

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Antecedentes y Motivación	10
1.2. Descripción del Problema	11
1.3. Solución propuesta	12
1.4. Objetivo general	13
1.5. Objetivos específicos	13
1.6. Alcances	14
2. MARCO TEÓRICO	15
2.1. Relaves mineros	15
2.1.1. Clasificación de depósitos de relaves	15
2.1.2. Impactos negativos asociados a los relaves mineros	16
2.1.3. Relaves en Chile y en la región del Maule	17
2.2. Fundamentos de flotación	20
2.2.1. Flotación espumante	20
2.2.2. Flotación inversa	23
2.3. Reactivos usados en la flotación	23
2.3.1. Colectores	23
2.3.2. Espumantes	26
2.3.3. Modificadores	27
2.4. Silicatos	27
2.5. Espuma de vidrio	29
2.5.1. Fabricación de espuma de vidrio	30
2.5.2. Principales elementos que constituyen la espuma de vidrio	31
3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	33
3.1. Equipos utilizados	33
3.1.1. Tamizador Ro-Tap y serie de Tamices	33
3.1.2. Analizador portátil de FRX	33
3.1.3. Celda de flotación EDEMET	34
3.1.4. Filtro de presión EDEMET	35
3.1.5. Horno de secado Belhor	36
3.1.6. Balanza analítica	36
3.2. Reactivos empleados	37

3.2.1.	Colectores	37
3.2.2.	Espumantes	38
3.2.3.	Modificadores	38
3.2.4.	Medio acuoso.....	38
3.3.	Materiales.....	39
3.3.1.	Muestras de relaves	39
3.3.2.	Determinación de la Humedad	39
3.3.3.	Determinación de la densidad de relave.....	40
3.3.4.	Determinación del peso específico con picnómetro	41
3.3.5.	Análisis granulométrico	41
3.3.6.	Análisis químico por fluorescencia de rayos X (FRX)	42
3.4.	Preparación de reactivos.....	43
3.4.1.	Preparación de colector xantato amílico de potasio (PAX)	43
3.4.2.	Preparación de colector <i>aerophine</i> 3418	44
3.4.3.	Preparación de espumante metil isobutil carbinol (MIBC).....	45
3.4.4.	Preparación de la solución de HCl	46
3.4.5.	Preparación de la solución de Cal	46
3.5.	Pruebas de flotación	46
3.5.1.	Preparación del material empleado para las pruebas de flotación	46
3.5.2.	Preparación de la pulpa	47
3.5.3.	Pruebas de flotación empleando PAX y <i>Aerophine</i> 3418	48
3.6.	Índices metalúrgicos	49
3.6.1.	Recuperación	49
3.6.2.	Razón de enriquecimiento.....	49
3.6.3.	Índice de selectividad.....	50
3.6.4.	Razón de concentración	50
3.6.5.	Rendimiento de concentración.....	50
4.	RESULTADOS.....	52
4.1.	Generalidades	52
4.2.	Caracterización del relave Chépica.....	53
4.2.1.	Caracterización física	53
4.2.2.	Análisis de los elementos químicos mediante fluorescencia de rayos X (FRX)	54
4.2.3.	Análisis mineralógico mediante mineralogía automatizada (TESCAN)	56

