



# PROYECTO CASTOR: BASES PARA UNA AUDITORÍA

MARZO 2018

**SÍNDIC**

EL DEFENSOR  
DE LES  
PERSONES



# PROYECTO CASTOR: BASES PARA UNA AUDITORÍA

**SÍNDIC**

---

EL DEFENSOR  
DE LES  
PERSONES

Síndic de Greuges de Catalunya

1ª edición: Marzo 2018

Proyecto Castor: bases para una auditoría. Marzo 2018

Maquetación: Síndic de Greuges

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	5
2. ORIGEN DEL PROYECTO .....	7
3. MODELO GEOLÓGICO (ESTÁTICO).....	7
4. MODELO DE FLUJO (DINÁMICO) .....	8
5. MODELO GEOMECÁNICO .....	9
6. ANÁLISIS SÍSMICA .....	10
7. RESUMEN.....	11
8. REFERENCIAS .....	12
SÍMBOLOS .....	14



## 1. INTRODUCCIÓN

A raíz de los terremotos que tuvieron lugar en las inmediaciones de la Plataforma Marina Castor, situada a 22 km frente a las costas de Vinaroz (Castellón), durante los últimos días de septiembre y primeros de octubre de 2013, el Ministerio de Industria Energía y Turismo solicitó sendos informes al Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y a MIT-Harvard para determinar si los terremotos estaban relacionados con las inyecciones de gas que llevaba a cabo la empresa ESCAL UGS en el antiguo campo de Amposta (Castor).

El informe de MIT-Harvard (1) que el Ministerio hizo público en 2017 y al que hemos tenido acceso confirma lo apuntado por el IGME (2) y (3) de que los terremotos se originaron en relación con las inyecciones de gas llevadas a cabo en la Plataforma Marina Castor. Estos informes, junto con otros informes y presentaciones elaborados por ESCAL UGS, se han centrado en explicar cómo, cuándo y dónde tuvieron su origen dichos terremotos. Sin embargo, el porqué de los mismos es todavía una incógnita que queda por desvelar.

En dichos informes, se han llevado a cabo revisiones que ponen de manifiesto deficiencias en la elaboración de los modelos de flujo, de los modelos geomecánicos y del análisis sísmico. Sin embargo y a pesar de que de los datos proporcionados por ESCAL UGS, IGME y MIT-Harvard se desprenden serias deficiencias en el modelo geológico, sobre el que se fundamenta todo el proyecto, hasta la fecha no ha sido revisado de una manera expresa.

Del estudio de los informes a los que hemos tenido acceso, incluidos los informes solicitados por el Ministerio al IGME (2) y (3) y al MIT-Harvard (1), se puede concluir que hay indicios suficientes, en todas y cada una de las fases de evaluación geológica sobre las que se fundamenta el proyecto, de irregularidades, insuficiencias, errores y contradicciones que deberían ser

investigadas en una AUDITORIA TÉCNICA (AT). La AT debería investigar todos los informes elaborados para ESCAL UGS (4) antes de la inyección de gas para estimar si con los datos disponibles en agosto-septiembre de 2013 se podía haber previsto lo que finalmente ocurrió, si se pudieron haber tomado medidas para evitar los terremotos y, si este fuera el caso, por qué no se ejecutaron dichas medidas. Durante la AT también se debería entrevistar a todas las partes que participaron en la elaboración del Proyecto Castor desde el punto de vista geológico. Asimismo, sería recomendable que la AT evaluara la viabilidad económica del Proyecto Castor, especialmente a raíz de los resultados obtenidos por el Castor-1.

Aunque este documento no puede considerarse una autoridad en la calificación de los aspectos geológicos evaluados, pues está basado en información parcial y limitada, (ver Referencias) consideramos que hay indicios suficientes que aconsejan llevar a cabo una AT en profundidad del Proyecto. Será a partir de las conclusiones de la AT que las actuaciones de ESCAL UGS en cada una de las cinco fases de las que consta la Geología del Proyecto Castor (Origen, Modelo Geológico, Modelo de Flujo, Modelo Geomecánico y Análisis Sísmico) podrán ser calificadas de negligencia, incompetencia o dolo.

