

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	2
1.2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	4
1.3. ESQUEMA DE LA TESIS.....	6
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE EN LA ELIMINACIÓN DE RESIDUOS	9
2.1. INTRODUCCIÓN	10
2.2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA EN LA GENERACIÓN DE RESIDUOS .	11
2.3. VARIACIONES EN LA COMPOSICIÓN Y GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS	23
2.4. LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	28
2.4.1. <i>El sistema de gestión.....</i>	28
2.4.2. <i>Los problemas de la gestión.....</i>	31
2.4.3. <i>La gestión integral de los RSUs.....</i>	32
2.4.4. <i>Tratamientos de eliminación de residuos.....</i>	36
2.5. VERTEDEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS	40
2.5.1. <i>Evolución histórica.....</i>	40
2.5.2. <i>Definiciones de vertedero y de sus componentes</i>	45
2.5.3. <i>Tipos de vertedero</i>	49
2.5.4. <i>Últimas tendencias y perspectivas de futuro.....</i>	57
2.6. ANÁLISIS DE PARÁMETROS LEGALES DE UBICACIÓN, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN, SELLADO Y CLAUSURA DE VERTEDEROS A NIVEL MUNDIAL	62
2.6.1. <i>Introducción.....</i>	62
2.6.2. <i>Casos estudiados</i>	63
2.6.3. <i>Resultados obtenidos y discusión</i>	64
2.6.4. <i>Relación sobre normativa de vertederos</i>	72
2.6.5. <i>Conclusiones</i>	76
2.7. ANÁLISIS PORMENORIZADO DE LA LEGISLACIÓN SOBRE VERTEDEROS A NIVEL NACIONAL Y EUROPEO	79
2.8. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS ASOCIADOS A UN VERTEDERO CONTROLADO.....	85
2.8.1. <i>Determinación de los peligros asociados a los vertederos.....</i>	85
2.8.2. <i>Problemas de estabilidad por pendiente excesiva en los taludes.....</i>	86
2.8.3. <i>Problemas de estabilidad por pendiente excesiva en el suelo</i>	87
2.8.4. <i>Problemas de estabilidad por mal diseño de los diques de contención.....</i>	88
2.8.5. <i>Problemas de estabilidad por deslizamientos de la masa de residuos sobre la capa impermeable</i>	89
2.8.6. <i>Problemas de estabilidad por saturación de la masa de residuos</i>	90
2.8.7. <i>Fugas de lixiviados ocasionadas por una incorrecta impermeabilización de la base.....</i>	93
2.8.8. <i>Problemas ocasionados por la producción y por la mala gestión de los gases generados.....</i>	94

2.8.9.	<i>Mal dimensionamiento de los canales de evacuación de aguas de escorrentía exteriores al vertedero</i>	95
2.8.10.	<i>Rotura de la balsa de lixiviados</i>	96
2.8.11.	<i>Estudio de la situación actual de los vertederos en España</i>	98
2.8.12.	<i>Conclusiones</i>	99
2.9.	PARÁMETROS GENERALES DE DISEÑO DE UNA BALSA DE LIXIVIADOS	102
2.9.1.	<i>Generalidades de las balsas de materiales sueltos impermeabilizadas</i>	102
2.9.2.	<i>Función de las balsas de lixiviados</i>	103
2.9.3.	<i>Justificación del volumen</i>	104
2.9.4.	<i>Unidades constructivas que componen la obra</i>	105
2.9.5.	<i>Referencias legales</i>	109
2.10.	MODELOS DE ANÁLISIS DE RIESGOS APLICADOS A VERTEDEROS	110
2.10.1.	<i>Introducción</i>	110
2.10.2.	<i>Evaluación del riesgo por fugas de lixiviados</i>	111
2.10.3.	<i>Evaluación del riesgo por emisiones de biogás</i>	113
2.10.4.	<i>Modelos generales de evaluación del riesgo</i>	114
2.10.5.	<i>Aplicación de la evaluación del riesgo a las balsas de lixiviados</i>	116
2.11.	CONCLUSIONES	117
	CAPÍTULO 3: JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	119
3.1.	JUSTIFICACIÓN	120
3.2.	OBJETIVOS	125
	CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL	127
4.1.	RESPONSABILIDAD MEDIOAMBIENTAL	128
4.1.1.	<i>Daño medioambiental</i>	133
4.1.2.	<i>Mecanismos para la reparación del daño ambiental</i>	136
4.2.	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL ..	138
4.2.1.	<i>Conceptos generales y entidades implicadas</i>	138
4.2.2.	<i>Objetivos de la evaluación del riesgo medioambiental</i>	141
4.2.3.	<i>Distintas metodologías de evaluación del riesgo ambiental</i>	141
4.2.4.	<i>La norma UNE 150008 EX de Evaluación del riesgo medioambiental</i>	144
4.3.	ESQUEMA propuesto DE LA METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL	148
4.4.	ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL A LAS BALSAS DE LIXIVIADOS SEGÚN LA NORMA UNE 150008 EX	150
4.4.1.	<i>Esquema general del mecanismo de evaluación</i>	150
4.4.2.	<i>Identificación de peligros medioambientales</i>	151
4.4.3.	<i>Estimación del riesgo medioambiental</i>	160
4.4.4.	<i>Evaluación de riesgos medioambientales</i>	165

