12
2016

Energía&Minas

Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos
de Minas y Grados en Minas y Energía

RELACIÓN DE COLEGIOS OFICIALES DEL CONSEJO GENERAL DE COLEGIOS OFICIALES DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS Y GRADOS EN MINAS Y ENERGÍA

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE ARAGÓN
Decano: Emilio Querol Monfil
Pº Mª Agustín, 4-6, ofic. 14 50004 Zaragoza
Tfno: Tlf./Fax 976 442 400
Ámbito territorial: Comunidad autónoma de Aragón.
Sede: Zaragoza.
http://www.coitma.com coitma@coitma.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE CATALUÑA Y BALEARES
Decano: Juan Ignacio Navarro Villanueva
C/ Rosellón, 214. 08008 Barcelona
Tfno: 93 215 13 59 / 93 215 98 09
Ámbito Territorial: Comunidades autónomas de Cataluña y Baleares.
Sede: Barcelona.
http://www.colegiominas.com barcelona@colegiominas.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE CARTAGENA, CASTELLÓN, VALENCIA, ALBACETE, MURCIA, ALICANTE Y ALMERÍA
Decano: Virgilio Bermejo Vivo
C/ Salitre, 33. 30205 Cartagena (Murcia)
Tfno: 968 50 41 10 / 968 50 41 85
Ambito territorial: Comunidad Autónoma de Murcia, Comunidad Valenciana, y Provincias de Albacete y Almería.
Sede: Cartagena.
http://www.coitminas.com cartagena@coitminas.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE GALICIA
Decano: Atanasio José Peña Álvarez
C/ Alejandro Novo González, 4 bajo. 15706 Santiago de Compostela (A Coruña)
Tfno: 981 534 356 - Fax: 981 534 357
Ambito territorial: Comunidad Autónoma de Galicia.
Sede: Santiago de Compostela
http://www.coitmgalicia.com correo@coitmgalicia.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE HUELVA, SEVILLA, CÁDIZ, BADAJOZ, CÁCERES Y CANARIAS
Decano: José Luis Leandro Rodríguez
Avda. Martín Alonso Pinzón, 11. 21003 Huelva
Tfno: 959 24 82 13 / 959 24 82 13 Fax: 959 25 79 10
Ambito territorial: Provincias de Huelva, Sevilla, y Cádiz, y Comunidades Autónomas de Extremadura y Canarias.
Sede: Huelva
http://www.cminas.com huelva@cminas.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE CASTILLA Y LEÓN - NORTE Y CANTABRIA
Decano: Victor Aitor Álvarez González
Pza. Sto. Domingo, 4-7º 24001 León
Tfno: 987 23 19 37 / 987 27 29 65
Ambito territorial: Provincias de Castilla y León - Norte y Comunidad Autónoma de Cantabria.
Sede: León
http://www.coitminasleon.com colegio@coitminasleon.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE LINARES, JAÉN, GRANADA Y MÁLAGA
Decano: Rafael Parra Salmerón
C/ Isaac Peral, 10, 1º. 23700 Linares (Jaén)
Tfno: 953 60 63 12 / Fax: 953 65 38 20
Ambito territorial: Provincias de Jaén, Granada y Málaga.
Sede: Linares
http://www.colegiominaslinares.com colegio@minaslinares.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE MADRID, AVILA, CUENCA, GUADALAJARA, SALAMANCA, SEGOVIA, TOLEDO, VALLADOLID Y ZAMORA
Decano: Pedro Layna Sanz
C/ Almagro, 28-5º 28010 Madrid)
Tfno: 91 308 28 42 / 91 319 35 56
Ambito territorial: Comunidad Autónoma de Madrid y provincias de Toledo, Guadalajara, Cuenca, Segovia, Avila, Salamanca, Valladolid y Zamora.
Sede: Madrid
http://www.coitm.org secretaria@coitm.org

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DEL PAÍS VASCO, NAVARRA, LA RIOJA Y SORIA
Decano: Jonatan Rodríguez Calzada
C/ José Mª Olabarri, 6. 48001 Bilbao
94 423 76 67 / 94 423 76 67
Ambito territorial: Comunidades Autónomas de País Vasco, Navarra y La Rioja y la Provincia de Soria.
Sede: Bilbao.
http://www.colminasbi.org colegio@colminasbi.org

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS
Decano: José Augusto Suárez García
C/ Caveda, 14. 33002 Oviedo
Tfno: 98 521 77 47 y 521 77 51 / 98 522 96 74
Ambito territorial: Comunidad Autónoma del Principado de Asturias.
Sede: Oviedo
http://www.colminas.es correo@colminas.es

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE CIUDAD REAL
Decano: José Carlos Losilla Rayo
Pza. de la Constitución, 13 - 1º 13400 Almadén (Ciudad Real)
Tfno: 926 710 517 / 600 579 698 - Fax: 926 098 080
Ámbito territorial: Provincia de Ciudad Real.
Sede: Almadén.
http://www.icoitma.com secretaria@icoitma.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA
Decano: Juan Antonio Cruz Romero
Pza. Sta. Bárbara, 26. 14200 Peñarroya-Pueblonuevo (Córdoba)
Tfno: 957 56 06 95 / Fax: 957 56 70 77
Ambito territorial: Provincia de Córdoba.
Sede: Peñarroya - Pueblo Nuevo (Córdoba)
http://www.minaspya.org

Energía&Minas

Revista profesional, técnica y cultural de Ingenieros Técnicos de Minas y Grados en Minas y Energía

Edita:
Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos de Minas y Grados en Minas y Energía
C/ D. Ramón de la Cruz, 88. Oficina 55
28006 Madrid
Tel: 91 402 50 25 / Fax: 91 402 50 63
www.consejominas.org
consejominas@consejominas.org

Comité Ejecutivo:
PRESIDENTE:
José Luis Leandro Rodríguez

VICEPRESIDENTE:
Atanasio José Peña Álvarez

SECRETARIO:
Pedro Layna Sanz

Consejeros:
Emilio Querol Monfil
Virgilio Bermejo Vivo
Juan Ignacio Navarro Villanueva
Victor Aitor Álvarez González
Rafael Parra Salmeron
Jonatan Rodríguez Calzada
José Augusto Suárez García
José Carlos Losilla Rayo
Juan Antonio Cruz Romero

Directora de la publicación:
Nuria Yagües Pérez

Fotografía de portada:
Arts&Press

Colaboran en este número:
Antonio Ros Moreno, Miguel Ortiz Mateo, José Carlos Losilla Pizarro, Antonio Daza Sánchez, Pablo Cienfuegos Suárez, Aníbal Seminario García, José Carlos Losilla Rayo, María de los Remedios Gil Ortega, Arsacio Cruz Pascual, Miguel Díaz Alcaraz, Miguel Ángel Pedrajo Pérez, Lluis Sanmiquel Pera, Juan Ignacio Navarro Villanueva

Diseño y maquetación:
Arts&Press

Impresión:
Mauricio Molina

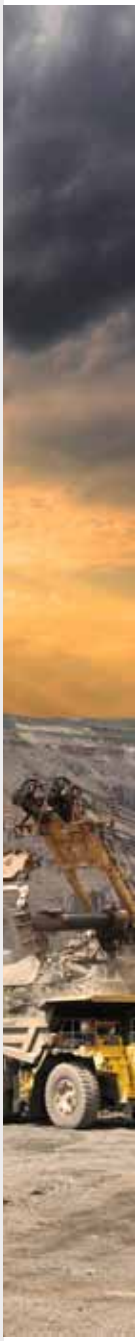
ISSN 1699-7743
DEPOSITO LEGAL: AS-3.629/2004

Prohibida la reproducción total o parcial del contenido de esta revista sin previa autorización. Los artículos e informaciones firmadas expresan la opinión de sus autores, con la que Energía y Minas no se identifica necesariamente.

