	64