

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción	1
1.1	Motivación y Problemática	1
1.2	Antecedentes Generales	3
1.2.1	Uranio: El elemento de interés	3
1.2.2	Recuperación de uranio en soluciones del tipo fosfórica	5
1.2.3	Extracción por Solventes.....	6
1.3	Objetivos	14
1.3.1	Objetivo General	14
1.3.2	Objetivos Específicos	14
2	Metodología	15
2.1	Materiales	15
2.1.1	Instrumentos de laboratorio:.....	15
2.1.2	Reactivos a utilizar	15
2.2	Seguridad en el laboratorio	16
2.3	Métodos.....	17
3	Resultados y Discusiones	21
3.1	Réplica de extracción por solvente de proceso teórico.	21
3.2	Estudio del efecto del Pretratamiento.....	23
3.3	Estudio del proceso de extracción por solventes del uranio en función de la concentración de reactivos orgánicos.....	25
3.4	Estudio del proceso de re-extracción del uranio	29
3.5	Proceso global y determinación de base de cálculo.	32
4	Estimación de costos del proyecto	33
5	Conclusiones	34
6	Bibliografía.....	35
7	Anexos.....	38
7.1	Anexos 1. Desechos radiactivos.....	38
7.2	Anexos 2. Antecedentes del uranio.	41
7.2.1	Compuestos de uranio	41
7.2.2	Isótopos del uranio	42
7.2.3	Reacciones asociadas al uranio-238.....	44
7.2.4	Recuperación de uranio en solución.....	45

7.3	Anexos 3. Extracción por solventes	46
7.3.1	Química de la extracción por solventes.....	46
7.4	Anexos 4. Resultados	51
7.4.1	Composición de muestra a tratar	51
7.4.2	Replica de extracción por solventes de proceso teórico	51
7.4.3	Análisis de Pretratamiento	52
7.4.4	Extracción por solventes	52
7.4.5	Re-extracción del uranio	53
7.5	Anexos 5. Ejemplo de cálculo.....	54
7.5.1	Cálculo de coeficiente de reparto	54
7.5.2	Concentración Molar de fosfato no adosado a los complejos de uranio	54
7.5.3	Cálculo del número de etapas para conseguir objetivo de extracción.....	54
7.5.4	Cálculo de actividad total de una solución.....	55
7.5.5	Pretratamiento	55
7.6	Anexos 6. Costo de Reactivos.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composiciones de uranio, ácido fosfórico y actividad en muestras a tratar.	2
Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas del uranio [3].	3
Tabla 3. Actividad específica de los distintos isótopos del uranio [4].	5
Tabla 4. Composición de roca fosfatada y concentración de uranio presente alrededor del mundo [5].	6
Tabla 5. Especiación de uranio presente en soluciones del tipo fosfórica y estado de oxidación del metal en estas [8].	10
Tabla 6. Actividad por litro y actividad total de muestra 330/00 a tratar con proceso DEHPA/TOPO.	22
Tabla 7. Coeficientes de reparto de réplica de extracción de uranio de proceso industrial.	22
Tabla 8. Molaridad de fosfato no adosado a complejos de uranio.	23
Tabla 9. Porcentajes relativos de las especies con uranio en la muestra a tratar promedio con molaridad de fosfato no adosado a complejos de uranio de 1,52 [M].	23
Tabla 10. Coeficiente de partición, número de etapas para conseguir 1,67 [ppm] de concentración de uranio en solución y volumen de orgánico a usar para tratar un litro de solución madre en función de razón entre fases orgánica e inorgánica. Para el tiempo de proceso se considera que cada etapa consiste en tiempos de reacción y decantación total de 14 horas.	26
Tabla 11. Coeficiente de partición para distintas razones de DEHPA y TOPO dentro de la fase orgánica en función de distintas razones entre las fases.	29
Tabla 12. Coeficiente de partición, número de etapas para conseguir 1,67 [ppm] de concentración de uranio en solución y volumen de orgánico a usar para tratar un litro de solución madre de muestras con razón de DEHPA TOPO de 8:1.	29
Tabla 13. Estimación de costos de reactivo para cada batch y costo total para tratar los 240[L] de solución inicial.	33
Tabla 14. Características generales de fuentes de desechos radiactivos. [17].	38
Tabla 15. Características generales de fuentes de desechos radiactivos (continuación). [17]	39
Tabla 16. Descripción de los tipos de desechos radiactivos [18].	40
Tabla 17. Principales compuestos de uranio y algunas de sus características [3].	41
Tabla 18. Isótopos del uranio (de ^{215}U a ^{233}U) [3].	42
Tabla 19. Isótopos del uranio (de ^{234}U a ^{242}U) [3].	44
Tabla 20. Técnicas de tratamiento de residuos radiactivos [19].	45
Tabla 21. Efecto de la extracción a partir de distintos diluyentes para DEHPA 3[M] en base clorhídrica [29].	49
Tabla 22. Composición de muestras a tratar. Datos entregados por la Comisión Chilena de Energía Nuclear.	51
Tabla 23. Resultados de réplica de extracción por solventes de proceso teórico.	51
Tabla 24. Resultados Análisis de Pretratamiento.	52
Tabla 25. Resultados de extracción por solventes con DEHPA 0,25 [M] TOPO 0,0625 [M].	52
Tabla 26. Resultados para distintas razones de DEHPA y TOPO dentro de la fase orgánica en función de distintas razones entre las fases	52