4.5. ÍNDICE DE RIESGO AMBIENTAL (IR_{amb})	168
4.5.1. <i>Características constructivas de la balsa de lixiviados</i>	169
4.5.2. <i>Características de la avalancha de lixiviados</i>	188
4.5.3. <i>Características del medio receptor</i>	196
4.5.4. <i>Funciones de transformación</i>	198
4.5.5. <i>Asignación de peso a cada factor. Índices de ponderación</i>	210
4.5.6. <i>Fórmula del Índice de Riesgo Ambiental (IR_{amb})</i>	216
4.6. CONCLUSIONES	219
CAPÍTULO 5: APLICACIONES	225
5.1. Balsa de lixiviados de un vertedero de rechazos ...	227
5.1.1. <i>Características constructivas de la balsa de lixiviados</i>	228
5.1.2. <i>Características de la avalancha de lixiviados</i>	231
5.1.3. <i>Características del medio receptor</i>	232
5.1.4. <i>Valor del IR_{amb}</i>	237
5.2. Balsa de lixiviados de planta de compostaje	238
5.2.1. <i>Características constructivas de la balsa de lixiviados</i>	239
5.2.2. <i>Características de la avalancha de lixiviados</i>	242
5.2.3. <i>Características del medio receptor</i>	242
5.2.4. <i>Valor del IR_{amb}</i>	248
5.3. Balsa de lixiviados en vertedero de residuos no peligrosos	249
5.3.1. <i>Características constructivas de la balsa de lixiviados</i>	253
5.3.2. <i>Características de la avalancha de lixiviados</i>	255
5.3.3. <i>Características del medio receptor</i>	256
5.3.4. <i>Valor del IR_{amb}</i>	261
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS	263
6.1. CONCLUSIONES	264
6.2. DESARROLLOS FUTUROS	269
ANEXO I: LEGISLACIÓN A NIVEL MUNDIAL	271
I.1 Autorización administrativa	272
I.2 Requisitos de ubicación o emplazamiento	273
I.3 Diseño	274
I.4 Operación y gestión	280
I.5 Sellado y clausura	284
I.6 Controles de seguridad sanitaria y medioambiental	289
I.7 Siglas utilizadas	292
ANEXO II: TABLA DE VERTEDEROS ESPAÑOLES	293

ANEXO III: ESTABILIDAD DE LAS BALSAS DE LIXIVIADOS	295
.....
III.1 Introducción	296
III.2 Análisis de la estabilidad	296
III.2.1 Métodos de cálculo	296
III.2.2 Coeficiente de seguridad (FS)	300
III.2.3 Metodología	302
ANEXO IV: ÁBACOS PARA EL CÁLCULO DE FS	305
ANEXO V: EROSIONABILIDAD DEL TALUD	317
V.1 Índice de erosión pluvial R	318
V.2 Factor de erosionabilidad K	320
V.3 Factor de longitud y de pendiente del talud L, S	322
V.4 Factor de cultivo o de vegetación C	323
V.5 Factor de prácticas de conservación P	324
ANEXO VI: IMPERMEABILIZACIÓN DE LA Balsa	325
ANEXO VII: CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LIXIVIADOS	329
VII.1 Introducción	330
VII.2 Cálculo del volumen de lixiviados	331
VII.3 Recogida y evacuación de lixiviados	335
ANEXO VIII: ANÁLISIS DE LA INUNDACIÓN POR ROTURA DEL DIQUE	339
VIII.1 Introducción	340
VIII.2 Caracterización de la brecha	340
VIII.2.1 Estimación de las dimensiones de la brecha	340
VIII.2.2 Estimación del flujo de máxima descarga	343
VIII.3 Recorrido de la inundación ocasionada por la rotura	345
VIII.4 Mapa de inundación	346
VIII.5 Programas informáticos	347
VIII.6 Clasificación del riesgo aguas abajo de la balsa	348
ANEXO IX: GRÁFICAS DE INUNDACIÓN	351
ANEXO X: CARACTERÍSTICAS DE LOS LIXIVIADOS	357
ANEXO XI: PODER CONTAMINANTE DEL LIXIVIADO. FUNCIONES DE TRANSFORMACIÓN	363

ANEXO XII: SENSIBILIDAD DE LOS FACTORES AMBIENTALES AL LIXIVIADO.....	369
XII.1 Introducción	370
XII.2 Impactos sobre la atmósfera	371
<i>XII.2.1 Generalidades.....</i>	<i>371</i>
<i>XII.2.2 Olores producidos por los lixiviados</i>	<i>371</i>
XII.3 Impactos sobre las aguas subterráneas.....	373
<i>XII.3.1 La importancia de las aguas subterráneas</i>	<i>373</i>
<i>XII.3.2 Contaminación de acuíferos por lixiviados</i>	<i>373</i>
<i>XII.3.3 Desarrollo de la pluma contaminante de lixiviado.....</i>	<i>375</i>
<i>XII.3.4 Atenuación y remediación del acuífero contaminado.....</i>	<i>375</i>
XII.4 Impactos sobre las aguas superficiales.....	376
<i>XII.4.1 Contaminación de aguas superficiales por lixiviados</i>	<i>376</i>
<i>XII.4.2 Cálculo del poder contaminante del lixiviado en una masa de agua</i>	<i>376</i>
<i>XII.4.3 Calidades exigidas a las aguas superficiales</i>	<i>378</i>
XII.5 Impacto sobre la vegetación.....	384
<i>XII.5.1 Fitotoxicidad por metales pesados.....</i>	<i>384</i>
<i>XII.5.2 Fitotoxicidad por biogás</i>	<i>384</i>
<i>XII.5.3 Fitotoxicidad por sales.....</i>	<i>385</i>
ANEXO XIII: ENCUESTAS	387
ANEXO XIV: MAPAS DE INUNDACIÓN.....	401
ANEXO XV: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	403