

Indice General

CAPÍTULO 1: Introducción.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Objetivo General	3
1.3 Objetivos Específicos	3
1.4 Alcances.....	3
CAPÍTULO 2: Marco Teórico	5
2.1 Antecedentes del arsénico	5
2.1.1. Usos del arsénico.....	6
2.1.2. Efectos del arsénico en el Medio Ambiente.....	7
2.1.3. Efectos del arsénico en la Salud	7
2.1.4. Arseniuro para elementos estratégicos como el cobalto	9
2.2 Antecedentes del cobalto	9
2.2.1. Mineralogía del cobalto.....	11
2.2.2. El cobalto en la naturaleza.....	12
2.2.3. Usos del cobalto	12
2.3 La fiebre del cobalto	15
2.4 Principales depósitos de cobalto	17
2.5 Minería del cobalto	18
2.5.1. Minería y explotación alrededor del mundo.....	18
2.5.2. Minería de cobalto en Chile.....	21
2.6 Potenciales de cobalto en Chile	23
2.6.1. Yacimientos Potenciales de cobalto como Mena Primaria	23

2.6.2.	Yacimientos Potenciales de cobalto como Subproducto	24
2.6.3.	Relaves Potenciales de cobalto	25
2.7	Metalurgia extractiva del cobalto	25
2.7.1.	Obtención de cobalto a partir de Mena Primaria de cobre	26
2.7.2.	Obtención de cobalto a partir de Mena Primaria de níquel.....	27
2.7.3.	Pirometalurgia del cobalto	28
2.7.4.	Vapometalurgia del cobalto	29
2.7.5.	Hidrometalurgia del cobalto.....	29
CAPÍTULO 3: Metodología Experimental.....		46
3.1	Muestra mineral a usar.....	46
3.2	Reactivos a utilizar en pruebas de lixiviación	48
3.2.1.	Descripción de Otros Reactivos Usados	48
3.3	Equipos Utilizados en Prácticas Experimentales.....	49
3.3.1.	Agitadores Magnéticos.....	49
3.3.2.	Medidor de pH y Potencial	51
3.4	Práctica Experimental	52
3.4.1.	Preparación de Soluciones Lixiviantes	52
3.4.2.	Pruebas en Agitadores Magnéticos.....	53
3.4.3.	Toma de Muestras para cada Prueba	55
CAPÍTULO 4: Resultados y Discusiones.....		57
4.1	Resultados en pruebas de lixiviación ácida a una temperatura de 35 °C durante un periodo de 7 días	57
4.1.1.	Análisis del pH en la lixiviación ácida para extraer cobalto a 35 °C durante un periodo de 7 días	58
4.1.2.	Potencial de oxidación en lixiviación ácida para la extracción de cobalto a 35 °C durante un periodo de 7 días.....	60

4.2	Resultados en pruebas de lixiviación amoniacal a una temperatura cercana a los 35 °C durante un periodo de 7 días.....	61
4.2.1.	Efecto del pH en la lixiviación amoniacal para extracción de cobalto a 35 °C durante 7 días.....	63
4.2.2.	Efecto del potencial de lixiviación amoniacal en la extracción de cobalto a 35 °C durante 7 días	64
4.3	Resultados en pruebas de biolixiviación a temperatura ambiente a 7 días y 15 días	65
4.3.1.	Efecto del pH en la biolixiviación para extracción de cobalto a temperatura ambiente durante un periodo de 7 días y periodos de 15 días ...	69
4.3.2.	Efecto del potencial de biolixiviación en la extracción de cobalto a temperatura ambiente durante un periodo de 7 días y periodos de 15 días ...	71
4.4	Mejores extracciones de cobalto respecto al total de las pruebas durante 7 días	72
4.5	Resultados en la extracción de arsénico en cada proceso lixivante.....	73
CAPÍTULO 5:	Conclusiones.....	76
CAPÍTULO 6:	Recomendaciones	78
CAPÍTULO 7:	Referencias Bibliográficas.....	79

