

Índice de contenidos

Resumen.....	1
Abstract.....	3
<i>Capítulo 1- Introducción</i>	
1.1 Objetivo general de la Tesis.....	5
1.2 Antecedentes vinculados a la producción de Molibdeno-99.....	7
1.2.1 Producción de Molibdeno-99 a nivel mundial y local.....	8
1.2.2 Problemática asociada a la emisión de gases radiactivos.....	10
1.3 Descripción del proceso de producción de Molibdeno-99 en el CAE.....	11
1.3.1 Generación de gases y confinamiento.....	12
1.3.2 Limitaciones asociadas al esquema actual de confinamiento de gases.....	18
1.3.2.1 Imposibilidad de aumentar la producción.....	18
1.3.2.2 Imposibilidad de disminuir la tasa de emisión.....	18
1.3.3 Condiciones de contorno de la solución.....	20
1.4 Técnicas para la separación de hidrógeno a partir de mezclas gaseosas.....	21
1.4.1 Destilación criogénica.....	21
1.4.2 Adsorción por presión oscilante (PSA).....	22
1.4.3 Membranas en base Pd.....	23
1.4.4 Materiales formadores de hidruro.....	27
1.4.5 Selección de técnicas para la separación de hidrógeno a partir del gas de disolución.....	33
1.5 Objetivos específicos de la Tesis.....	34
1.6 Estructura de la Tesis.....	35
<i>Capítulo 2- Diseño de solución empleando MFH</i>	
2.1 Introducción.....	38
2.2 Concepto de la solución.....	39
2.2.1 Concepto básico utilizando un reactor con MFH.....	39
2.2.2 Utilización de más de un reactor con MFH.....	42
2.2.3 Utilización de reactores con mayor volumen.....	43
2.2.4 Utilización de un sistema de vaciado.....	43
2.2.5 Utilización de un dispositivo compresor.....	45
2.2.6 Cálculos preliminares.....	47
2.2.7 Elección del tanque a partir del cual se capturará el hidrógeno.....	49
2.2.8 Ubicación del MFH dentro del esquema de captura.....	50
2.3 Materiales formadores de hidruros.....	50
2.3.1 Sistema $\text{LaNi}_{5-x}\text{Sn}_x$ ($0 \leq x \leq 0,5$).....	53
2.3.1.1 Propiedades termodinámicas.....	54
2.3.1.2 Propiedades cinéticas.....	55
2.3.1.3 Capacidad de almacenamiento y estabilidad ante el ciclado.....	57

2.4 Esquema de la solución propuesta.....	59
2.5 Análisis de solución propuesta empleando $\text{LaNi}_{5-x}\text{Sn}_x$ ($0 \leq x \leq 0,5$) como MFH.....	61
2.5.1 Descripción matemática del proceso de absorción.....	64
2.5.2 Resultados del análisis.....	66
2.6 MFH a utilizar en la solución.....	68
Conclusiones.....	69

Capítulo 3- Solución empleando MFH: prototipo de laboratorio y prueba en planta

3.1 Introducción.....	72
3.2. Prototipo de laboratorio.....	72
3.2.1 Esquema.....	72
3.2.2 Modo de operación.....	75
3.2.3 Componentes.....	76
3.2.3.1 Recipientes contenedores de MFH.....	77
3.2.3.2 Sistema compresor.....	79
3.2.3.3 Gas de planta.....	82
3.2.4 Propiedades a medir.....	83
3.2.5 Relación de escala de los resultados.....	83
3.2.6 Parámetros a analizar.....	83
3.2.7 Resultados.....	84
3.2.7.1 Prototipo MFH1.....	86
3.2.7.2 Prototipo MFH1 + MFH2.....	91
3.2.7.3 Síntesis de los resultados obtenidos con los prototipos.....	96
3.3 Dispositivo para la prueba en planta.....	98
3.3.1 Esquema.....	98
3.3.2 Modo de operación.....	101
3.3.3 Componentes.....	102
3.3.3.1 Reactor.....	103
3.3.3.2 Detectores de radiación.....	106
3.3.4 Resultados.....	107
Conclusiones.....	112

Capítulo 4- Diseño de solución empleando una membrana Pd/Cu

4.1 Introducción.....	116
4.2 Concepto de la solución.....	117
4.2.1 Concepto básico.....	117
4.2.2 Condiciones de contorno y cálculos preliminares.....	120
4.2.3 Elección del tanque al que se le quitará el hidrógeno.....	122
4.2.4 Ubicación de la membrana dentro del esquema de separación.....	122
4.3 Membranas en base Pd.....	122
4.3.1 Membrana comercial Pd/Cu.....	124
4.3.1.1 Condiciones de operación en la solución.....	127
4.3.1.2 Caracterización realizada en el laboratorio.....	127