A continuación, se describen todos aquellos aspectos del Proyecto que merecerían una investigación detallada por parte de la AT para dilucidar si el Proyecto Castor se podía considerar un proyecto geológico técnica y económicamente viable y robusto o bien cabía calificarlo de una especulación pseudo-científica. Es altamente probable, desde el punto de vista técnico, que la causa del fracaso del Proyecto Castor y el origen de los terremotos resida en una idea equivocada del modelo geológico. El objetivo de la presente memoria es el de compilar todos los indicios que apuntan a graves errores en la concepción geológica del Proyecto desde su origen hasta los terremotos de septiembre-octubre de 2013.



## 2. ORIGEN DEL PROYECTO

El Proyecto Castor nace en 1995 de la mano de EUROGAS. Dicha empresa estimaba que en el campo de petróleo de Amposta quedaban por producir unos 35 millones de barriles (MMbbl) recuperables, todavía presentes en el campo de Amposta (5) después de ser abandonado por Shell N.V. en 1989 (6). EUROGAS consideraba una fase inicial de extracción de petróleo para a continuación re-utilizar los pozos para la inyección de gas. La estimación de 35 MMbbl es altamente dudosa por tres razones:

- 1) Situaba los 35 MMbbl en los áticos de la estructura. En los áticos las cantidades de petróleo son mínimas (normalmente sub-económicas) debido limitado volumen de roca almacén.
- 2) Los áticos identificados por EUROGAS ya fueron perforados por Shell en los años 70-80 según se desprende de información procedente de EUROGAS (5) y ESCAL UGS (7).
- 3) 35 MMbbl recuperables equivalen al 64% del petróleo producido por Shell, cantidad sorprendente si se tiene en cuenta que cuando Shell abandonó el campo de Amposta el contacto agua-petróleo había llegado prácticamente al techo de la estructura. El pozo Castor-1 finalizado en 2005 confirmó que no había 35 MMbbl de petróleo recuperables sino que tan sólo había unos 3-5 MMbbl de petróleo (4).

Debería investigarse cuáles eran las bases y parámetros utilizados para estimar los 35 MMbbl y si dichas bases pueden considerarse correctas para los estándares de la industria o bien eran falsas. Debería investigarse cómo explican EUROGAS Y ESCAL UGS la desaparición de 30-32 MMbbl. En 2004 (4) se estimaba en 35 MMbbl el petróleo recuperable pero en 2011-2012 tanto EUROGAS como ESCAL UGS hablan del campo de Amposta como un campo agotado (8), (9). También habría que evaluar el impacto económico de la desaparición de estos 30-32 MMbbl de petróleo y determinar si después del Castor-1 el proyecto era económicamente viable o no. Ya en esta fase una auditoría podría establecer si el Proyecto Castor era un proyecto sólido o sólo era un proyecto especulativo.

## 3 MODELO GEOLÓGICO (estático)

Siguiendo la afirmación incluida en el informe MIT-Harvard (1): “The correct Geological model facilitates the flow and geomechanical models” hay que convenir que el éxito del Proyecto se basa en la obtención de un modelo geológico correcto, y dentro del modelo geológico el almacén juega un papel determinante.

Según ESCAL UGS el aspecto fundamental del almacén es la presencia de grandes cavidades: “En principio, y dadas las características del almacén subterráneo, consistente en un karst bien desarrollado por el que los fluidos circulan por cavidades abiertas con absoluta facilidad (comportamiento similar al de un tanque), sin resistencia, es decir sin pérdida de carga, no se generarán sobrepresiones importantes durante el llenado” (10) y (11). En ninguno de los informes a los que hemos tenido acceso ESCAL UGS presenta pruebas de la existencia de tales cavidades abiertas. Al respecto hay que mencionar:

- 1) Que en la presentación de ESCAL UGS en el Colegio de Geólogos de Cataluña de fecha 25.02.2014 (12), al ser interpelados sobre las supuestas evidencias de tales cavidades, el señor Recaredo del Potro reconoció que la única evidencia que tenían era respecto a la altura de la cavidad y de ningún modo podían afirmar nada sobre ancho y fondo de la cavidad. En base a los mismos datos utilizados por ESCAL UGS se llega a la conclusión de que las supuestas cavidades de decenas de metros se transforman en cavidades de no más de 45 cm de ancho.

