

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	ANTECEDENTES GENERALES	4
2.1	Cobre en Chile	4
2.2	Procesamiento de Minerales de Cobre	4
2.3	Procesamiento de minerales oxidados de Cobre	5
2.3.1	Lixiviación en Pilas	6
2.3.2	Extracción por Solventes	6
2.3.3	Electroobtención	7
2.4	Extracción por Solventes.....	8
2.4.1	Descripción del proceso de extracción por solventes	8
2.4.2	Etapas del proceso de Extracción por Solventes	13
2.4.3	Determinación del Número de Etapas	17
2.4.4	Parámetros de Diseño para Extracción por Solventes	18
2.4.5	Equipos para la Operación de Extracción por Solventes.....	20
2.4.6	Factores que afectan el diseño de una planta de extracción por solventes y su instalación	23
2.5	Escenario Actual a considerar para el diseño de la planta de Extracción por Solventes complementaria a tecnología EWTECH-LED	24
2.5.1	Tecnología de electroobtención EWTECH-LED	25
2.5.2	Planta Potrerillos.....	27
3	OBJETIVOS	29
3.1	Objetivo General	29
3.2	Objetivos Específicos	29
4	METODOLOGÍA	30
4.1	Trabajo Experimental: Composición de Soluciones a Tratar y Determinación de Isotermas.....	30
4.1.1	Método Computacional	30
4.1.2	Método Experimental.....	31
4.2	Diseño de la Operación de Extracción por Solventes	44
5	DISEÑO DE PLANTA DE EXTRACCIÓN POR SOLVENTES	47
5.1	Caracterización de la solución a tratar	47

5.2	Determinación del Reactivo	47
5.3	Isotermas Operacionales	52
5.4	Determinación del Número de Etapas.....	54
5.4.1	Etapas de Extracción.....	54
5.4.2	Etapa de Reextracción	59
5.5	Diseño de la planta de extracción por solventes a escala banco complementaria a tecnología EWTECH-LED.....	60
5.6	Determinación de flujos.....	62
5.7	Diseño y dimensionamiento de equipos para la operación de extracción por solventes.....	65
5.7.1	Diseño y dimensionamiento del Mezclador	66
5.7.2	Dimensionamiento del Decantador.....	68
5.7.3	Diseño <i>del mezclador-decantador</i>	69
5.7.4	Sistema de Bombeo	71
5.7.5	Diseño de Estanques.....	72
5.8	Balances de Masa y Diagrama de Flujo.....	74
5.9	Disposición de Equipos y Puesta en Marcha	78
5.10	Planilla de Diseño	80
6	CONCLUSIONES	84
7	BIBLIOGRAFÍA	86
8	ANEXOS	91
	Anexo A: Datos de Isotermas	91
	Anexo B: Dimensionamiento de Equipos.....	92
	Anexo C: Diagramas de balances de masa por etapa.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la solución electrolítica de alimentación a proceso EWTECH-LED.	2
Tabla 2. Exigencias para la selección del diluyente en el proceso de extracción por solventes de cobre [25].	11
Tabla 3. Reactivos comerciales para la extracción por solventes de cobre en ambiente de ácido sulfúrico [13].	12
Tabla 4. Comparación de proceso convencional para la electroobtención de minerales de cobre con EWTECH-LED.	27
Tabla 5. Instrumentos de laboratorio, insumos y elementos de protección personal necesarios para la experiencia en laboratorio de construcción de isoterma operacionales para extracción por solventes de cobre, de una solución de lixiviación de Potrerillos. Las cantidades mencionadas son para las experiencias al 20 y al 25%.	32
Tabla 6. Volúmenes asociados a la solución para determinar la isoterma de reextracción.	36
Tabla 7. Volúmenes asociados a la solución para determinar la isoterma de extracción.	37
Tabla 8. Concentración de cobre en cada una de las fases para la isoterma de extracción.	40
Tabla 9. Concentración de cobre en cada fase para la construcción de la isoterma de reextracción.	43
Tabla 10. Características de posibles reactivos para utilizar en la extracción por solventes de cobre para solución de lixiviación de Potrerillos.	50
Tabla 11. Parámetros obtenidos en laboratorio para diseñar la operación de extracción por solventes.	52
Tabla 12. Flujos asociados a cada etapa para determinar el flujo total en cada una.	67
Tabla 13. Resultados obtenidos en laboratorio sobre contenido de cobre en las soluciones indicadas.	91
Tabla 14. Dimensionamiento etapa 1 de extracción.	92
Tabla 15. Dimensionamiento etapa 2 de extracción.	93
Tabla 16. Dimensionamiento etapa de lavado.	94
Tabla 17. Dimensionamiento etapa de re-extracción.	95
Tabla 18. Dimensionamiento estanque de orgánico cargado.	96
Tabla 19. Dimensionamiento estanques de agua de lavado y agua de descarte.	96

