

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	17
1.1 EL AGUA Y SU DISPONIBILIDAD	17
1.2 LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	23
1.2.1 CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS.....	23
1.3 USOS DEL CIANURO Y SUS CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES	
38	
1.3.1 CIANURO Y SUS FORMAS QUÍMICAS	38
1.3.2 ANTECEDENTES Y USOS ACTUALES DEL CIANURO	42
1.3.3 ORIGEN DE LOS RESIDUOS DE CIANURO	43
1.3.4 PROCESO INDUSTRIAL DEL SECTOR GALVANOTÉCNICO.....	46
1.3.5 GENERACIÓN DE RESIDUOS Y EMISIONES	55
1.3.6 PRODUCCIÓN Y CONSUMO DEL CIANURO EN ESPAÑA	56
1.3.7 CONTAMINACIÓN POR CIANURO DE LAS AGUAS	60
1.3.8 NORMATIVA.....	61
1.4 TRATAMIENTOS DEL AGUA CONTAMINADA.....	63
1.4.1 TRATAMIENTOS HABITUALES DEL AGUA CONTAMINADA ...	63
1.4.2 PROCESOS AVANZADOS DE OXIDACIÓN APLICADOS AL	
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	68
1.5 TÉCNICAS EMPLEADAS EN LA DETOXIFICACIÓN DE AGUAS	
CIANURADAS	83
1.5.1 DEGRADACIÓN BIOLÓGICA.....	84
1.5.2 MÉTODOS ELECTROQUÍMICOS	85
1.5.3 OXIDACIÓN	86
1.5.4 OZONO	88
1.5.5 FOTÓLISIS CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	89
1.5.6 FOTOCATÁLISIS	89
2. OBJETIVOS.....	97
3. PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	101
4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	105
4.1 REACTIVOS	105
4.1.1 REACTIVOS QUÍMICOS	105
4.2 EQUIPOS DE ANÁLISIS	110
4.3 REACTORES SOLARES	117
4.3.1 ESCALA DE LABORATORIO.....	117
4.3.2 ESCALA PLANTA PILOTO.....	118
4.4 REACCIONES DE FOTOCATÁLISIS CON TiO ₂ Y TIPO FOTO-FENTON	
121	
4.5 PROCESO EXPERIMENTAL: TÉCNICAS ANALÍTICAS	125
4.5.1 ENSAYOS DE TOXICIDAD	125
4.5.2 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN EN CIANUROS ...	129
4.5.3 DETERMINACIÓN DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO.....	136
4.5.4 ANÁLISIS DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT)	136
4.5.5 MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN UV	138
5. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN	143
5.1 DETERMINACIÓN DE LA TOXICIDAD DEL COBRE, CIANURO Y	
CIANATO	143
5.2 ENSAYOS DE DEGRADACIÓN CON AGUAS SINTÉTICAS	150
5.2.1 FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA CON TiO ₂	150

INDICE

5.2.2	TRATAMIENTO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	153
5.2.3	TRATAMIENTO TIPO FOTO-FENTON.....	157
5.2.4	FOTODEGRADACIÓN CON PERSULFATO Y COBRE	173
5.2.5	TRATAMIENTO CON ÁCIDOS HÚMICOS	173
5.2.6	ESTUDIO DE INTERFERENCIAS DE ANIONES POSIBLEMENTE PRESENTES EN AGUAS.....	175
5.2.7	ESTUDIO DE ESPECIES REACTIVAS PRESENTES EN EL PROCESO.....	180
5.3	ENSAYOS DE DEGRADACIÓN CON AGUA REAL.....	185
5.3.1	FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA	186
5.3.2	TRATAMIENTO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	190
5.3.3	EFEECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE H ₂ O ₂	201
6.	CONCLUSIONES	217
7.	APORTACIONES DE LA TESIS	221
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	225
9.	APÉNDICES.....	249
9.1	ÍNDICE DE TABLAS	249
9.2	ÍNDICE DE FIGURAS	251