- 2) Que respecto a las supuestas evidencias sísmicas en favor de tales cavidades presentes en el campo de Amposta (13) se puede afirmar que estas imágenes están deformadas (las líneas sísmicas han sido comprimidas eliminando trazas sísmicas según el criterio del intérprete) dando origen a artefactos sísmicos que son los que se han interpretado como cuevas colapsadas.

Las modelizaciones del almacén llevadas a cabo por MIT-Harvard (1) demuestran la imposibilidad de reconciliar los parámetros utilizados por ESCAL UGS con la realidad y en consecuencia se ven obligados a redefinir los parámetros del almacén. Es significativo que mientras ESCAL UGS menciona porosidades de la roca almacén de 16-25%, los modelos del

MIT-Harvard asignan una porosidad máxima del 5.5 %. “In general rock permeabilities and porosities in this model were regarded as very uncertain due to lack of reliable prior information”.

Si el modelo geológico es incorrecto todo el trabajo posterior se hará sobre una base falsa. En una auditoría podría establecerse si el modelo de almacén elegido por ESCAL UGS está avalado por datos reales o es una pura especulación pseudo-científica sin base alguna.

#### 4. MODELO DE FLUJO (dinámico)

Según ESCAL UGS antes de la inyección de gas se realizaron por lo menos 8 modelizaciones del almacén (4). Sorprende que el auditor técnico del Proyecto (Gafney, Cline and Associates- GC&A) (14) sólo mencione con detalle el MBAL Model (*Material Balance*) y no haga referencia a las demás modelizaciones dado que este tipo de modelización (MBAL) se realiza normalmente cuando existen todavía pocos datos, porque es sencilla y rápida, y se lleva a cabo antes de realizar modelizaciones más complejas.

La auditoría debería investigar con detalle el modelo de flujo si se tiene en cuenta lo afirmado por el auditor técnico al respecto GC&A: “The report “EUROGAS/ESCAL UGS S.L.CASTOR PROJECT. MBAL TANK MODEL for AMPOSTA Field and Vertical Lift Performance curves calculation (GK/AMP -2006/004)” describes the reservoir modeling process in some detail, but the report does not include detail of the input dataset and it has not been possible to validate this.”). Es decir, el auditor técnico no valida el modelo de flujo elaborado por ESCAL UGS.

GC&A también menciona lo siguiente: “Specific data items that are fundamental to the material balance model are the reported field average reservoir pressures, production data and the depth of the OWC over time. These are interpreted datasets and the reliability of the results of the material balance study depends on how these datasets were measured and what

processing and interpretation have been applied to the raw data” (14).

En el informe de MIT-Harvard (1) se realizan modelizaciones de flujo para la fase de producción de petróleo en Amposta y la inyección de gas en Castor. Sin embargo, no hay publicado nada referente al período comprendido entre el abandono del campo en 1989 y su reactivación en 2013. En ese período el contacto petróleo-agua (OWC) pasa de 1750 bmsl a 1800 bmsl. La auditoría debería investigar si ese período ha sido modelado o no y comprobar si los modelos elaborados por MIT-Harvard pueden explicar el comportamiento del OWC, más teniendo en cuenta que según GC&A la evolución del OWC con el tiempo es fundamental en la modelización del almacén (14).

Otras consideraciones a tener en cuenta por la auditoría:

¿Por qué no se siguió el código de buenas prácticas establecido por la industria para las inyecciones de gas? (2) y (3)

La AT debería investigar las conclusiones del informe de Schlumberger para ESCAL UGS sobre asfaltenos y comprobar cuáles fueron sus conclusiones y recomendaciones. Los asfaltenos presentes en el petróleo de Amposta pudieron haber precipitado en el almacén, reduciendo su porosidad y permeabilidad, cuando Shell inyectó gas para recuperar petróleo en los años 80.

La AT debería investigar por qué en mayo de 2007, cuando se actualizó la solicitud de concesión en base a la Orden del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio ITC/3995/2006 y entre otros cambios, se canceló la fase previa de extracción del petróleo existente en el yacimiento, más si se tiene en cuenta que en el *Watercraft Prospectus for Investors* (14) se expresan las dudas por el comportamiento que este petróleo no extraído puede tener durante la inyección de gas.

Todos estos factores podrían haber contribuido al desarrollo de sobrepresiones excesivas para la integridad del almacén.