Indice de Figuras

Figura 2.1: Cáncer de piel producto de la ingesta prolongada de agua con arsénico (Lillo, 2008).....	8
Figura 2.2: Loza y vidriería pigmentada con cobalto (Alves, 2009; Vargas, 2018)14	
Figura 2.3: Esquema básico de una batería de ion litio (LIB) (Isasi & Pérez, 2009)	16
Figura 2.4: Producción global de cobalto según tipo de mineral (ton de Co) (CRU, 2018)	20
Figura 2.5: Principales productores de cobalto en el mundo al año 2019 (TECHNOLOGY, 2019)	21
Figura 2.6: Procesamiento de menas de cobre – cobalto (CRU, 2018)	27
Figura 2.7: Procesamiento de menas de níquel – cobalto (CRU, 2018).....	28
Figura 2.8: Diagrama Eh vs pH para el sistema Fe, H ₂ O, NH ₃ , Ni y Co (Miranda, 2016)	40
Figura 2.9: Diagrama de pourbaix para un sistema de cobalto (0.01 mol) a 25 °C (software HSC 5.1)	45
Figura 3.1: Mineral a Procesar Compuesto de escuterudita y ramelsberguita	46
Figura 3.2: Curva Granulométrica	47
Figura 3.3: Agitador Magnético MS-H-S10.....	50
Figura 3.4: Agitador Magnético HI 190M	51
Figura 3.5: Medidor de pH y Potencial de Oxidación.....	52
Figura 3.6: Esquema Básico de un Agitador Magnético (Modificación propia).....	55
Figura 3.7: Cilindros de muestras con Carbonato de Amonio	56
Figura 4.1: Extracción de cobalto en medios ácidos variando condiciones de Cl ⁻ y considerando la participación de Fe ⁺² y un reductor, a una temperatura de 35 °C durante 7 días.	58
Figura 4.2: pH en pruebas de lixiviación ácida a una temperatura de 35 °C durante 7 días.....	59

Figura 4.3: Potencial de oxidación en pruebas de lixiviación ácida a una temperatura de 35 °C durante 7 días.	61
Figura 4.4: Extracción de cobalto utilizando 3.0 M de componentes amoniacales, uno para cada prueba, considerando una temperatura de 35 °C durante un periodo de 7 días.....	62
Figura 4.5: pH en pruebas de lixiviación amoniacal a una temperatura de 35 °C durante 7 días.	64
Figura 4.6: Potencial de oxidación en pruebas de lixiviación amoniacal a una temperatura de 35 °C durante un periodo de 7 días.	65
Figura 4.7: Extracción de cobalto mediante biolixiviación con un inóculo ferrooxidans y uno ferrivorans a temperatura ambiente durante periodos de 7 y 15 días.....	67
Figura 4.8: Comportamiento de la densidad de población del inóculo ferrooxidans para una prueba de 7 días de lixiviación.	68
Figura 4.9: Comportamiento de la densidad de población del inóculo ferrooxidans y ferrivorans para pruebas de 15 días de lixiviación.	69
Figura 4.10: pH en pruebas de biolixiviación a temperatura ambiente durante periodos de 7 y 15 días.	70
Figura 4.11: Potencial de oxidación en pruebas de biolixiviación a temperatura ambiente durante periodos de 7 y 15 días.	71
Figura 4.12: Mejores resultados en la extracción de cobalto tomando en cuenta cada tipo de lixiviación a sus respectivas condiciones de temperatura y tiempo. .	73
Figura 4.13: Extracción de arsénico en cada una de las pruebas luego de 7 días ordenadas de menor a mayor.	74
Figura 4.14: Extracción de arsénico en pruebas con 15 días de procesamiento. .	75

Indice de Tablas

Tabla 2.1: Características del arsénico (Pino, 2005)	5
Tabla 2.2: Características del cobalto (Corp, 2020).....	10
Tabla 2.3: Minerales que contienen cobalto (Survey, 2009).....	11
Tabla 3.1: Composición Mineralógica de la Muestra a Lixiviar.	47
Tabla 3.2: Composición Química de la Muestra a Lixiviar.	48
Tabla 3.3: Reactivos para Pruebas de Lixiviación	48
Tabla 3.4: Condiciones propuestas para pruebas de Lixiviación Ácida	53
Tabla 3.5: Condiciones propuestas para pruebas de lixiviación amoniacal	54
Tabla 3.6: Condiciones propuestas para pruebas de Biolixiviación	54