04 editorial

La Ingeniería Técnica de Minas una profesión con futuro esperanzador 4

06 actualidad tecnológica



MINERÍA
Recuperación de zinc a partir de polvo de acería 6

Transporte hidráulico de concentrados: residuos industriales en Huelva 12

El efecto *nimby* en minería 20

CANTERAS
Neotectónica y modelo estructural del Macizo Ibérico en Córdoba 24

ENERGÍA
Gas no convencional en España: consideraciones generales y posibilidades en Asturias 38

ENSAYOS
La fuerza de impacto del rayo 56

GESTIÓN EMPRESARIAL
La logística en el sector industrial 64

SEGURIDAD Y SALUD
Seguridad en la industria extractiva 70

El Director Facultativo y la gestión de la prevención de riesgos laborales 76

RESPONSABILIDAD CIVIL Y PROFESIONAL
La responsabilidad civil del ingeniero 84

INNOVACIÓN Y DESARROLLO
La gran innovación pendiente en el sector minero español 86

Historia y evolución de la Escuela de Minas de Manresa 92

100 actualidad colegial

José Javier Medina, nuevo presidente del INGITE 102
Regreso a Unión Profesional 103
Celebrada la Asamblea de la FEANI 2016 104
¿Cómo conseguir el título EUR ING? 105

INGENIERÍA TÉCNICA DE MINAS
una profesión con futuro esperanzador

José Luis Leandro Rodríguez.
Presidente del Consejo

No se trata de vender humo, sino constatar una realidad y hacer público el amplio abanico de posibilidades que ha tenido, tiene y seguirá teniendo esta bonita profesión y que, lamentablemente, gran parte de la sociedad civil desconoce. Es nuestra obligación como Consejo General, ponerlo de manifiesto.

No es de recibo circunscribir exclusivamente esta profesión al laboreo de explotaciones mineras de interior y exterior; afortunadamente nuestros profesionales se encuentran repartidos por otras muchas actividades donde somos perfectamente válidos y competitivos.

Dada la gran versatilidad que siempre hemos tenido, la Ingeniería Técnica de Minas, así como los Grados en Minas y Energía, como se llama actualmente la titulación universitaria que faculta para el ejercicio de la profesión colegiada de Ingeniero Técnico de Minas tal y como establece la Orden CIN/306/2009 de 9 de febrero publicada en BOE 18/02/2009, desarrollamos nuestra labor eficazmente en materias tan amplias como: minas, canteras, explotaciones a cielo abierto, túneles, obras subterráneas, sondeos, captaciones y alumbramientos de aguas subterráneas, excavaciones y demoliciones, usos civiles de explosivos, talleres de pirotecnia y espectáculos pirotécnicos, plantas de beneficio, tratamientos y clasificación de áridos, plantas de hormigón y de asfalto, rocas ornamentales, industrias metalúrgicas y siderúrgicas, investigación geofísica, estudios geotécnicos, estudios hidrogeológicos, estudios medioambientales, direcciones de obras, geotermia, tecnología

de hidrocarburos, instalaciones de combustibles, gaseoductos y oleoductos, energías eléctrica, renovables y nuclear, estudios de seguridad y salud, prevención de riesgos laborales, topografía, dictámenes, peritaciones, tasaciones, control de calidad y un largo etcétera que sería demasiado tedioso enumerar y tampoco es el caso.

Ofrecemos, por tanto, a las empresas un amplio abanico de posibilidades de actuación en muchos campos, lo que hace que sea una de las profesiones más demandadas y con más prestigio. A esto nos referimos cuando decimos que la nuestra sigue siendo una profesión con futuro esperanzador.

En otro orden de cosas, siendo conscientes de que falta todavía un tramo largo para salir de la crisis, en el último pleno del Consejo General hemos acordado mantener un año más congelada la tarifa de visados voluntarios de proyectos y son varios los ejercicios que lo venimos haciendo. Es nuestro particular granito de arena a la colaboración con las empresas y profesionales que precisan de la intervención necesaria de nuestros Colegios. Desde estas letras animamos a la sociedad en general y a las empresas del sector en particular que se aseguren siempre que están contando con los servicios de profesionales adecuados, que estén colegiados en sus respectivos colegios y se cercioren además que se encuentran habilitados para ejercer legalmente. Esa es la razón fundamental de nuestra existencia como instituciones profesionales.

En definitiva los Colegios y, por tanto, el Consejo General tienen el firme propósito de seguir ofreciendo un servicio público a los sectores minero y energético y a la sociedad, en general, unos servicios de profesionales colegiados, altamente cualificados y de plenas garantías.

No queremos finalizar esta editorial sin lamentar la deriva judicial que vuelve a satanizar desgraciadamente el proyecto minero de Aznalcollar en la provincia de Sevilla. Sin entrar en polémicas, que ni nos corresponde ni nos compete, sí queremos denunciar que como pasa siempre la única perjudicada será la minería, y por extensión la población de Aznalcollar y lo que es peor las ilusiones de centenares de personas que tenían la esperanza de dejar por fin el drama del paro en esa zona tan deprimida y entre estos contábamos con más de una decena de compañeros nuestros a los que se les abría una buena posibilidad de abandonar bien el desempleo, bien la mejora de sus actuales ocupaciones quizás de menor calidad y constituía además una ventana de aire fresco para los egresados de las Escuelas con nuestra titulación en minas. Lástima que los acontecimientos no siempre discurran por la senda del sentido común y nuestro deseo más inmediato es que la pronta resolución del asunto permita lo más rápido posible despejar las dificultades que atraviesa la puesta en marcha del proyecto minero de Aznalcollar, y podamos contar definitivamente con la riqueza y el empleo que genera siempre una mina y más de las características e importancia de este proyecto.

El Consejo General, como no se entendería de otro modo siempre estará a favor de la explotación racional y sostenible de los recursos mineros. ■

Recuperación de zinc a partir de polvo de acería

Antonio Ros Moreno. Ingeniero Técnico de Minas

Con el proyecto EXCINOX, Patente de Invención Núm. 201231557 otorgada por la Oficina Española de Patentes y Marcas, se optimiza el reciclado de los polvos de acería de la forma más integral posible, mejorando las tecnologías actuales (Método Waelz y otros), mediante un método para el tratamiento de óxidos de zinc, principalmente óxidos con alto contenido en cloro y flúor, consiguiendo la recuperación del zinc y otros metales, que pueden reciclarse o comercializarse de forma ventajosa.

PALABARAS CLAVE: Zinc, reciclado, acerías, pirometalurgia, hidrometalurgia

Antes de entrar a analizar este proyecto de recuperación del zinc a partir del polvo de acería, se han de resaltar dos hechos que comienzan a complicar la metalurgia del zinc:

- Agotamiento de los criaderos clásicos, entrando en operación yacimientos minerales complejos, generalmente piríticos, que van a proporcionar concentrados de zinc muy complicados de beneficiar.
- Creciente preocupación mundial por el medio ambiente, que está incidiendo desfavorablemente sobre los procedimientos térmicos en cuanto a la atmósfera y sobre los hidrometalúrgicos en cuanto al suelo. Por otra parte, el flujo de materiales envejecidos, que, en forma de desechos metálicos y metalíferos, genera la mecánica de reposición, propende de igual modo a intensificarse. Dicho en otras palabras: a mayor empleo de metales, mayor afluencia de chatarras. Es obvio que las recuperaciones de los desechos metálicos y metalíferos se intensificarán en el futuro por las razones apuntadas. Ahora bien, no hay que olvidar que, dentro del contexto de un sistema económico en desarrollo, los incrementos reales del consumo forzosamente han de satisfacerse a expensas de nuevas materias primas y de nuevos productos básicos.

