

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	3
2.1. Propiedades de la pirita.	3
2.1.1. Composición y estructura de la pirita.....	3
2.1.2. Propiedades semiconductoras de la pirita.	3
2.1.3. Características de la superficie de la pirita.....	4
2.1.4. Solubilidad de la pirita.	4
2.2. Fundamentos termodinámicos.....	4
2.2.1. Diagramas de Eh – pH.	6
2.3. Fundamentos de cinética química.	7
2.3.1. Ecuación de Arrhenius.	7
2.4. Modelos cinéticos de lixiviación.....	8
2.4.1. Modelo de conversión progresiva.	8
2.4.2. Modelo del núcleo sin reaccionar.....	9
2.4.2.1. Control por difusión en capa porosa.	9
2.4.2.2. Control por reacción química.	10
2.4.2.3. Control mixto.	11
2.5. Fundamentos de cinética electroquímica.	12
2.5.1. Ecuación corriente – sobrepotencial.	12
2.5.2. Control por transferencia de carga (CTC).....	12
2.5.2.1. Aproximación de campo alto.	13
2.5.2.2. Aproximación de campo bajo.	13
2.5.3. Control por transferencia de masa (CTM).	13
2.5.4. Control mixto (CM).	14
2.5.4.1. Aproximación de campo alto.	14
2.5.5. Teoría del potencial mixto en la lixiviación de sulfuros.	14
2.5.6. Carga electroquímica y número de electrones.	16
2.6. Química de las soluciones con cloruro.....	17
2.6.1. Solubilidad de los cloruros de cobre.	17
2.6.2. Formación de complejos de cloruro.	18
2.6.3. Potencial de oxidación.	20
2.7. Hidrometalurgia del cloruro.	20
2.7.1. Lixiviación de sulfuros en medio cloruro.	21
2.7.2. Lixiviación de pirita en medio cloruro.	22
2.7.3. Regeneración del agente oxidante.....	23
CAPÍTULO 3: ESTADO DEL ARTE.....	24
3.1. Mecanismos de disolución de pirita en medio ácido.....	24
3.2. Estudios de lixiviación de pirita en medio cloruro.....	25
3.3. Estudios electroquímicos anódicos de pirita en medio cloruro.....	26
3.4. Estudios electroquímicos catódicos de pirita en medio cloruro.....	28
3.5. Justificación del proyecto.....	29
3.6. Objetivos.	30
3.6.1. Objetivo General.	30
3.6.2. Objetivos específicos.....	30

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA	31
4.1. Pretratamiento del mineral particulado.	31
4.2. Caracterización del mineral particulado.....	31
4.3. Descripción del sistema de lixiviación de pirita con ion cúprico y oxidación de ion cuproso.	31
4.4. Ensayos de lixiviación de pirita en medio cloruro con ion cúprico.	32
4.5. Ensayos de oxidación de ion cuproso en medio cloruro.	32
4.6. Descripción del sistema utilizado en la cronoamperometría de pirita en medio cloruro. ...	33
4.7. Ensayos de cronoamperometría de pirita particulada en medio cloruro.	34
4.8. Elaboración del electrodo masivo de pirita y pretratamiento.....	34
4.9. Descripción del sistema utilizado en ensayos de polarización de pirita en medio cloruro.	35
4.10. Ensayos de polarización anódica de pirita en medio cloruro.	35
4.11. Ensayos de reducción de Cu^{2+} sobre la superficie de pirita en medio cloruro.....	36
CAPÍTULO 5: RESULTADOS.....	37
5.1. Caracterización del mineral y de las soluciones utilizadas.	37
5.1.1. Muestra particulada de pirita.	37
5.1.2. Muestra en cubo de pirita (electrodo masivo).....	38
5.1.3. Análisis de las soluciones.....	38
5.2. Ensayos de lixiviación de pirita en medio cloruro.	39
5.2.1. Efecto de la concentración de ion cúprico.	39
5.2.2. Efecto de la temperatura.....	42
5.3. Modelos cinéticos de lixiviación.....	44
5.3.1. Efecto de la concentración de ion cúprico.	44
5.3.2. Efecto de la temperatura.....	48
5.4. Estequiometría de la reacción de disolución de pirita en medio cloruro.	52
5.4.1. Determinación de la estequiometría de la reacción de disolución de pirita en medio cloruro.	52
5.4.2. Determinación de la estequiometría de la reacción de disolución de pirita en medio cloruro con ion cúprico.....	55
5.5. Ensayos de oxidación del ion cuproso en medio cloruro.	57
5.5.1. Efecto de la concentración de ion cuproso.....	57
5.5.2. Efecto de la temperatura.....	59
5.6. Ensayos electroquímicos de polarización de pirita en medio cloruro.	62
5.6.1. Efecto de la concentración de ion cúprico.	62
5.6.1.1. Polarización anódica de pirita en medio cloruro.....	62
5.6.1.2. Polarización total de pirita en medio cloruro.	63
5.6.1.3. Reducción de Cu^{2+} sobre la superficie de pirita en medio cloruro.....	63
5.6.2. Efecto de la temperatura.....	64
5.6.2.1. Polarización anódica de pirita en medio cloruro.....	64
5.6.2.2. Polarización total de pirita en medio cloruro.	66
5.6.3.3. Reducción de Cu^{2+} sobre la superficie de pirita en medio cloruro.....	67
5.7. Modelos cinéticos de la polarización de pirita en medio cloruro.....	69
5.7.1. Efecto de la concentración de ion cúprico.	69
5.7.1.1. Polarización anódica de pirita en medio cloruro.....	69
5.7.1.2. Reducción de Cu^{2+} sobre la superficie de pirita en medio cloruro.....	71
5.7.2. Efecto de la temperatura.....	73
5.7.2.1. Polarización anódica de pirita en medio cloruro.....	73
5.7.2.2. Reducción de Cu^{2+} sobre la superficie de pirita en medio cloruro.....	75

CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN	78
6.1. Ensayos de lixiviación de pirita en medio cloruro.	78
6.2. Modelos cinéticos de lixiviación.....	80
6.3. Estequiometría de la reacción de disolución de pirita en medio cloruro.	81
6.4. Ensayos de oxidación del ion cuproso en medio cloruro.	82
6.5. Ensayos electroquímicos de polarización de pirita en medio cloruro.	83
6.5.1. Polarización anódica de la pirita en medio cloruro.	83
6.5.2. Reducción de Cu^{2+} sobre la superficie de pirita en medio cloruro.....	84
6.6. Modelos cinéticos de la polarización de pirita en medio cloruro.....	85
6.6.1. Polarización anódica de la pirita en medio cloruro.	85
6.6.2. Reducción de Cu^{2+} sobre la superficie de pirita en medio cloruro.....	86
 CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES.....	 87
 BIBLIOGRAFÍA	 89
 ANEXOS	 93
Anexo A: Análisis EDX y mapeo de partícula de pirita inicial y lixiviadas.....	93
Anexo B: Aplicación de las variantes de control del modelo cinético de lixiviación, núcleo sin reaccionar a los ensayos de lixiviación de pirita en medio cloruro.....	96
Anexo C: Ejemplo de cálculo de parámetros cinéticos electroquímicos (método gráfico).....	98