4.3.	Resultados de las pruebas de flotación.....	57
4.3.1.	Resultados de flotación mediante el uso del colector PAX	58
4.3.2.	Resultados de flotación mediante el uso del colector Aerophine 3418	70
5.	CONCLUSIONES.....	82
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Porcentajes (%) compuestos mayoritarios presentes en relave de Mina Chépica	18
Figura 2.2 Elementos minoritarios (g/t) y trazas (g/t) presentes en el relave Mina Chépica	19
Figura 2.3 Elementos de tierras raras (g/t) presentes en el relave Mina Chépica.....	19
Figura 2.4 Esquema de adhesión selectiva en flotación (Contreras, 2018).	20
Figura 2.5 Ángulo de contacto formado por las tensiones superficiales (Contreras, 2018).	21
Figura 2.6 Potencial Zeta. (Contreras, 2018).....	22
Figura 2.7 Calificación de colectores (elaboración propia).	24
Figura 3.1 Ro-Tap y serie de tamices.	33
Figura 3.2 Analizador de fluorescencia de Rayos X (Thermo Niton XL3t).	34
Figura 3.3 Montaje de la Celda de Flotación (EDEMET).	35
Figura 3.4 Filtro de presión (EDEMET).....	36
Figura 3.5 Horno de Secado (Bellhor).....	36
Figura 3.6 Balanza micro analítica (Boeco).	37
Figura 3.7 Vista del área de descarga de relave.	39
Figura 4.1 Curva granulométrica del relave Chépica.....	54
Figura 4.2 Ley de Si, Fe y S presentes en el material retenido en cada malla de la serie de tamices.	55
Figura 4.3 Recuperación de elementos principales en función del pH empleando colector PAX a 40 g/ton.	59
Figura 4.4 Ley de Si en función del pH empleando colector PAX a 40 g/ton.	60
Figura 4.5 Ley de Al, Fe, K y S en función del pH empleando colector PAX a 40 g/ton.	61
Figura 4.6 Ley de Cu, Pb y Zn en función del pH empleando colector PAX a 40 g/ton.	61
Figura 4.7 Recuperación de elementos principales en función del pH empleando colector PAX a 60 g/ton.	62
Figura 4.8 Ley de Si en función del pH empleando colector PAX a 60 g/ton.	63
Figura 4.9 Ley de Al, Fe, K y S en función del pH empleando colector PAX a 60 g/ton.	64
Figura 4.10 Ley de Cu, Pb y Zn en función del pH empleando colector PAX a 60 g/ton.	64
Figura 4.11 Recuperación de elementos principales en función del pH empleando colector PAX a 80 g/ton.	66
Figura 4.12 Ley de Si en función del pH empleando colector PAX a 80 g/ton.	66
Figura 4.13 Ley de Al, Fe, K y S en función del pH empleando colector PAX a 80 g/ton.	67
Figura 4.14 Ley de Cu, Pb y Zn en función del pH empleando colector PAX a 80 g/ton.	68
Figura 4.15 Recuperación de elementos principales en función del pH empleando colector Aerophine 3418 a 10 g/ton.....	71
Figura 4.16 Ley de Si en función del pH empleando colector Aerophine 3418 a 10 g/ton.	72
Figura 4.17 Ley de Al, Fe, K y S en función del pH empleando colector Aerophine 3418 a 10 g/ton.	73
Figura 4.18 Ley de Cu, Pb y Zn en función del pH empleando colector Aerophine 3418 a 10 g/ton.	73
Figura 4.19 Recuperación de elementos principales en función del pH empleando colector Aerophine 3418 a 30 g/ton.....	74
Figura 4.20 Ley de Si en función del pH empleando colector Aerophine 3418 a 30 g/ton.	75
Figura 4.21 Ley de Al, Fe, K y S en función del pH empleando colector Aerophine 3418 a 30 g/ton.	76
Figura 4.22 Ley de Cu, Pb y Zn en función del pH empleando colector Aerophine 3418 a 30 g/ton.	76

Figura 4.23 Recuperación de elementos principales en función del pH empleando colector Aerophine 3418 a 50 g/ton.....	77
Figura 4.24 Ley de Si en función del pH empleando colector Aerophine 3418 a 50 g/ton.	78
Figura 4.25 Ley de Al, Fe, K y S en función del pH empleando colector Aerophine 3418 a 50 g/ton.	79
Figura 4.26 Ley de Cu, Pb y Zn en función del pH empleando colector Aerophine 3418 a 50 g/ton.	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Clasificación de los silicatos.	28
Tabla 2.2 Composiciones elementales (% en peso) presentes en estudios ligados a la fabricación de espuma de vidrio (Lobos, 2019).	32
Tabla 3.1 Tamaño de abertura de las mallas empleadas en la caracterización granulométrica del lote completo.	42
Tabla 3.2 Condiciones de operación de la celda de flotación EDEMET.	47
Tabla 3.3 Condiciones estudiadas en las pruebas de flotación.	49
Tabla 4.1 Resultados de la caracterización granulométrica.	53
Tabla 4.2 Análisis químico de fluorescencia de rayos x (FRX), que representa la alimentación de las bolsas que se usaron como pruebas de flotación.	55
Tabla 4.3 Resultados de mineralogía automatizada TESCAN.	57
Tabla 4.4 Resultados de la Re para las mejores condiciones de pH en las concentraciones de PAX estudiadas.	69
Tabla 4.5 Resultados de Rc, V e IS para las mejores condiciones de pH en las pruebas de flotación inversa empleando PAX.	70
Tabla 4.6 Resultados de la Re para las mejores condiciones de pH en las concentraciones de AERO estudiadas.	80
Tabla 4.7 Índices metalúrgicos a diferentes concentraciones de AERO respecto al elemento Si.	81