Dentro del contexto general, las industrias siderúrgicas generan residuos interesantes por su contenido en zinc y a su vez por las fuertes características y contaminantes que actualmente y desde siempre han tenido.

Este polvo de acería está constituido básicamente por óxidos metálicos de composición variable, que hacen necesario su tratamiento

con el fin de eliminar el problema de su almacenamiento debido a su carácter y contenido bajo-medio de zinc y plomo como valores metálicos principales y contenidos variables de otros metales, algunos considerados peligrosos como el Cd o Cr. El polvo de acería está catalogado como residuo tóxico y peligroso debido a los lixiviados que solubilizan sus metales pesados.

En conclusión a lo expuesto hasta el momento, se ha de resaltar:

- La metalurgia del zinc necesita nuevas fuentes de aprovisionamiento de materia prima.
- Las industrias siderúrgicas generan residuos interesantes por su contenido en zinc y a su vez considerados como tóxicos y peligrosos.
- El reto existente es el de conseguir una obtención económicamente viable de los residuos de acerías o similares, con reducción parcial o total de los problemas medioambientales.

PROCESO EXCINOX

El proceso desarrollado es un procedimiento para la recuperación de zinc y otros metales, como el plomo, cobre y plata, etc., a partir de residuos oxidados de zinc mediante un sistema integrado de concentración de óxidos (opcional), lixiviación con acido sulfúrico y la extracción selectiva de zinc mediante solventes orgánicos del tipo catiónico como el acido Dietil-hexilfosfórico (D2EHPA).

El proceso propuesto consta de las siguientes etapas:

1. Concentración del óxido
2. Lixiviación de óxidos
3. Extracción con disolventes orgánicos
4. Electrólisis
5. Fusión y moldeo

El proceso de concentración del óxido comprende una etapa hidrometalúrgica que permite separar los polvos en dos fracciones: magnéticas y no magnéticas.

En determinadas ocasiones, se puede considerar una segunda etapa pirometalúrgica para tratar parte de la fracción no magnética.

En estas etapas, el desarrollo industrial es ampliamente conocido y difundido en multitud de procesos.

El proceso hidrometalúrgico posterior a la concentración utiliza como primera etapa de extracción de zinc, las etapas de lixiviación neutra y posteriormente la lixiviación ácida de los residuos de la lixiviación neutra, así como la precipitación del hierro como jarosita. Estas etapas representan en la actualidad el estado de la técnica (state of the art) en los procesos industriales para la producción de zinc electrolítico de alta pureza.

Respecto a la extracción del zinc y otros metales presentes en los óxidos de zinc, como el plomo, la plata y el cobre, se utilizan industrialmente estas etapas de lixiviación para la producción de más 8 millones de toneladas/año de zinc electrolítico.

En una planta convencional de zinc, como lo es una planta electrolítica de zinc, sería imposible la recuperación del zinc de los óxidos en las etapas de lixiviación descritas anteriormente debido a los altos contenidos de aniones halogenuros como lo son el cloro y flúor.

Estos elementos, si están presentes en contenidos de > 250 mg/l de Cloro y > de 30 mg/l de Flúor, imposibilitarían una recuperación viable del zinc en una planta convencional de electrolisis.

La eliminación de estos aniones halogenuros se consigue complementando el proceso de lavado en la etapa de concentración con un proceso de extracción selectiva del zinc mediante reacción con ácido Dietil-hexilfosfórico (D2EHPA).

Esta extracción selectiva permite la separación del zinc de aquellas impurezas extraordinariamente dañinas para el proceso convencional de electrolisis.

El zinc una vez selectivamente extraído de la disolución con impurezas, es reextraído con el electrólito agotado que retorna de electrólisis, cerrándose así el círculo de carga y descarga con el zinc correspondiente para dar la producción deseada de zinc catódico.

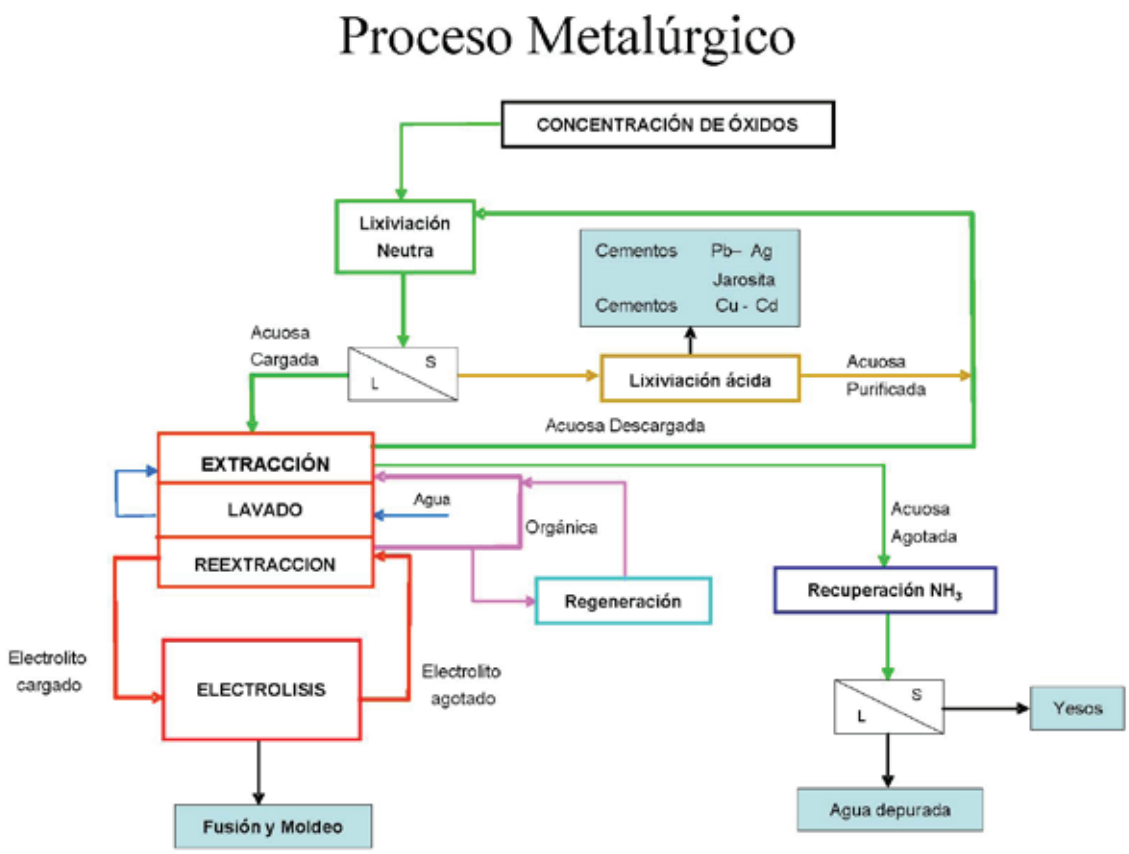


Figura 1: Esquema básico proceso Excinox

Este zinc catódico es posteriormente transformado en la planta de fusión y moldeo en lingote de zinc, que representa el producto final.

El riesgo tecnológico de las etapas de extracción y reextracción del zinc utilizando DEHPA como extractor orgánico es mínimo, ya que hemos operado, desde 1987 hasta 2009, un proceso de extracción selectivo de zinc similar al descrito. La experiencia adquirida durante la operación de la planta, servirá para afrontar algunos cambios tecnológicos como consecuencia de la materia prima a tratar.

Si bien, la combinación de la etapa de concentración con el resto de procesos posteriores garantiza una serie de ventajas técnicas y económicas importantes, la implantación industrial de ambos procesos por separado es viable operativamente con pequeñas modificaciones y sigue manteniendo una gran parte de los beneficios medio ambientales y económicos.