## 5. MODELO GEOMECÁNICO

En el documento Watercraft Prospectus for Investors (14) se afirma que “Overpressuring of a UGS facility to increase working gas volume is a fairly common practice. However this may give rise to a potential risk of a breach of seal, causing potential loss of gas from the confines of the original reservoir and surface movement.” En consecuencia, es de vital importancia establecer a qué presión se fractura la roca para poder evitar fugas de gas.

La presión de fractura se obtiene de los ensayos de fugas (LOT) que se realizan en cada pozo que se perfora. En los pozos perforados por Shell se realizaron las pruebas que proporcionaron los datos necesarios para calcular la presión de fractura en el campo de Amposta, dado que este tipo de pruebas son estándar en todos los pozos de petróleo/gas. Sin embargo ESCAL

UGS en 2010 afirmaba lo siguiente: “Se recopilaron datos de 113 sondeos perforados en esta áreas (Golfo de Valencia y Golfo de Rosas), de los cuales sólo se dispuso de datos de los ensayos de fugas efectuados de 38 de ellos. Además, y dado que no se pudo disponer de datos del campo Amposta, durante las operaciones del sondeo de evaluación Castor-1 se llevó a cabo un test de fugas (LOT) sobre la roca cobertera (arcillas del Grupo Castellón) para poder tener al menos un dato que fuera representativo del campo, aparte de los disponibles en el entorno” (15). Hay que calificar, por lo menos, de sorprendente de que el proyecto avance hasta 2011 sin datos vitales (LOT’s de Amposta) para poder determinar la presión de fractura de la roca sello, de la que depende la viabilidad técnica del proyecto.

Utilizando datos del Golfo de Rosas/Golfo de Valencia, y según las estimaciones de ESCAL UGS, la presión de fractura variaría entre 253 y 322 bar. Dado que la presión de inyección de gas sería de 212 bar, esto daba un margen de seguridad entre 41-110 bar. Sin embargo, utilizando los mismos datos ofrecidos por ESCAL UGS y aplicando métodos estándar de la industria se llega a

escenarios menos optimistas en los que la roca se fractura al alcanzar presiones en el almacén de 185-190 bar. Es significativo que el primer terremoto de magnitud superior a 3 (3.5) tiene lugar el 24 de septiembre de 2013 cuando la presión en el almacén es de 185 bar (16). Los terremotos de magnitud superior a 3 eran indicativos de movimiento de falla (3, Anexo II).

Es revelador lo que se manifiesta en el informe del IGME (3): “Los márgenes de seguridad de riesgos geomecánicos y fugas son bastante más ajustados, casi inexistentes, según las simulaciones correspondientes a la evaluación más actual (2011)”. Lo acertado de esta afirmación se manifiesta cuando se compara la presión inicial del almacén de 178 bar a 1736 m bmsl (16) y la presión máxima alcanzada de 185 bar (16) cuando se produce el primer terremoto de intensidad superior a 3. Según admite ESCAL UGS, se obtuvieron sobrepresiones de 7,9 bar durante la inyección de gas colchón (16).

En base a la afirmación del IGME, y asumiendo que las modelizaciones a las que se refiere fueron las realizadas por ESCAL UGS después de perforar los pozos Castor, tal como informa el auditor técnico GC&A (14), hay que suponer que ESCAL UGS tenía que haber llegado a la misma conclusión después de obtener todos los datos necesarios de los pozos Castor en 2011. La AT podría averiguar si ESCAL UGS tenía conocimiento, ya en 2011, de que no había margen de seguridad para inyectar gas y, por tanto, si tenía conocimiento de la posible inviabilidad técnica del proyecto, y si aun así se decidió continuar con el mismo.

Haber iniciado el proyecto sin datos de presión de fractura del Campo de Amposta (los datos se obtienen en 2011 cuando el proyecto está en su fase final), hacer estimaciones muy alejadas de la realidad, no existir margen de seguridad para inyectar gas y que no se siguiera el código de buenas prácticas al inyectar gas (2,3) son, a nuestro entender, indicios suficientes para que la AT determine si se ha producido la fractura de la roca sello debido a las sobrepresiones creadas, aspecto fundamental del que dependía la viabilidad

técnica del proyecto. Además, la fracturación de la roca era un aspecto que debía evitarse como se desprende de las alegaciones presentadas al proyecto (17). Si la roca sello se ha fracturado o no es un aspecto fundamental a resolver, más si se tiene en cuenta que hasta la fecha ninguno de los dos organismos que han tenido acceso a los datos de ESCAL UGS (MIT-Harvard e IGME) han manifestado nada al respecto.