Tabla 27. Resultados de curva de tiempo de reacción de la etapa de re-extracción del uranio con los dos reactivos a analizar.	53
Tabla 28. Resultados de concentración de hierro con respecto al porcentaje de descarga del uranio.	53
Tabla 29. Costo de reactivos utilizados en el proceso de reducción de volumen de soluciones fosfóricas con contenido de uranio.	56
Tabla 30. Costo de reactivos utilizados en el proceso de reducción de volumen de soluciones fosfóricas con contenido de uranio (continuación).	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Distribución global de recursos de uranio [4].	4
Ilustración 2. Esquema de proceso de extracción por solventes [6].	7
Ilustración 3. Diagrama de Bloques del proceso a realizar [5].	9
Ilustración 4. Cantidades relativas de especies de uranio en solución fosfórica en función de la molaridad de fosfato no adosado a estas [8].	10
Ilustración 4. Estructura organocompleja tras la reacción de extracción por solventes de UO_2^{2+} [10].	11
Ilustración 5. Representación de proceso de extracción por solventes (elaboración propia).	12
Ilustración 6. Diagrama de flujos del proceso realizado.	17
Ilustración 7. Pretratamiento de muestra del tipo fosfórica con contenido de uranio natural perteneciente a la Sección de Gestión de Desechos Radiactivos de la Comisión Chilena de Energía Nuclear.	18
Ilustración 8. Proceso de extracción por solvente. a) representa la reacción del proceso de extracción por solventes donde se incorporan a la solución del tipo fosfórica con contenido de uranio natural los reactivos orgánicos TOPO y DEHPA diluidos en keroseno. b) muestra el proceso de decantación de dicha reacción, donde la zona superior contiene el reactivo orgánico ahora con uranio y en la zona inferior se ve la solución fosfórica tratada, la cual debiese contener una menor concentración de uranio comparativamente con las condiciones iniciales.	19
Ilustración 9. Proceso de re-extracción del uranio. a) representa la reacción del proceso de re-extracción del uranio, donde se incorpora a la solución del tipo orgánica una nueva fase fosfórica con ion ferroso y se deja reaccionar a 45°C. b) muestra el proceso de decantación de dicha reacción, donde la zona superior contiene el reactivo orgánico libre de uranio y en la zona inferior se ve la nueva solución fosfórica con contenido de uranio natural.	20
Ilustración 11. El potencial normal de electrodo del par U(VI)/U(IV) y Fe(II)/Fe(III) en función de concentración molar de ácido fosfórico. [14]	30
Ilustración 12. Esquema de clasificación de los desechos radiactivos.	39
Ilustración 13. Decaimiento radiactivo del uranio-238 [3].	44
Ilustración 14. Reacción de generación de plutonio-239 [3].	45
Ilustración 15. Fenomenología de la extracción por medio de agentes quelantes [20].	47

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje de uranio natural dentro de la solución madre tras etapas sucesivas en la réplica del proceso DEHPA/TOPO (sin duplicado).	21
Gráfico 2. Porcentaje de extracción de uranio con o sin Pretratamiento de la muestra.	24
Gráfico 4. Porcentaje de extracción por fase acuosa de mezcla sinérgica de DEHPA 0,25[M] y TOPO 0,0625 [M] en función de la razón de fases orgánica e inorgánica.	26
Gráfico 5. Proporción de DEHPA y TOPO dentro de la componente orgánica en función de distintas razones entre fases orgánica e inorgánica. No se realizó duplicado de dicha experiencia.	28
Gráfico 6. Curva cinética de reacción de la etapa de re-extracción del uranio con los dos reactivos a analizar.	30
Gráfico 7. Concentración de hierro con respecto al porcentaje de descarga del uranio (sin duplicados).	31
Gráfico 7. Concentración de uranio natural en fase inorgánica tras serie de etapas sucesivas de extracción por solvente con proceso DEHPA/TOPO [5].	51