DATOS ECONÓMICOS DEL PROCESO EXCINOX

La versatilidad del proceso nos permite múltiples variantes dependiendo de la inversión inicial, empezando por 25.000 a 30.000 Tm/Año y pudiéndose ampliar posteriormente esta producción, por tal motivo consideramos para el análisis económico las siguientes variaciones en cuanto a inversión y capacidad productiva de las instalaciones:

- Producción de 60.000 Tm/Año sin H. Waelz.(break-even 623 $/Tm)
- Producción de 30.000 Tm/Año sin H. Waelz. (break-even 1020 $/Tm)
- Producción de 60.000 Tm/Año con Horno Waelz. (break-even 630 $/Tm)
- Producción de 30.000 Tm/Año con Horno Waelz. (break-even 894 $/Tm)

Por otra parte, hay que tener en cuenta las premisas siguientes:

1. No se han considerado ingresos por la posible venta de yesos.
2. No se ha considerado posible venta de óxidos Waelz.
3. El terreno se ha considerado en arrendamiento y no como compra.
4. Todas las cantidades se reflejan en USD ($).

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Este procedimiento tiene como ventajas:

- Permite el tratamiento directo en lixiviación de parte de los polvos de acerías, minimizando la cantidad a tratar en horno Waelz y gran parte de los problemas medioambientales asociados a este proceso (dioxinas-furanos, etc.).

Tabla 1

RESUMEN DE LOS VALORES MAS SIGNIFICATIVOS				
Concepto	(Periodo 14 Años y descuento 5 %)			
	(1)	**(2)**	**(3)**	**(4)**
Inversión (x1.000.000)	164	114	210	140
Beneficio antes de Impuestos (x1.000.000)	651	224	1.176	454
Impuesto de Sociedades pagado (x1.000.000)	197	69	356	138
Beneficios después de impuestos (x1.000.000)	454	156	820	316
TIR Proyecto (di) SIN VR (%)	25,9	16,0	31,8	22,3
TIR Cash Flow del accionista SIN VR (di) (%)	41,0	21,1	61,7	41,5
TIR Cash Flow del accionista CON VR (di) (%)	41,9	23,2	62,0	42,2
VAN Accionistas SIN VR (x1.000.000)	274	88	515	204
VAN Accionistas CON VR (x1.000.000)	399	140	725	294

- Garantiza un alto rendimiento en la recuperación del zinc al lograr el ataque de las ferritas.
- Permite el reciclado de diversos metales a sus correspondientes metalurgias (fracción magnética, concentrado de plomo, cemento de cobre y cemento de cadmio).
- Consigue la eliminación de los aniones halogenuros (cloro y flúor) complementando el proceso de lavado en la etapa de clasificación hidráulica con un proceso de extracción selectiva del zinc mediante reacción con ácido Dietil-hexilfosfórico (D2EHPA).
- Obtiene una producción electrolítica de zinc o de compuestos de zinc ultra puro para su comercialización.

Es decir, esta combinación de procesos hidrometalúrgicos y pirometalúrgico garantiza las siguientes condiciones de trabajo a nivel industrial:

- Gran flexibilidad de tratamiento de materia prima.
- Gran flexibilidad en operación.
- Facilidad de automatización y control.
- Menor inversión en instalaciones y existencias en curso.
- Menor necesidad de mano de obra.
- Menor coste energético.
- Mayor garantía de calidad.
- Mayor beneficio de los metales secundarios.
- Mayor control medioambiental.

En conclusión:

- El proceso desarrollado para el tratamiento de óxidos de zinc procedentes de las acerías eléctricas es técnicamente viable.
- La capacidad nominal para que una planta de este tipo sea viable económicamente se encuentra sobre el 50 % de la capacidad de una planta que utilice como materia prima concentrado de zinc (blenda).
- El coste de esta materia prima, por su caracterización como residuo tóxico y peligroso, es gratuito e incluso se prima su beneficio.
- El rendimiento, la inversión y el coste de la materia prima garantizan un beneficio económico muy superior a cualquier planta tradicional que produzca zinc a partir de blenda. ■

BIBLIOGRAFÍA

Ros Moreno, Antonio et al, 2014. Patente ES-2454415.

Transporte hidráulico de concentrados de residuos industriales en Huelva

Miguel Ortiz Mateo. Ingeniero Técnico de Minas, Ingeniero de Minas y Doctor Ingeniero por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid. Funcionario del Cuerpo Superior Facultativo de la Junta de Andalucía y Profesor Asociado de la Escuela Superior de Ingeniería de Huelva

El autor en este artículo pretende dar a conocer de una manera didáctica la técnica de transporte hidráulico de concentrados de residuos industriales, pero sin ningún interés en abrir un debate en relación a un tema tan sensible y polémico, ya que de él no depende autorizar proyectos ni aprobar declaraciones de impacto ambiental. Se estudian diversas soluciones a este problema medioambiental y de seguridad, siendo la solución más adecuada llevarlos a una mina abandonada. Tomada esta decisión se analizan diversos medios de transporte, llegándose a la conclusión de que el único sostenible ambiental y económicamente es por tubería. El agua de retorno a la marisma se aprovecharía para traer concentrados de mineral a la fundición de cobre y al puerto de Huelva. También se han determinado los diámetros de las tuberías, sus espesores y la potencia de las bombas (ida y retorno).

PALABARAS CLAVE: Ría del Tinto, fosfoyesos, mineroducto, tubería, concentrados de cobre

Foto nº 1 – Vista aérea de los fosfoyesos. Fuente: Mesa de la Ría

En la marisma de la Ría del Tinto hay acumuladas 120 millones de toneladas de fosfoyesos depositadas en balsas que ocupan una superficie de 1.200 Has., generadas como residuo de la producción de ácido fosfórico durante más de 40 años de actividad de dos empresas del Polo Químico de Huelva (Foto nº 1).

Estos 120 M tm de fosfoyesos son una fuente de contaminación de los acuíferos subterráneos, debido a las aguas de lluvia que percolan por el subsuelo. También contaminan las aguas de la Ría del Tinto, como consecuencia de las mareas y la interfase agua dulce–agua salada, y en la superficie los vientos hacen inevitable el arrastre de polvo.

Vamos a demostrar en las líneas que siguen que existe una solución medioambiental y económicamente sostenible.

¿QUÉ HACER CON LOS FOSFOYESOS?

Tenemos varias alternativas a esta pregunta:

1º. Cargarlos en barcos para verterlos en alta mar.

Esta opción ya la utilizó anteriormente otra empresa del Polo Químico para deshacerse de sus residuos. Trasladaríamos el problema al medio marino, no siendo el mar una cloaca donde verter residuos; la sociedad tampoco aceptaría esta solución. Por tanto, descartamos esta «solución».

2º. Verterlos a la ría.

Ya se hizo no hace muchos años por las dos empresas que los generaron. No sería lógico volver a hacerlo, ni la sociedad lo aceptaría.

3º. Cubrir los fosfoyesos con una capa de tierra vegetal.

Con esta opción la superficie aparecería con un aspecto deslumbrante, pero el problema seguiría pues las aguas de lluvia percolarían por su superficie así como el agua de las mareas, produciéndose los fenómenos contaminantes ya mencionados, además la erosión haría que de nuevo aflorasen los fosfoyesos. Por lo que también la descartamos.

4º. Dejar los fosfoyesos como están para ir retirándolos conforme haya demanda.

Según indica en una entrevista (ABC de Sevilla de 30/11/2015) el catedrático de la Universidad de Sevilla Dr. D. Antonio Delgado García, se han recuperado para la agricultura 40.000 has. de las 100.000 posibles, de las marismas del Guadalquivir gracias a la desalinización que desde los años 70 del siglo pasado se viene realizando con el uso de fosfoyesos, el fosfoyeso es una fuente de calcio efectiva para desplazar el exceso de sodio que tenían los suelos, además tiene la ventaja de ahorrar el abonado con fosforo de los terrenos. Los agricultores aplicaron 25 tm/ha cada dos o tres años hasta el año 2005, lo que no quita que esporádicamente se lo sigan llevando, esto hace un total de fosfoyesos retirados de 14 M tm equivalentes a 5,93 M m^3 .

