

ÍNDICE

Prólogo.....	11
Endesa y la tecnología e innovación.....	13
La Fundación de la Energía CIUDEN en el desarrollo de la tecnología de captura y almacenamiento de CO ₂ en España.	17
Agradecimientos y nota del autor	19
1. OBJETIVO	25
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	29
2.1. La captura y almacenamiento de CO ₂ (CAC).	29
2.1.1. Captura.....	30
2.1.2. Transporte.....	45
2.1.3. Almacenamiento	47
2.2. Formaciones almacén.....	48
2.2.1. Mecanismos de retención.....	48
2.2.2. Yacimientos de petróleo y gas natural	57
2.2.3. Acuíferos salinos profundos.....	58
2.2.4. Capas de carbón.....	60
2.2.5. Otros tipos de formaciones almacén considerados: domos y minas de carbón abandonadas.....	61
2.3. Analogías relacionadas con el almacenamiento geológico del CO ₂	68
2.3.1. Analogías naturales.....	68
2.3.2. Analogías industriales.....	75
2.4. Principales proyectos de almacenamiento de CO ₂	99
2.4.1. Introducción	99
2.4.2. Weyburn	100
2.4.3. In Salah.....	102
2.4.4. Sleipner.....	104
2.4.5. FRIO	107
2.4.6. Minami-Nagaoka.....	110
2.4.7. Futuros proyectos.....	111

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	115
3.1. Incertidumbres a responder	116
3.2. La importancia de la selección	116
3.3. Metodología propuesta	117
4. CRITERIOS DE SELECCIÓN	121
4.1. Introducción.....	121
4.2. Identificación de los criterios de selección	121
4.2.1. Introducción.....	121
4.3. Criterios técnicos	122
4.3.1. Tectónica. Complejidad estructural	122
4.3.2. Geología	135
4.3.3. Hidrogeología.....	143
4.3.4. Estado del CO ₂ en el subsuelo.....	148
4.3.5. Capacidad.....	152
4.3.6. Presencia de formaciones geológicas o recursos de interés.....	164
4.4. Criterios socio-económicos	165
4.4.1. Información previa disponible.....	165
4.4.2. Fuentes de emisión de CO ₂	166
4.4.3. Núcleos de población, espacios naturales y culturales protegidos.....	174
4.4.4. Ubicación	175
4.4.5. Accesibilidad e infraestructura.....	178
4.5. Desarrollo del modelo matemático	178
4.5.1. Introducción.....	178
4.5.2. Métodos de evaluación y decisión con múltiples criterios.....	179
4.5.3. Proceso de análisis jerárquico (AHP).....	181
4.5.4. Planteamiento.....	190
4.5.5. Cuantificación y ponderación de cada criterio.....	191
4.5.6. Cuadro resumen. Generación de la matriz con la valoración de las propiedades de los criterios: tabulación de los valores.....	199
4.6. Aplicación informática para la gestión y valoración de emplazamientos geológicos para el almacenamiento de CO ₂	200
4.6.1. Introducción.....	200
4.6.2. Conceptos iniciales	201
4.6.3. Base de datos de focos emisores.....	202
4.6.4. Base de datos de emplazamientos	204
4.7. Conclusión	206
5. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN	209
5.1. Introducción.....	209
5.2. Planificación de la monitorización de CO ₂	211
5.2.1. Adecuación de las técnicas de control en función de la formación almacén.....	212
5.2.2. Proyectos cuyo objetivo principal es el desarrollo de técnicas de monitorización	214
5.2.3. Adecuación de las técnicas de control en función del emplazamiento	215
5.2.4. Parámetros a evaluar/monitorizar	215

5.3. Técnicas de monitorización	216
5.3.1. Técnicas de monitorización de ingeniería.....	217
5.3.2. Técnicas de monitorización geofísicas	219
5.3.3. Técnicas de monitorización geoquímicas.....	225
5.3.4. Técnicas de monitorización geodésicas	227
5.4. Necesidades de monitorización. Clasificación espacial.....	228
5.5. Necesidades de monitorización. Clasificación temporal	229
5.6. Importancia de la monitorización durante la vida de un proyecto de almacenamiento	233
5.7. Gráfico resumen de los sistemas de monitorización	235
5.7.1. Formación almacén	235
5.7.2. Estudio de fugas y monitorización	236
6. ANÁLISIS DE RIESGOS	239
6.1. Introducción.....	239
6.2. Análisis de ciclo de vida	241
6.2.1. Normativa relacionada con el análisis de ciclo de vida	242
6.3. Método de análisis: Características, eventos y procesos (FEP)	242
6.3.1. Definiciones.....	242
6.3.2. Clasificación de los riesgos	244
6.4. Proceso marco de evaluación y clasificación (SRF)	250
6.4.1. Introducción.....	250
6.4.2. Diseño del modelo SRF	251
6.5. Conclusión: modelo de gestión del riesgo	255
7. CONCLUSIONES.....	257
7.1. Introducción.....	257
7.2. Modelo matemático para la caracterización de emplazamientos	258
7.3. Sistema y herramientas de caracterización: premonitorización.....	259
7.4. Análisis de riesgos	259
7.5. Futuros desarrollos derivados de la tesis doctoral.....	260
GLOSARIO.....	261
BIBLIOGRAFÍA.....	265