4.4 Esquema de la solución propuesta.....	135
Conclusiones.....	137

Capítulo 5- Solución empleando membrana Pd/Cu: prototipo de laboratorio y prueba en planta

5.1 Introducción.....	140
5.2 Prototipo de laboratorio.....	140
5.2.1 Esquema.....	140
5.2.2 Modo de operación.....	143
5.2.3 Componentes.....	144
5.2.4 Propiedades a medir.....	145
5.2.5 Relación de escala de los resultados	146
5.2.6 Parámetros a analizar.....	146
5.2.7 Resultados.....	147
5.2.7.1 Prototipo escala 1:30.....	149
5.2.7.2 Prototipo escala 1:15.....	155
5.2.7.3 Estimación de tiempos de separación y presiones a alcanzarse en la Planta.....	157
5.2.8 Síntesis de los resultados obtenidos con los prototipos.....	159
5.3 Dispositivo para la prueba en planta.....	162
5.3.1 Esquema.....	163
5.3.2 Modo de operación.....	165
5.3.3 Componentes.....	168
5.3.4 Resultados	168
5.3.4.1 Separación de hidrógeno.....	170
5.3.4.2 Emisión registrada durante la separación	172
Conclusiones.....	175

Capítulo 6- Diseño del dispositivo a ser instalado en la Planta y procedimientos para su uso

6.1 Análisis comparativo de las propuestas desarrolladas.....	178
6.2 Diseño del equipo a ser instalado en la Planta.....	180
6.2.1 Etapa de almacenamiento alternativa de gases (AE3).....	184
6.2.2 Unidad compresora/separadora (UCS).....	188
6.3 Procedimientos sugeridos para la operación del equipo en la Planta.....	189
6.3.1 Equipo de captura con material formador de hidruro.....	189
6.3.1.1 Modo de operación.....	189
6.3.1.2 Cálculos preliminares.....	192
6.3.2 Equipo de separación con membrana de paladio.....	197
6.2.3.1 Modo de operación I.....	197
6.2.3.2 Modo de operación II.....	199
6.2.3.3 Cálculos preliminares.....	202
6.4 Síntesis de las principales características de la solución diseñada.....	206
6.5 Propiedades a evaluar durante la operación del dispositivo.....	206

Conclusiones.....	207
<i>Capítulo 7- Conclusiones y perspectivas.....</i>	<i>209</i>
<i>Apéndice A- Método para la obtención directa de propiedades termodinámicas de MFH</i>	
A.1 Introducción.....	216
A.2 Método experimental.....	218
A.2.1 Método propuesto para la obtención de pares $\{P_{eq}, T\}$	218
A.2.2 Esquema experimental.....	221
A.3 Resultados y discusión.....	223
Conclusiones.....	227
<i>Apéndice B- Análisis de la cinética de reacción del sistema $LaNi_{5-x}Sn_x$</i>	
B.1 Introducción.....	230
B.2 Modelos de reacción.....	232
B.2.1 Reacciones en la superficie del material.....	231
B.2.2 Reacciones en el interior del material.....	234
B.3 Procedimiento experimental.....	236
B.4 Resultados y discusión.....	237
B.4.1 Cinética de reacción del sistema $LaNi_{5-x}Sn_x$	237
B.4.2 Cinética de absorción a diferentes temperaturas.....	238
B.4.3 Cinética de absorción a diferentes presiones.....	243
Conclusiones.....	246
<i>Apéndice C- Evaluación de las propiedades de una membrana de disco de composición $PdAuZrO_{20.1}$</i>	
C.1. Membrana $PdAuZrO_{20.1}$	248
C.2. Mediciones con hidrógeno puro.....	250
C.2.1 Arreglo experimental y método.....	250
C.2.2 Resultados y discusión.....	254
C.3 Mediciones con gas de planta.....	258
C.3.1 Arreglo experimental y método.....	258
C.3.2 Resultados y discusión.....	260
Conclusiones.....	267
<i>Apéndice D- Costos del equipo que será instalado en la Planta</i>	
<i>Agradecimientos.....</i>	<i>273</i>
<i>Bibliografía.....</i>	<i>275</i>
<i>Publicaciones.....</i>	<i>283</i>
<i>Informes técnicos.....</i>	<i>283</i>