Dado que su utilización en la construcción es nula (por el rechazo social existente) y al no existir la posibilidad de seguir regenerando la marisma del Guadalquivir para su uso agrícola, por ser el resto humedales protegidos, descartamos también esta alternativa.

5º. Llevar los fosfoyesos a un hueco en la superficie mayor de 50,9 M m^3.

Esta solución sí es viable, pues en la provincia de Huelva existen explotaciones mineras a cielo abierto abandonadas, como Filón Norte o Sierra Bullones en Tharsis, la corta de la mina La Zarza en el t.m. de Calañas, Corta Atalaya en t.m. de Riotinto. De estas minas abandonadas la única con capacidad suficiente es Corta Atalaya (>217 M m^3), una vez puesto en evidencia los beneficios que reporta su utilización como depósito: seguridad, que ahora no tiene la zona de ocupación de los fosfoyesos, y recuperación de 1200 Has. de alto valor ecológico, y seguridad de la Corta al evitar con los depósitos (los cuales generan presión interior en las paredes) que sigan apareciendo grietas perimetrales, motivo por el cual la Corta no es visitable, por lo que no reporta ningún beneficio económico a la zona, lo que sí sucede por ejemplo con el museo y el tren minero (Foto nº 2).

Elegida esta opción, ¿cuál sería el medio de transporte que sea económica y ambientalmente sostenible?

JUSTIFICACIÓN DEL MEDIO DE TRANSPORTE PARA 20 AÑOS

Vamos a demostrar que el transporte de los fosfoyesos por otro medio diferente a la tubería es inviable.

Por ferrocarril:

El transporte por ferrocarril es muy complejo en su operación, pues tenemos que tener en la zona de fosfoyesos palas cargadoras, en la estación cercana a las balsas, varias tolvas para almacenamiento y carga de los vagones de tren, y además una flota de camiones llevando fosfoyesos a la estación.

En la estación cercana a Corta Atalaya debemos tener tolvas de recepción y camiones para llevar los fosfoyesos a la propia Corta.

Al estar desmantelado el ferrocarril, habría que reconstruirlo, comprar locomotoras y vagones de descarga por su parte inferior o de vuelco, en cantidad suficiente para transportar 6 M tm/año, equivalente a 16.667 tm/día.

Necesitaríamos un equipo de mantenimiento para toda la red, infraestructuras, locomotoras y vagones.

Todo ello hace que sea muy costosa su implantación y operación, aconsejando la lógica desechar esta opción.

Por carretera:

Mediante camiones bañera de 28 tm de capacidad, tenemos que transportar 6 M tm/año

Foto nº 2 – Corta Atalaya. Fuente: Archivo Fundación Riotinto

durante 20 años, lo que supone 595 camiones/día durante los 365 días del año, que colapsaría cualquier carretera, por tanto este medio de transporte no es viable.

Para transportar 16.667 tm/día de fosfoyesos con camiones de 28 tm necesitamos dar 595 viajes de ida, lo que hace 1.190 viajes/día entre ida y vuelta, recorriendo en cada viaje 74 km, que hacen 642.838.000 km. Que para este tipo de camiones con un consumo de 38 litros de gasoil cada 100 km suponen 244.278.440 litros de consumo en 20 años.

Además, para el consumo de 38 l/100km, las emisiones de CO_2 son de 998,4 g/km y por tanto en 20 años se emitirían 641.809 tm CO_2.

Por cinta transportadora:

Transportar los fosfoyesos mediante cintas transportadoras también presentaría grandes dificultades dada la distancia, topografía, meteorología, material húmedo que se pega a la banda de goma, a los rodillos y tambores ocasionando innumerables averías, etc. Ocasiona impacto visual y sonoro.

Por tubería:

El mineroducto realizaría el recorrido Marismas del Tinto a Corta Atalaya llevando la hidromezcla (agua-fosfoyesos) y otra tubería traería de nuevo el agua a la Marisma, reponiéndose la correspondiente pérdida de agua que se produzca por evaporación. Pero este retorno del agua

lo podemos aprovechar para traer los concentrados de Cu, Pb-Zn o Cu-Pb-Zn que produzcan las minas, Aguas Teñidas, Magdalena, Río Tinto, Sotiel, etc.

Con esta solución el mineroducto sería económicamente sostenible, y también lo sería medioambientalmente pues **la tubería va enterrada a un metro de profundidad.**

Coste del mineroducto:

El pasado 21/03/2015 apareció en la prensa nacional la noticia de la compra, por parte de la Compañía Logística de Hidrocarburos (CLH) en el Reino Unido, de una red de oleoductos de 2000 km y 16 instalaciones de almacenamiento, con más de un millón de metros cúbicos, por un importe de 113 millones de euros, que corresponde a un coste por kilómetro de 56.500€/km.

Cifra que vamos a extrapolar al mineroducto redondeándola a 60.000 €/km, valor que se supone superior al real, pues un oleoducto incorpora muchas medidas de seguridad que en el mineroducto no son necesarias (el oleoducto transporta gasolina, gasoil y keroseno, que son altamente inflamables). Esto hace que el coste de construcción del mineroducto sea de 9 M € (ida y vuelta).

EXPLOTACIÓN DEL MINERODUCTO MARISMAS DEL RÍO TINTO – RIOTINTO (CORTA ATALAYA) – MARISMAS DEL RÍO TINTO

Para la explotación del mineroducto puede haber diversas fórmulas, vamos a comentar una de ellas, sin que esto implique que no deban estudiarse otras opciones.

Formación de una sociedad anónima para su explotación, constituida con el capital de las empresas relacionadas con la minería, metalurgia y fabricación de ácido fosfórico. Los ingresos de esta sociedad procederían del trasiego de productos, concentrados, por la tubería. El problema que se platea es quién pagaría el trasiego de los fosfoyesos por la tubería, ¿quiénes lo generaron? Van a alegar que con soterrarlos es suficiente, como se ha hecho en Florida, pero allí no tienen la suerte de tener minas abandonadas próximas, donde los residuos quedarían confinados en condiciones de total seguridad, posiblemente solo se les podría exigir el transporte del volumen de fosfoyesos que sobrepasaron lo autorizado en la concesión administrativa originaria. Por tanto, para el resto del volumen acumulado tendrían que pagar su transporte la comunidad Autónoma, el Estado, la C.E. o entre todos, en este caso deberían participar en el capital social de la empresa explotadora del mineroducto y financiar en todo o en parte con los beneficios el citado transporte.

El mineroducto tiene las ventajas de:

- No colapsar la carretera.
- Ahorro de combustible fósil, gasoil, de 244,3 M m^3.
- Evitamos las emisiones de 641.809 tm de CO_2 a la atmósfera (efecto invernadero).
- Sostenible medioambientalmente.
- Sostenible económicamente.

Diseño del mineroducto:

Se van a transportar 120 M tm de fosfoyesos desde las Marismas de la Ría del Tinto, Huelva, a una mina a cielo abierto abandonada, Corta Atalaya, Riotinto. Este transporte tendrá una duración de 20 años.

Datos:

a. Material.

- Tipo: Fosfoyesos.
- Peso específico: 2.360 kg/m^3.
- Tamaño de las partículas:
- Maya Tyler 200: 0,074 mm.
- pH = 3,7.

b. Necesidades de transporte.

- Capacidad: 120 M tm/20 años=6M tm/año.
- Operación: 350 días/año; 24 h/día.
- Averías y mantenimiento: 15 días.

c. Características del trazado.