## 6. ANÁLISIS SÍSMICA

Toda la atención mediática, académica y popular se ha centrado, durante el período 2013- 2017, en los terremotos de septiembre-octubre. Sin embargo, los terremotos no son el origen de los problemas del Proyecto Castor, ni una coincidencia casual, tal como pretendía ESCAL UGS y que ha sido desmentida en los informes solicitado al IGME (2,3) y al MIT-Harvard (1). Al contrario, el fracaso del Proyecto Castor es muy probablemente el resultado de todos los errores, deficiencias y negligencias realizadas en todas y cada una de las fases del Proyecto y los terremotos son la consecuencia.

MIT-Harvard (1) concluye que los terremotos se originan por la desestabilización de la falla de Amposta y no por una pequeña falla (Falla Castor) a la que el IGME atribuía los terremotos. La diferencia es importante por cuanto la magnitud de los posibles terremotos depende de las dimensiones de las fallas (grandes en el caso de la falla de Amposta, mínimas en el caso de la falla Castor).

No es aceptable excusar a la empresa de su responsabilidad aduciendo que la industria no tenía los medios necesarios para realizar tal evaluación. Sin entrar a considerar que la industria utiliza diferentes métodos que el mundo académico para obtener resultados similares, el encargo que se hizo al MIT-Harvard en 2014 después de los terremotos podía haberse encargado con anterioridad a la inyección de gas de 2013. Los datos disponibles eran los mismos en 2013 que en 2017, a excepción de los resultados de la inyección de gas, irrelevantes porque de lo que se trataba era de predecir el

comportamiento de la falla de Amposta antes de inyectar gas y no explicar su comportamiento después de la inyección de gas, que en realidad es lo que hace MIT-Harvard (1).

Lo que hay que preguntarse es ¿qué es lo que se sabía sobre la posibilidad de terremotos asociados a la inyección de gas antes de septiembre de 2013 en las inmediaciones de la Plataforma Castor. ¿Se sabía que la falla de Amposta era una falla activa? ¿Se podía saber la magnitud de los posibles terremotos asociados al movimiento de la falla de Amposta? ¿Se podían prever terremotos de cierta magnitud en las inmediaciones de la Plataforma Castor asociados a las inyecciones de gas? Con la información y conocimiento disponibles antes de la inyección de gas, la respuesta a todas estas preguntas es afirmativa, tal y como se desprende de la lectura de las actas de la reunión celebrada por el Grupo de Seguimiento de la actividad sísmica en el Golfo de Valencia el 1 de Octubre de 2013 (IGME 2013-Anexo II, 2014 Anexo IV):

En dicha reunión se indica que la falla Amposta Oriental es una falla activa conocida desde 1992 e incluida en una base de datos pública. La falla está situada debajo de la zona de inyección de gas Castor y se mueve a razón de 0,04 mm año.

En la misma acta consta que se han simulado escenarios de daños con el simulador 6/2002 de Protección Civil hasta una magnitud de 6 en el epicentro. No se modelaron terremotos de magnitud 7 por considerarlos poco probables, pero poco probables no significa imposibles. Las estimaciones máximas del MIT-Harvard son de magnitud 6.8.

Si toda esta información estaba disponible, si existen numerosas referencias bibliográficas a terremotos inducidos por inyección de fluidos, algunos de ellos recogidos en el Watercraft Prospectus for Investors (14), si se había advertido del riesgo de terremotos relacionados con la inyección de gas, como alegaba el Observatori de l'Ebre (17,18), y si por otra parte ESCAL UGS era consciente de dicho escenario, como se desprende de lo publicado en el Watercraft Prospectus for

Investors (14), la pregunta es: ¿por qué no se hizo nada efectivo para evitar lo que finalmente ocurrió?