Tabla 20. Dimensionamiento estanque de electrolito de avance.	96
Tabla 21. Dimensionamiento estanque de recirculación.	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Procesamiento de minerales según su composición.	5
Ilustración 2. Esquema del proceso global de extracción por solventes.	9
Ilustración 3. Estructura química general de las hidroximas usadas comercialmente para procesos de extracción por solventes de cobre.	10
Ilustración 4. Curvas isotermas de extracción para diversos metales, en función del pH con la cetoxima comercial LIX 84 [13].	12
Ilustración 5. Curva isoterma de operación, que muestra la situación de equilibrio (o pseudo-equilibrio, según corresponda) entre una fase acuosa y una fase orgánica, a temperatura constante [13].	14
Ilustración 6. Esquema de flujos para la extracción continua en multi-etapas en configuración contracorriente [13].	15
Ilustración 7. Diagrama de <i>McCabe-Thiele</i> para determinar el número de etapas de la operación de extracción por solventes [13].	18
Ilustración 8. Configuración de equipo mezclador-decantador [33].	20
Ilustración 9. Proceso convencional, alimentación de electrolito a celda de electroobtención, variación de cobre.	26
Ilustración 10. Campo eléctrico del sistema de EWTECH-LED.	26
Ilustración 11. Experiencia de laboratorio: Preparación de la solución de electrolito sintético.	33
Ilustración 12. Experiencia de laboratorio: Embudos de decantación en soporte universal mientras se espera que las fases se separen.	39
Ilustración 13. Experiencia de laboratorio: Extraer solución acuosa del embudo de decantación.	39
Ilustración 14. Construcción de la isoterma operacional de extracción a partir de las razones O/A.	41
Ilustración 15. Experiencia de laboratorio: Filtro de solución acuosa con papel filtro CUALI 125 mm diámetro rápido.	42
Ilustración 16. Experiencia de laboratorio: Almacenamiento de soluciones obtenidas para la isoterma de reextracción.	43
Ilustración 17. Construcción de la isoterma operacional de reextracción a partir de las razones O/A.	44
Ilustración 18. Diagrama ejemplo de <i>McCabe-Thiele</i> para la determinación del número de etapas de extracción de un sistema con un reactivo de 8,7% en volumen y una solución de lixiviación con 1,4 g l ⁻¹ de Cu, 1,3 g l ⁻¹ de Fe y pH 1,8. [13].	46

Ilustración 19. Determinación del porcentaje de reactivo dentro de la solución orgánica para la operación según ISOCALC.	48
Ilustración 20. Rango de transferencia de cobre para la solución orgánica [13].	50
Ilustración 21. Isotermas de extracción obtenidas luego de la simulación con ISOCALC al 20%, 23% y 25% en volumen de LIX84IC.	51
Ilustración 22. Isoterma de extracción al 20% de LIX84IC con su número de etapas para obtener la extracción deseada.	51
Ilustración 23. Isotermas de extracción al 25% en volumen de LIX84IC de un PLS con 6,6 g l ⁻¹ de cobre y pH 1,1. En azul se aprecia la isoterma simulada y en rojo la isoterma obtenida en las pruebas de laboratorio.	53
Ilustración 24. Isotermas de reextracción al 25 %en volumen de LIX84IC. En azul se aprecia la isoterma simulada y en rojo la isoterma obtenida en las pruebas de laboratorio.	53
Ilustración 25. Posibles líneas de operación con sus etapas asociadas.	55
Ilustración 26. Diagrama de operación de extracción de 4 etapas en serie.	55
Ilustración 27. Diagrama de la operación de extracción con 2 etapas en serie.	56
Ilustración 28. Configuración serie paralelo del proceso, se obtienen dos etapas en serie y 2 etapas en paralelo de extracción.	57
Ilustración 29. Diagrama de configuración serie-paralelo.	58
Ilustración 30. Diagrama de McCabe-Thiele que indica la isoterma operacional de extracción para un PLS de 6,6 g l ⁻¹ con LIX84IC. Se obtienen 2 etapas en serie de extracción.	58
Ilustración 31. Isoterma de reextracción, con línea de operación de razón O/A = 2,4. Genera 1 etapa.	60
Ilustración 32. Diagrama de bloques del proceso de extracción por solvente con las etapas principales.	62
Ilustración 33. Diagrama que indica la las operaciones de extracción por solventes y electroobtención con sus entradas y salidas.	64
Ilustración 34. Equipo mezclador-decantador, vista lateral.	65
Ilustración 35. Vista superior de la celda mezcladora-decantadora.	69
Ilustración 36. Vista lateral del equipo mezclador-decantador.	70
Ilustración 37. Divisor de flujo tipo Y para generar los reciclos necesarios en el proceso.	71
Ilustración 38. Diseño Estanque de Orgánico Cargado.	72

Ilustración 39. Diseño estanque de recirculación.	73
Ilustración 40. Diagrama de bloques del proceso de extracción por solventes obtenido para el sistema en estudio.....	75
Ilustración 41. Diagrama de flujos del sistema con el balance de masa asociado.	78
Ilustración 42. Disposición de los equipos dentro del contenedor, vista frontal.....	79
Ilustración 43. Diagrama SX-EW.....	98
Ilustración 44. Diagrama SX.....	98
Ilustración 45. Diagrama Extracción-.....	98
Ilustración 46. Diagrama Reextracción.....	98
Ilustración 47. Diagrama Etapa 1 de Extracción.....	98
Ilustración 48. Diagrama Etapa 2 de Extracción.....	98
Ilustración 49. Diagrama Etapa de lavado.....	99
Ilustración 50. Diagrama estanque de recirculación.....	99