- Distancia total a la mina abandonada: 74 km.
- Altura estación origen: 0 m.s.n.m. (marismas).
- Altura estación final: 416 m.s.n.m. (mina abandonada).

Otros datos:

- Temperatura media de operación: 15,5 ºC = 60 ºF (tubería enterrada a 1 m de profundidad).
- Presión residual: 4 kg f/cm^2.
- Rendimiento de las bombas: 0,80.
- Rendimiento eléctrico: 0,96.
- Módulo de elasticidad de la tubería (acero al carbono): E = 2,1.10^{10} kg f/m^2.
- Módulo de elasticidad volumétrico del agua: E_B = 20877.10^4 kg f/m^2.

La hidromezcla la vamos a realizar al 50% en peso de fosfoyeso y agua, que hace que el peso específico de la misma sea de 1,41 tmf/m^3.

Una vez que llega el fluido a la mina pasa a las balsas decantadoras, recuperándose el agua que vuelve a la marisma para iniciar de nuevo el proceso. Para que el caudal de agua sea el calculado, tenemos que añadirle el equivalente al agua evaporada en los tanques de decantación.

Pero para el agua de retorno a la marisma de la Ría del Tinto existe una mejor solución que transportar solo agua: ¿por qué no llevar con este agua el concentrado de cobre de las minas de la zona (Aguas Teñidas, Magdalena, Sotiel, Riotinto, etc) al puerto de Huelva, o a la fundición de cobre existente en la Ría del Odiel?

Transporte del concentrado de cobre desde Riotinto al puerto y fundición de cobre en Huelva

- Material a transportar: Concentrado de cobre.
  - Granulometría: 0,018 mm.
  - Densidad concentrado seco: 4,1 tm/m^3.
  - Composición: Cu = 31%; Fe = 26%; S = 32%; Residuos = 11%.

Vamos a transportar 2 M tm de concentrado de cobre, siendo en este caso la concentración en peso de 25% de concentrado, 75% de agua, lo que hace que el P_e sea de 1,23 tmf/m^3, la velocidad de transporte será de 1,5 m/s, en realidad la tuebería será un poliducto, pues por ella transportaremos concentrados de Cu, Pb-Zn o Cu-Pb-Zn, para ello aumentaremos la potencia de las bombas un 25%.

Resultados obtenidos para el transporte

- Línea de transporte de los fosfoyesos:
  - Capacidad de transporte: 6 M tm/año.
  - Capacidad de la tubería: 13.912 m^3.
  - Caudal de la hidromezcla: 1015 m^3/h.
  - Velocidad de transporte: 1,5 m/s.
  - Tubería de acero al carbono conforme a API-5LX-56
  - Diámetro: 489 mm.
  - Espesor: 14 mm.
  - Diámetro exterior: 517 mm.
  - Presión de descarga de la estación de bombeo: 116,46 kgf/cm^2.
  - Número de estaciones de bombeo: 1.
  - Número de bombas en la estación: 2 bombas centrífugas.
  - Potencia en la estación:

- Línea de retorno transportando concentrado de cobre, plomo-zinc o cobre-plomo-zinc:
  - Capacidad de transporte: 2 M tm/año.
  - Capacidad de la tubería: 10.582 m^3.
  - Caudal de la hidromezcla: 774 m^3/h.
  - Velocidad: 1,5 m/s.
  - Tubería API 5L Grado A.
  - Diámetro: 427 mm.
  - Espesor: 4 mm.
  - Diámetro exterior: 435 mm.
  - Presión de descarga de la estación de bombeo: 6,85 kgf/cm^2.
  - Número de estaciones de bombeo: 1.
  - Número de bombas en la estación: 1 bomba centrífuga.
  - Potencia de la estación:

Pero para el agua de retorno a la marisma de la Ría del Tinto existe una mejor solución que transportar solo agua: ¿por qué no llevar con este agua el concentrado de cobre de las minas de la zona al puerto de Huelva, o a la fundición de cobre existente en la Ría del Odiel?

CONCLUSIONES

Se ha demostrado que existe una solución para el problema medioambiental y de seguridad de los fosfoyesos que es económicamente sostenible, puesto que se amortiza con el retorno del agua de Corta Atalaya a la marisma, que se aprovecharía para traer los concentrados de Cobre, Plomo-Zinc o Cobre-Plomo-Zinc de las minas de la provincia.

Además tiene las siguientes ventajas respecto a los medios convencionales y autónomos de transporte:

1. Escaso consumo de energía.
2. Trazado sensiblemente recto, por tanto menores distancias de transporte.
3. Indiferencia a la meteorología.
4. Movimiento de grandes cantidades de producto.
5. Operación con poco personal.
6. Explotación continua durante 24 horas.
7. Evita la congestión del tráfico por carretera y vía férrea.
8. Carencia de peso muerto, al ser simultáneamente vehículo y vía.
9. Reduce emisiones de CO_2 respecto al transporte por otros medios.
10. Menor sensibilidad a la inflación comparado con otros sistemas.
11. Provoca un impacto ambiental mucho menor (ruidos, polvo, ocupación de terrenos, etc.).
12. Alta disponibilidad, sencillez y automatización.
13. Gran economicidad con el factor de escala – capacidad y distancias. ■

BIBLIOGRAFÍA

ANÓNIMO: «Hydraulic Transport for Minerals». Mining Magazine. April, 1972.

ANÓNIMO: «Ficha Técnica, Fosfoyesos, diciembre de 2010».

CABRERA, V.R.: «Slurry Pipeline: Theory, Design and Equipment». Part I and II. World Mining. January-March, 1979.

CHARLES, M.E. and VOCADLO, J.J.: «Transportation of Slurries», CIM Bulletin. October, 1972.

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR. DIRECCIÓN TÉCNICA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA: «Informe para el Defensor del Pueblo, 12 de julio de 2007».

GONZALO Y TARÍN, J.: «Descripción Física, Geológica y Minera de la provincial de Huelva». Imprenta y Fundición de Manuel Tello, Madrid. 1886.

HUSBAND, W.H.W.Ed.: «Slurry Pipeline Manual-Design and Construction». Saskatchewan Research Council. Canada. 1986.

KOCSANYI, L.: «Hydraulic Transport of Solids». International Mining. December, 1986.

LÓPEZ JIMENO et al: «Manual de Aranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto». InstitutoTecnológicoGeominero de España, Madrid. 1995.

McELVAIN. R.E.: «Selection of Slurry Pumps for Severe Applications». Mining Engineering. December, 1976.

RODRÍGUEZ ALONSO, J.M.: «Técnicas de Oleoductos». Compañía Logística de Hidrocarburos, Madrid. 2012.

WARREN SPRING LABORATORY: «Transporting Solids by Pipelines». TSP.

WASP E.J.: «Progress with Coal Slurry Pipelines». Mining Congress journal. April, 1976.

WILSON, G.: «Selecting Centrifugal Slurry Pumps to Resist Abrasive Slurries». CIM Bulletin. May, 1973.

El efecto *nimby* en minería

José Carlos Losilla Pizarro. Ingeniero Técnico de Minas
(Decano del Colegio de la provincia de Ciudad Real)

PALABARAS CLAVE: Minería sostenible, energía, hidrocarburos, nimby

Nimby o «Not in my back yard» es la expresión anglosajona que se identifica con malestar generado en las sociedades por las actividades extractivas. Pero todos nos beneficiamos de los minerales y las necesidades energéticas dependen en un 70% aproximadamente de los hidrocarburos.