La responsabilidad de la empresa se establece a partir del momento en que no considera ningún escenario de sismicidad significativa y, por tanto, no se formaliza ningún protocolo de actuación. Un protocolo tipo semáforo, como el recomendado por MIT-Harvard (1), no es nada novedoso en la industria, más bien al contrario, es muy frecuente utilizar este tipo de enfoque cuando se trata de evaluar cualquier tipo de riesgo.

Con respecto a los terremotos, la AT debería incidir en dos aspectos: 1) que no se evaluaran las probables consecuencias de inyectar gas en una zona que contaba con la presencia de una falla activa y 2) que no se estableciera ningún protocolo de actuación para detectar terremotos de magnitud superior a 3, indicativos de que se estaba excediendo la sismicidad normal asociada a inyecciones de gas y de que se estaba desestabilizando la falla de Amposta, cuyo movimiento originó los terremotos de septiembre /octubre de 2013.

## 7. RESUMEN

Del estudio de los informes a los que se ha tenido acceso se puede afirmar que hay suficientes indicios de que los terremotos

de septiembre-octubre de 2013 originados en las inmediaciones de la Plataforma Castor son el resultado final de la secuencia de decisiones empresariales y técnicas tomadas por ESCAL UGS: iniciar un proyecto altamente especulativo desde el punto de vista geológico y basado en unas previsiones de recuperación de petróleo imposibles de materializar; elaborar un modelo geológico del almacén con unos parámetros extraordinarios sin una base objetiva comprobable; estimar unas presiones de fractura de la roca sello superoptimistas cuando los datos apuntaban a escenarios mucho más conservadores, escenarios que han sido confirmados al inyectar gas. Con todos estos errores y el incumplimiento del código de buenas prácticas en las inyecciones de gas la secuencia de acontecimientos podría haber sido la siguiente:

- La inyección de caudales excesivos de gas para un almacén con parámetros mucho más modestos de los estimados por ESCAL UGS y que resultaron en el desarrollo de sobrepresiones excesivas. Dichas sobrepresiones pudieron fracturar la roca sello dando lugar a escapes de gas y petróleo que al entrar en la falla de Amposta causaron su desestabilización y el movimiento de la misma. El movimiento de la falla de Amposta, al final de la secuencia de acontecimientos descrita, es el que desencadena la serie de terremotos los últimos días de septiembre y primeros de octubre de 2013.

En la elaboración del informe del Síndic de Greuges, también han participado y cuenta con la conformidad y apoyo técnico del Colegio Oficial de Geólogos de Cataluña, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Cataluña y el Colegio de Ambientólogos de Cataluña.

## 8. REFERENCIAS

**Informes a los que se ha tenido acceso para la elaboración de la presente memoria:**

(1) Informe MIT-Harvard (2017). Juanes, R., Castiñeira, D., Fehler, M.C., Hager, B.H., Jha, B., Shaw, J. & Plesch, A. 2017: *Coupled Flow and Geomechanical Modeling and Assessment of Induced Seismicity at the Castor Underground Gas Storage*, 24 de abril de 2017. P. 86

(2) IGME (2013). *Informe sobre la actividad sísmica en el Golfo de Valencia*. 17 diciembre 2013

(3) IGME (2013). *Informe geológico sobre la crisis sísmica relacionada con el almacén subterráneo de gas denominado Castor, Castellón noreste de España*. Madrid, 20 de diciembre 2013.

Anexo I: Solicitud oficial de informe al IGME

Anexo II: Actas de las reuniones en el ministerio de Industria, Energía y Turismo.  
Anexo III: Informe preliminar del IGME de fecha 4 de Octubre.

Anexo IV: Relación de documentos de la empresa ESCAL enviados por el MINETUR al IGME.

Anexo V: Informe del IGME del año 2007 al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

Anexo VI: Nota técnica sobre la aptitud de la estructura Castor para el almacenamiento de gas.

Anexo VII: Revisión bibliográfica y casuística sobre sismicidad inducida Anexo VIII: Parámetros geométricos de las fallas identificadas

Anexo IX: Análisis de compatibilidad de mecanismos focales

(4) ESCAL UGS (2007). *Concesión de Explotación del Almacenamiento Subterráneo de Gas Natural CASTOR Memoria Técnico-Económica (Actualización)*. Maig 2007. Excluida la

sección III (Características Geológicas del Almacenamiento).

