



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
Universidad de Sevilla



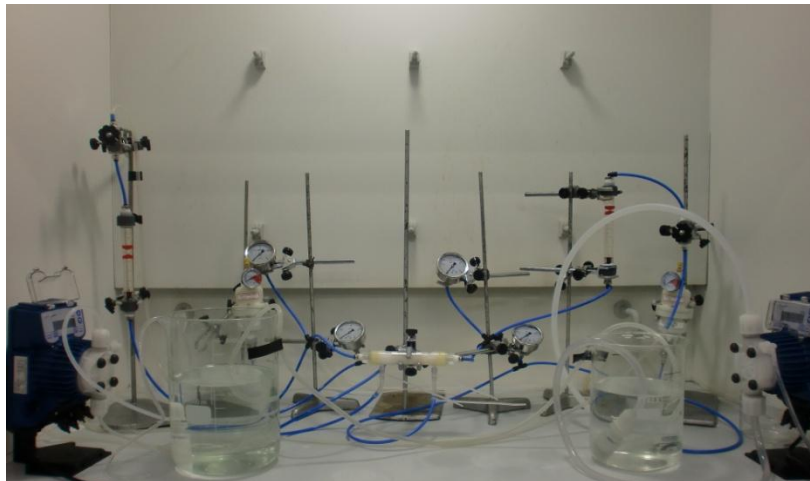
---

PROYECTO FIN DE CARRERA

---

# Diseño y puesta en marcha de una instalación con membranas para la extracción de Ge

---



Autor: Ester Romero Delgado

Tutor: Fátima Arroyo Torralvo

Dpto. Ingeniería Química y Ambiental

Sevilla, Enero 2014

## **INDICE**

### **CAPÍTULO I: ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>I-1</b>
1.1. Antecedentes.....	I-1
1.2. Objetivos.....	I-2
<b>2. RECUPERACIÓN DE GERMANIO A PARTIR DE CENIZAS VOLANTES DE UNA CENTRAL DE GICC</b> .....	<b>I-3</b>
2.1. Recuperación del germanio por vía hidrometalúrgica .....	I-3
2.2. Caracterización de las cenizas volantes .....	I-3
2.3. Lixiviación .....	I-4
2.4. Extracción líquido-líquido.....	I-6
2.5. Método para la determinación de germanio.....	I-8
<b>3. TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS</b> .....	<b>I-11</b>
3.1. Introducción .....	I-11
3.2. Desarrollo histórico de la tecnología de membranas .....	I-11
3.3. Membranas.....	I-14
3.3.1. Tipos de membranas.....	I-14
3.3.1.1. Membranas isotrópicas.....	I-17
3.3.1.2. Membranas anisotrópicas.....	I-18
3.3.1.3. Membranas cerámicas, metálicas y líquidas .....	I-18
3.3.2. Procesos con membranas.....	I-19
3.3.3. Mecanismos de filtración.....	I-22
3.3.4. Membranas y módulos .....	I-23
3.3.4.1. Módulos tubulares .....	I-23
3.3.4.2. Módulos de arrollamiento en espiral .....	I-24
3.3.4.3. Módulos de fibra hueca .....	I-24
3.3.4.4. Módulos de placa plana .....	I-25
3.3.5. Fenómenos de transporte en membranas .....	I-25
<b>4. MEMBRANAS LÍQUIDAS</b> .....	<b>I-28</b>
4.1. Introducción .....	I-28
4.2. Clasificación de membranas líquidas .....	I-29
4.3. Mecanismos de transporte en membranas líquidas .....	I-30
4.3.1. Membranas de transporte facilitado .....	I-30
4.4. Tecnología de membranas líquidas aplicadas a la extracción con disolventes .....	I-38
4.4.1. Membranas tipo “bulk” (BLM) .....	I-38
4.4.2. Membranas líquidas en emulsión (ELM) .....	I-39
4.4.3. Tecnologías de membranas líquidas en contactores de membrana .....	I-39
4.5. Tecnologías de extracción con disolventes en contactores de fibra hueca .....	I-41
4.5.1. Membranas líquidas soportadas (HFSLM) .....	I-42

4.5.2. Membranas líquidas contenidas (HFSLM) .....	I-42
4.5.3. Extracción líquido-líquido no dispersiva (NDSX) .....	I-43
4.5.4. Pertracción en emulsión (EPT) .....	I-44
4.6. Selección de la configuración del proceso de separación-concentración.....	I-45

## **CAPÍTULO II: EXTRACCIÓN DE GERMANIO POR VÍA HIDROMETALÚRGICA**

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>II-1</b>
<b>2. METODOLOGÍA DE ENSAYOS.....</b>	<b>II-1</b>
2.1. Lixiviación .....	II-1
2.2. Extracción líquido-líquido.....	II-2
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>II-4</b>
3.1. Lixiviación .....	II-4
3.2. Extracción líquido-líquido.....	II-6

## **CAPÍTULO III: INSTALACIÓN CON MEMBRANAS PARA LA EXTRACCIÓN DE GERMANIO**

<b>1. PUESTA A PUNTO DE LA INSTALACIÓN.....</b>	<b>III-1</b>
1.1. Descripción de la instalación .....	III-1
1.2. Puesta en marcha de la instalación .....	III-10
1.3. Ensayos previos .....	III-11
1.4. Manual de operación de la instalación.....	III-13
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....</b>	<b>III-15</b>
2.1. Definición del sistema experimental .....	III-15
2.2. Descripción del funcionamiento de la tecnología seleccionada .....	III-16
<b>3. PUESTA A PUNTO DEL DISPOSITIVO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>III-17</b>
3.1. Descripción procedimiento experimental .....	III-17
3.2. Determinación de germanio.....	III-19
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>III-20</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>III-21</b>

## **CAPÍTULO IV: NUEVAS PROPUESTAS PARA LA INSTALACIÓN**

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>IV-1</b>
<b>2. CAMBIOS EN LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>IV-1</b>

## **ANEXOS**

Anexo I: esquema instalación con membranas

Anexo II: especificaciones técnicas equipos

Anexo III: manuales de funcionamiento

## **BIBLIOGRAFÍA**