Habitualmente, en nuestras tareas, no nos detenemos a pensar que desde el humilde yeso a los hidrocarburos o desde el balasto a los materiales de última generación como grafeno o torio se extraen en explotaciones mineras. Caemos en la cuenta cuando en nuestro entorno se inicia alguna investigación. En ese momento, surgen las protestas: ¡No al fracking!, ¡No a la mina!, etc. O las preguntas–protestas a la Administración y/o a los técnicos, Ingenieros o Geólogos: ¿Qué gano con un pozo de petróleo o gas en mi pueblo? ¿O con una mina en sus alrededores? ¡Qué cortedad de miras! ¡Ni que viviéramos aislados del mundo! ¡Ni que fuéramos autosuficientes!

«*Not in my back yard*» (Nimby) es la expresión anglosajona que designa el malestar generado en sociedades desarrolladas por las actividades extractivas: "No en mi patio trasero». Nos beneficiamos de los minerales, pero que los extraigan otros en lejanos países, cuando lo cierto es que,

nuestra sociedad, cada vez más urbana y globalizada es, absolutamente, dependiente de ellos, sean energéticos, rocas/minerales industriales o menas metálicas.

Respecto a los energéticos, vivimos tiempos nuevos. Nos guste o no y en espera de la fusión nuclear, nuestras necesidades energéticas dependen en un 60-70 % de los hidrocarburos. Hace unas décadas tenían los días contados, las reservas se agotaban y no se vislumbraba otra solución que no fuera su sustitución por renovables, nuclear y carbón. Pero hete aquí que la mente humana no descansa, surgen nuevas metodologías de exploración y explotación, y las reservas se multiplican exponencialmente. Como los EE.UU. son sus abanderados, se pone en marcha nuestro «antiamericanismo» y se les achacan desastres por doquier. La realidad es que han revolucionado la geopolítica y el panorama energético mundial, y salvo algún mínimo accidente casual, no ha sucedido el menor problema en su desarrollo.

DESDE EL PALEOLÍTICO SE HAN USADO MINERALES

En cuanto a rocas y minerales industriales, ya desde el Paleolítico los humanos hemos utilizado sílex, cuarcitas, mármoles, alabastros, etc. para usos diversos, desde útiles domésticos a objetos de culto, y con ellos se han construido y edificado desde las siete maravillas del mundo antiguo hasta los rascacielos de Nueva York, Shanghái o Kuala-Lumpur. Si de metálicos hablamos, no hay que abundar en su utilidad desde los albores de la civilización; el hierro, cobre, níquel, zinc, wolframio o los preciosos: oro, plata, etc., han sido explorados y se explotan en los lugares más remotos del planeta, y ya se investigan en meteoritos del sistema solar.

Sin embargo, no existe un solo proyecto minero que genere ilusión y expectativas económicas en los países desarrollados, más bien todo lo contrario y así hemos visto en España, recientemente, congratulaciones por no haber alum-

«Estados Unidos, Canadá o Australia consideran que un yacimiento mineral es una oportunidad, en España se ve como un problema».

brado petróleo en Canarias, teniendo que señalar que ninguna exploración se abandona por el resultado de un solo sondeo. Hechos similares han sucedido en zonas auríferas de Galicia y Asturias. Destacar, por el contrario, el acierto de la Administración andaluza al apoyar la Faja Pirítica de Huelva-Sevilla, uno de los mayores activos a escala mundial de sulfuros metálicos complejos; no en vano el tercer grupo minero mundial pasea por el orbe el nombre de Río Tinto.

«*Not in my back yard*». Nos aprovechamos de la minería pero la rechazamos en nuestro entorno por sus supuestos efectos negativos. Decimos supuestos porque se le achacan terribles daños ambientales cuando lo cierto es que, una vez extraído el mineral, la zona se restaura, se revegeta y queda integrada en el paisaje; pruebas de ello: Puentes de García Rodríguez en Galicia, Andorra en Teruel, etc. Es verdad que en el pasado se produjeron impactos importantes, pero lo fueron por inexistencia de conciencia ecológica que exigiera su reparación. Actualmente serían impensables explotaciones como Filón Sur en Riotinto, Las Médulas en El Bierzo o Cabárceno en Cantabria, paradójicamente, ahora atractivos turísticos.

MINERÍA SOSTENIBLE: UNA EXPRESIÓN INVENTADA

Tan fuerte es el «Nimby» que, en el propio sector, intentamos soslayarlo e inventamos la expresión "minería sostenible», otro oxímoron más de nuestros tiempos tan correctos. Un sistema es sostenible cuando se regenera por sí mismo o puede mantenerse en el tiempo. Desgraciadamente, si de yacimientos se trata, el mineral se agota. Otro tema, ya se ha dicho, es que seamos unos desastrados y dejemos la zona como si Atila por allí hubiera pasado, como sucedía hasta mediados del siglo pasado. Hoy esas situaciones serían inconcebibles, más teniendo medios para recuperar el terreno y aproximarlo a su configuración previa; que por otro lado, es lo que la legislación contempla, competiendo a las autoridades mineras y ambientales su observancia. De hecho es la práctica normal, asumiendo las compañías, como un coste más, la restauración minera.

Encontrar oro o petróleo siempre se había considerado un golpe de suerte. En España, no está tan claro. Estados Unidos, Canadá o Australia consideran que un yacimiento mineral es una oportunidad; aquí se ve como un problema.

No deberíamos pasar por alto que la mayoría de las cuencas sedimentarias españolas están sub-exploradas. Ya sabemos que, para que una cuenca se considere como explorada se necesitan cinco sondeos perforados cada 1.000 km^2 y, bajo estas condiciones, solamente la cuenca cantábrica podría catalogarse como tal.

España importa el 72,9% de la energía que consume y, a pesar de ello, se paran muchos más proyectos que en el resto de Europa y no sólo por los grupos ecologistas, los vecinos o los ayuntamientos, sino también por la maraña administrativa que las empresas deben sortear para llevar a cabo sus proyectos.

Es imposible prescindir de los metales. Están en todos los procesos industriales y en el medio en que vivimos. Ahora que se habla del potencial de las economías bajas en emisiones de CO_2, nos encontramos con que, por ejemplo, cada aerogenerador lleva de media 10 kg de neodimio. Esta Tierra Rara, junto con el terbio, erbio, europio, gadolinio y las otras 15 restantes de la Tabla Periódica se utilizan en las bombillas de bajo consumo, en fibra óptica, pantallas planas, discos compactos, etc. Y todo esto lo importamos en un 90% de China. Como anécdota, en 2010, China cortó temporalmente el suministro, haciendo temblar a la industria tecnológica.

Todo aquello que no se puede cazar, pescar o recolectar sale de una mina. Los coches eléctricos, tan ponderados por los conservacionistas, olvidan que utilizan baterías que son de litio, un

mineral del que en el mundo sólo hay cincuenta millones de toneladas de reservas.

Cada uno de nuestros móviles tiene treinta miligramos de oro. ¿Queremos renunciar a ellos y a nuestro bienestar o que lo produzcan en el Tercer Mundo?

COLABORACIÓN ENTRE ADMINISTRACIONES

Por tanto, se hace necesario el apoyo y la estrecha colaboración de las distintas Administraciones con la Minería ya que ésta es un sector estratégico de presente y futuro, lo que se traduce en la creación de empleo, nuevos puestos de trabajo, riqueza, desarrollo y bienestar.

Es necesario hacer frente a ese ecologismo frívolo, poco reflexivo y mal documentado.

Basta con hacer referencia a un Informe, fechado en 2014, de la prestigiosa Consultora y Auditora Internacional DELOITTE en el que se hace un análisis del impacto del desarrollo de la exploración y producción de hidrocarburos en la economía española. En ese Informe, se detalla que los hidrocarburos en España tienen potencial para aportar hasta 44.000 millones de euros al PIB en 2040. En 2030, el aprovechamiento del gas y del petróleo supondría más de 260.000 puestos de trabajo, entre directos, indirecto e inducidos.