(5) EUROGAS (2004). *Annual report 2004*.

(6) Seeman,U., Pümpin, V.F. and Casson, N. (1990). *Amposta Oil Field, in Structural Traps II: Traps Associated With Tectonic Faulting (Treatise of Petroleum Geology Atlas of Oil and Gas Fields)* Edward A. Beaumont, Morman H. Foster (Editor). AAPG Special Volumes, p. 20

(7) ESCAL UGS. Carlos Barat (2010). Proyecto CASTOR. Inauguración de la nueva sede del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de Aragón. 17 de diciembre de 2010. Presentación 52 PWP.

(8) EUROGAS Corporation (2011). *Report to shareholders*, p. 11 <http://dundee-energy.com/pdfs/ar-2011.pdf>

(9) Daly, J. (2012). *Spain's Controversial Natural Gas Undersea Storage Site Nears Completion*. OILPRICE.com <https://oilprice.com/Energy/Natural-Gas/Spains-Controversial-Natural-Gas-Undersea-Storage-Site-Nears-Completion.html>

(10) URS (2008). Estudio de Impacto Ambiental Almacén Subterráneo de Gas Natural Castor. Sección 8/ p. 13 de 26).

(11) II Jornada sobre almacenamiento geológico. El subsuelo como recurso y nueva frontera. 1ª y 2ª parte. 17 de Mayo de 2013. Facultad de Geología. Universidad de Barcelona [www.ub.edu/ubtv/explora/facultats-i-centres/facultat-de-geologia?page=2](http://www.ub.edu/ubtv/explora/facultats-i-centres/facultat-de-geologia?page=2)

(12) Jornada Geologia i Geofísica del Projecte Castor. Implicacions de risc. Col·legi de Geòlegs de Catalunya. Barcelona, 25 de Febrer 2014:

<http://www.youtube.com/watch?v=D4ct7rsBB1A> <http://www.youtube.com/watch?v=w1MAYT3CPnE> <http://www>

youtube.com/watch?v=58UoyOia6r0 <http://www.youtube.com/watch?v=fAJ2uB5GkEM>  
<http://www.youtube.com/watch?v=H72F40YuZIU>

(13) Álvarez, I. (2013). “El almacenamiento de Castor. Amposta”. A: *Los almacenes de gas. El caso «Castor»*. Instituto de la Ingeniería de España. 14 de octubre 2013.

(14) Prospectus by Watercraft Capital S.A. €1,400,000,000 5.756 per cent. Secured Limited Recourse Amortising Bonds due 2034 Issue price: 100 per cent. p. 443. Printed in England – 10400 Stephen Beresford Limited. 30 julio de 2013.

(15) ESCAL UGS (2010). *Informe de Implantación de Sondeos CASTOR CS-SS-DR-RE001*. Rev 100412.12 Abril 2010. P. 92

(16) ESCAL UGS (2014). *Informe de sismicidad. Almacenamiento subterráneo Castor*. Doc. Núm: ESC-DG-RPT-001. 9 mayo 2014. Versión 2.

(17) ESCAL UGS. Estudio de impacto ambiental Almacén Subterráneo de Gas Natural Castor. Sección 8. P. 26

(18) Arantza Ugalde (2005). Evaluación de impacto ambiental (SGEA/SHG; Ref.: GAD 13/05). Almacenamiento subterráneo de gas natural Amposta (permiso Castor) (Tarragona). Observatorio del Ebro. CSIC-URL.

## Símbolos

**MM** = Millones

**bbl**= Barriles

**TVD** = True Vertical Depth (Profundidad vertical verdadera)

**OWC**= Oil/Water Contact ( Contacto agua/petróleo)

**Msl**= Mean sea level (Nivel medio del mar)

**Bmsl**= Below mean sea level (Por debajo del nivel medio del mar)

**LOT**= Leak Off Test (Ensayo de fugas)

**Bar (Unidad de presión)** 1 bar = 1,01972 Kg/cm



**SÍNDIC**

EL DEFENSOR  
DE LES  
PERSONES

**Síndic de Greuges de Catalunya**  
Passeig Lluís Companys, 7  
08003 Barcelona  
Tel 933 018 075 Fax 933 013 187  
sindic@sindic.cat  
www.sindic.cat

