

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Página

<u>Capítulo 1. Introducción.</u>	1
<u>1.1</u> -Los efluentes industriales y la problemática de los fenoles y clorofenoles. .	1
<u>1.2</u> -Procesos de tratamiento.	5
<u>1.2.1</u> -Procesos de tratamiento no destructivos (Recuperación).	6
<u>1.2.1.1</u> - Extracción líquido-líquido	6
<u>1.2.1.2</u> - Adsorción.	7
<u>1.2.2</u> -Procesos de tratamiento destructivos.	8
<u>1.2.2.1</u> - Oxidación química.	8
<u>1.2.2.2</u> -Tratamientos biológicos.	9
<u>1.2.2.3</u> - Incineración.	9
<u>1.2.2.4</u> - Oxidación fotocatalítica heterogénea.	10
<u>1.2.2.4.1</u> - Oxidación fotocatalítica heterogénea con reactivo de Fenton.	11
<u>1.2.2.4.2</u> - Sistema mixto: adsorción y oxidación fotocatalítica heterogénea.	12
<u>1.2.2.5</u> - Oxidación electroquímica.	12
<u>1.2.2.6</u> - Oxidación húmeda en condiciones supercríticas " <i>SuperCritical Water Oxidation</i> ".	13
<u>1.2.2.6.1</u> - Oxidación catalítica húmeda en condiciones supercríticas " <i>SuperCritical Water Catalytic Oxidation</i> ".	16

Índice

1

Francisco Xavier Rodríguez i Muñoz

<u>1.2.2.7</u> - Oxidación en fase acuosa <i>Wet Air Oxidation</i> (WAO). .	19
<u>1.2.2.7.1</u> - Oxidación catalítica en fase acuosa <i>Catalytic Wet Air Oxidation</i> (CWAO).	20
<u>1.2.2.7.1.1</u> - <i>Wet Peroxide Oxidation</i> (WPO) con catalizadores homogéneos.	20
<u>1.2.2.7.1.2</u> - <i>Wet Peroxide Oxidation</i> (WPO) con catalizadores heterogéneos.	21
<u>1.2.2.7.2</u> - Oxidación catalítica en fase acuosa (CWAO) con catalizadores heterogéneos.	22
<u>1.3</u> . Objetivos.	28
<u>Capítulo 2. Oxidación catalítica en reactores trifásicos.</u>	30
<u>2.1</u> - Reactores trifásicos.	32
2.1.1- Reactores con régimen estacionario y no estacionario.	32
2.1.1.1- Reactores con régimen estacionario.	33
2.1.1.2- Reactores con régimen no estacionario.	34
2.1.2- Reactores con lecho catalítico fijo o móvil.	36
2.1.2.1- Reactores de lecho catalítico móvil.	36
2.1.2.2- Reactores de lecho catalítico fijo.	40
2.2. Oxidación catalítica en reactores semibatch y de lecho de goteo. .	46
<u>Capítulo 3. Experimental.</u>	58
3.1-Métodos de preparación de los catalizadores.	58
3.1.1-Catalizadores de impregnación soportados en γ -alúmina.	58

Índice

3.1.1.1-Impregnación.	59
3.1.1.2-Secado.	63
3.1.1.3- Calcinación.	63
3.1.2-Catalizadores vía síntesis de precursores hidrotalcita.	65
3.2-Characterización de los catalizadores.	70
3.2.1-Fisisorción, área BET.	70
3.2.2-Difracción de rayos-X (DRX).	77
3.2.3-Análisis Termogravimétrico (TGA).	86
3.2.4-Reducción a Temperatura Programada (TPR).	87
3.2.5-Oxidación a Temperatura Programada (TPO).	93
3.2.6-Microscopia electrónica de barrido (SEM) y de transmisión (TEM).	94
3.3-Descripción de los equipos de reacción.	96
3.3.1-Equipos en discontinuo.	97
3.3.1.1-Descripción del primer equipo en discontinuo.	97
3.3.1.2-Descripción del segundo equipo en discontinuo.	100
3.3.2-Descripción del equipo en continuo.	102
3.4-Pruebas de actividad catalítica en los reactores.	106
3.4.1- Pruebas en reactores de proceso discontinuo.	106
3.4.2- Pruebas en reactor de proceso continuo.	108
3.5-Análisis de los productos de reacción.	109

Índice

3.6.-Análisis de cationes metálicos en las muestras por absorción atómica.	115
3.7.-Análisis de los cloruros presentes en los efluentes de salida de los reactores.	117
3.8.-Análisis del TOC (Carbón Orgánico Total) presente en los efluentes de salida de los reactores.	117
<u>Capítulo 4. Resultados y discusión.</u>	118
4.1- Catalizadores sintetizados por la vía de impregnación.	120
4.1.1- Caracterización de los catalizadores preparados por el método de impregnación.	120
4.1.1.1- Área BET.	122
4.1.1.2- Difracción de rayos X (DRX).	124
4.1.1.3- Reducción a temperatura programada (TPR).	129
4.1.1.4- Microscopia electrónica de <i>scanning</i> (SEM).	134
4.1.2- Actividad catalítica de los catalizadores sintetizados por la vía de impregnación.	135
4.1.2.1- Antecedentes.	135
4.1.2.2- Resultados obtenidos en la actividad catalítica de los catalizadores sintetizados por la vía de impregnación.	137
4.2- Catalizadores de coprecipitación preparados a partir de precursores tipo hidrotalcita.	170

4.2.1-Caracterización de los catalizadores de coprecipitación preparados a partir de precursores tipo hidrotalcita.	171
4.2.1.1-Área BET.	173
4.2.1.2-Difracción de rayos X (DRX).	176
4.2.1.3-Análisis térmico.	197
4.2.1.4-Reducción a temperatura programada (TPR).	202
4.2.1.5-Microscopia electrónica de <i>scanning</i> (SEM).	213
4.2.2-Resultados obtenidos en la actividad catalítica de oxidación de fenol y 2-clorofenol de los catalizadores de coprecipitación preparados a partir de precursores tipo hidrotalcita.	220
4.2.2.1- Resultados obtenidos en la actividad catalítica de oxidación de fenol.	224
4.2.2.1.1-Actividad catalítica de oxidación de fenol realizado en el reactor Semibatch.	224
4.2.2.1.2-Actividad catalítica de oxidación de fenol realizado en el reactor en continuo (Trickle)	229
4.2.2.1.3-Estudio de la estabilidad en la actividad catalítica de oxidación de fenol utilizando el reactor semibatch.	238
4.2.2.2- Resultados obtenidos en la actividad catalítica de oxidación del 2-clorofenol.	246
4.2.2.2.1-Actividad catalítica de oxidación del 2-clorofenol realizado en el reactor Semibatch.	246

Índice

4.2.2.2.2-Actividad catalítica de oxidación del 2-clorofenol realizado en el reactor en continuo (Trickle)	250
4.2.2.2.3-Estudio de la estabilidad en la actividad catalítica de oxidación del 2-clorofenol utilizando el reactor semibatch.	260
<u>Capítulo 5. Conclusiones.</u>	269
<u>Capítulo 6. Desarrollo. Planta Piloto.</u>	275
<u>Capítulo 7. Bibliografía.</u>	278

Índice