

---

**ÍNDICE**

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>8</b>
<b>Envejecimiento de los componentes de aleaciones base Zr en un reactor</b>	
1.1 Mecanismos de degradación y envejecimiento de las aleaciones de Zr	8
1.1.1 Incorporación de deuterio	8
1.1.2 Contenido de hidrógeno de fabricación	9
1.1.3 Fisuración retardada por hidrógeno	10
1.2 Crecimiento y deformación por irradiación	10
1.3 Cambios en las propiedades mecánicas y la microestructura	13
1.3.1 Efectos del tamaño de grano	13
1.3.2 Influencia de los aleantes	14
1.4 Interacción entre los defectos generados por irradiación y los isótopos del hidrógeno	14
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>18</b>
<b>Sistema Zr-H</b>	
2.1 Diagrama de equilibrio del sistema Zr-H	18
2.2 Fases metaestables	22
2.3 Hidruros	26
2.3.1 Hidruros en el sistema Zr-H: estructura cristalina y parámetros de red	27
2.3.2 Fase $\alpha\text{Zr}$	28
2.3.3 Fase $\beta\text{Zr}$	29
2.3.4 Fase $\delta$	30
2.3.5 Fase $\epsilon$	31
2.3.6 Fase $\gamma$	31
2.4 Propiedades termodinámicas de las fases del sistema Zr-H	31
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>39</b>
<b>Técnicas de análisis térmico</b>	
3.1 Análisis térmico diferencial	39
3.2 Aspectos teóricos	42
3.3 Factores que afectan a la curva diferencial	46
3.3.1 Factores instrumentales	48

3.3.2 Características de la muestra	51
3.4 Diferencias entre análisis térmico diferencial y calorimetría diferencial	51
3.5 Aspectos Cuantitativos	52
3.5.1 Ventajas y desventajas de la calorimetría diferencial	52
3.5.2 El calorímetro diferencial DSC-60	53
<b>CAPÍTULO 4</b>	56
<b>Aplicaciones de la calorimetría diferencial al estudio del sistema Zr-H</b>	
4.1 Estudio de la línea de base	57
4.2 Corrección de la línea de base	61
4.3 Determinación de la temperatura de solubilidad terminal en disolución	62
4.4. Corridas usando referencias de Zircaloy-4	64
4.5 Medición del calor de la transformación $\delta + \alpha\text{Zr} \rightarrow \alpha\text{Zr}$	67
4.5.1 Condiciones experimentales	67
4.5.2 El calor y la entalpía de la transformación $\delta + \alpha\text{Zr} \rightarrow \text{Zr}\alpha$	69
<b>CAPÍTULO 5</b>	72
<b>Caracterización de los materiales</b>	
5.1 Material no irradiado	72
5.1.1 Microestructura y composición química	72
5.1.2 Hidruración	72
5.1.3 Programación de las experiencias calorimétricas	74
5.2 Material irradiado	75
5.2.1 Origen y características del material	75
5.2.2 Preparación de las muestras para las experiencias calorimétricas	76
5.2.3 Programación de las experiencias calorimétricas	78
<b>CAPÍTULO 6</b>	81
<b>Resultados</b>	
6.1 Material no irradiado	81
6.1.1 Determinación de la temperatura de solubilidad terminal en disolución	81
6.1.2 Determinación indirecta de la entalpía de la transformación $\alpha\text{Zr} + \delta \rightarrow \alpha\text{Zr}$	84
6.1.3 Mediciones del calor de la transformación $\alpha\text{Zr} + \delta \rightarrow \alpha\text{Zr}$ y cálculo de la entalpía	87
6.1.4 Estimación del error del calor y la entalpía de la transformación $\alpha\text{Zr} + \delta \rightarrow \alpha\text{Zr}$	89
6.2 Material irradiado	95

---

6.2.1 Determinación de la temperatura de solubilidad terminal en disolución	95
6.2.2 Determinación del calor y cálculo de la entalpía de la transformación $\alpha\text{Zr}+\delta\rightarrow\alpha\text{Zr}$	103
<b>CAPÍTULO 7</b>	113
<b>Discusión</b>	
7.1 Material no irradiado	113
7.1.1 Línea de solvus $\alpha\text{Zr}/[\alpha\text{Zr}+\delta]$	113
7.1.2. Entalpía de la transformación $\alpha\text{Zr}+\delta\rightarrow\alpha\text{Zr}$ en material no irradiado	118
7.1.3 Presencia de fase $\gamma$	121
7.1.4 Métodos combinados	122
7.2 Material irradiado	124
7.2.1 Temperatura de solubilidad terminal en material irradiado	124
7.2.2 Entalpía de disolución en material irradiado	135
<b>CONCLUSIONES</b>	142
<b>PRESENTACIONES Y PUBLICACIONES</b>	144
<b>APÉNDICE 1</b>	146
<b>APÉNDICE 2</b>	153
<b>APÉNDICE 3</b>	156
<b>APÉNDICE 4</b>	160
<b>APÉNDICE 5</b>	167
<b>REFERENCIAS</b>	177