En Europa, los países nórdicos están haciendo una potente campaña para que se reconozca la importancia de su minería. ¿Saben ustedes por qué? Pues, porque se han dado cuenta de que si explotas un yacimiento en tu país, la riqueza se queda en él.

Actualmente, la estrategia de Europa es fortalecer su posición de líder como comunidad minera internacional.

El objetivo es retomar la Minería. Una actividad que primero, dio grandes dividendos y luego, permitió crear una industria de proveedores de categoría mundial.

Ahora hay que volver con una Minería basada en desarrollo responsable y sostenible. ■

FUENTES

ABC. Mar Corral Lledó. (11/11/2014)

Diario Digital El Periódico de la Energía. Mariano Marzo Carpio. (03/07/2015)

elCorreoGallego.es (18/05/2015)

Neotectónica y modelo estructural del Macizo Ibérico en Córdoba

Antonio Daza Sánchez. Grupo «Seminario Antonio Carbonell» de Universidad de Córdoba. EPS de Belmez

The Hercynian Cratonic block known as the Iberian Massif includes the Ossa-Morena Zone which comprises both Cambrian and Precambrian rocks, characterized by a comprex structure, and the Varisca Shear Band. This paper presents a new tectonic model for the Ossa-Morena Zone based on prospection and geomechanics where discontinuities with stand the different tectonic phases. This model states that different kinematic deformations with invarious orogenic phases, which are characterized by active periods of 50mA, have reactivated regional and local faults where the principal stress has been reorientated 45degrees, sinistral movement. This paper al so justifies the dissipation of local residual stresses by the general regional distressed and how the current stress-state is due to the African Plate thrustinto the Iberian Plate.

PALABARAS CLAVE: Geomecánica, Ossa–Morena, Tectónica, Neotectónica, Córdoba

En el Macizo Ibérico se dispone la zona de Ossa-Morena donde afloran rocas Precámbricas y Paleozoicas con estructura compleja, y la banda de cizalla varisca de Porto-Badajoz-Córdoba. Se presenta el modelo de un nuevo orden tectónico de la zona Ossa–Morena basado en la prospección y geomecánica, donde las fracturas soportan distintas fases tectónicas. El modelo conforma que en la corteza terrestre las deformaciones cinemáticas han reactivado fallas en varios periodos orogénicos, con intervalos activos de 50 millones de años, y el esfuerzo principal se ha orientado con desfases de 45º en sentido levógiro. Se justifica que las distensiones han disipado las tensiones residuales y la actual tensión es debida al choque de la placa africana.

Es conocido que la corteza rígida flota sobre placas de litosfera plástica, que se mueven y chocan horizontalmente al ser empujadas por fallas de desgarre desde las dorsales (rift extensional). Incluso parece existir una corriente del manto fluido girando en torno a un diámetro de expansión o polo magnético de rotación [Sirgado–Echevarría, 1992]. Los continentes estarían sobre las placas litosféricas y sometidos a un estado simétrico de esfuerzos que los ha movido a distinta velocidad. Existiendo movimientos verticales en el manto móvil que provocan las subsidencias de las cuencas, favorecidos por el núcleo externo líquido situado a 3000 km de profundidad, donde se sitúa la rotación terrestre y se genera el campo magnético.

Los movimientos terrestres de dirección E–O dan márgenes de placas de dirección N–S tanto constructivos como destructivos (normalmente nunca se producirán cadenas de colisión) y los movimientos N–S dan fallas de desgarre y márgenes destructivos de cadenas de colisión E–O que tienden a aglutinar los continentes en las proximidades del Ecuador. En un estado geodinámico evolucionado, se formaría un supercontinente junto al Ecuador, y una forma de escapar de esta situación de bloqueo, es mediante un giro de polos de rotación de la Tierra, lo que fragmentaría el supercontinente en placas que emigran hacia el nuevo Ecuador [Apalategui, 2012].

Las fallas de desgarre sinistrosas de la Zona Ossa–Morena con la dirección varisca, el eje magmático de Villaviciosa–La Coronada [Pérez–Lorente, 1979], la deformación de la cuenca carbonífera del Guadiato [Hernández–Pacheco, 1926] [Mallada, 1900] [Ortuño et al., 1976], la línea tectónica del Guadalquivir [Carbonell, 1927], la distensión en el mioceno que provoca el escalón de la sierra de Córdoba y la neotectónica

En la actualidad el cinturón de sismicidad es consecuencia del choque de la placa africana contra la europea y justifica la actividad de la falla alpina izquierda del Guadalquivir, que pasó a tener un desplazamiento dextral con la distensión del mioceno, y es activa actualmente (Neotectónica) con desplazamientos en Andalucía de 20 mm/año en dirección NE

por el choque de la placa africana y euroasiática, han conformado, todo ello, las hipótesis válidas para la discusión de un modelo geoestructural, que se conforma con el análisis de estructuras medidas en estaciones geomecánicas, donde la complejidad ha disminuido por separar la evolución tectónica y valorar la reactivación de fallas.

El funcionamiento de las fallas de desgarre con dirección sinestral han conformado las cuencas carboníferas [Ábalos & Eguíluz, 1991], que han sido posteriormente cobijadas y preservadas por cabalgamientos, de tal forma que mientras las emplazaban sobre las adyacentes iban siendo progresivamente emergidas. La inversión tectónica está reconocida en la zona subportuguesa que pasa de régimen extensional a régimen convergente antes de los primeros depósitos del Culm, que supone la subducción de la zona subportuguesa (continente Laurentia) bajo el borde de placa de la zona Ossa–Morena (continente Gondwana). Los cortes teóricos realizados por Dewey [Dewey, 1977] observan cierta semejanza con la zona Ossa–Morena, desde el Cadomiense/Caledoniano, al Varisco que se forma el continente Pangea, la evolución en el Tardihercínico supone la colisión del continente Pangea y el ciclo Alpino con la segregación de Pangea.

La depresión del Guadalquivir se debe a la subsidencia y distensión post–alpina con la transgresión marina del mioceno sup. (antes en el mioceno medio se produce la elevación del Subbético que con el diapirismo y terremotos se deforman los depósitos de margas blancas). Encima se depositan las margas azules del Tortoniense, con intercalaciones de arena, el ambiente reductor disuelve parte del carbonato cálcico y crecen nódulos, además la calcita de las margas tras ser lavadas en este clima árido precipitan en concreciones encima del nivel freático.

En la actualidad el cinturón de sismicidad es consecuencia del choque de la placa africana contra la europea y justifica la actividad de la falla alpina izquierdas del Guadalquivir, que pasó a tener un desplazamiento dextral con la distensión del mioceno, y es activa actualmente (Neotectónica) con desplazamientos en Andalucía de 20 mm/año en dirección NE, ello justifica el estudio de las fallas transversales NE–SO como la falla del Guadalquivir, la falla de Plasencia y la del estrecho de Gibraltar, las cuales convergen al oeste en la zona de falla de las Azores.

Se presenta un modelo de deformación estructural del territorio cordobés, que es válido para la interpretación de la sucesión de orientaciones tectónicas, como apoyo de la cartografía geológica, la prospección de georecursos y sobre todo de la Neotectónica. En esta aproximación se admite que el estado de tensiones en el interior del macizo rocoso es triaxial, en los terrenos elásticos las tensiones se liberan rápidamente y en los plásticos o dúctiles la liberación de tensiones es lenta. El estado de esfuerzos se corresponde con un elipsoide de esfuerzos principales (σ_1, σ_2, σ_3) y en los ensayos triaxiales con presión de confinamiento se observa, en un episodio temprano, que aumenta la resistencia a la deformación elastoplástica y en un episodio tardío que aumenta la resistencia a la cizalla (planos de desgarre con ángulos menor de 45º con la carga axial σ_1), pero suelen darse ambas deformaciones–roturas, la primera con salto según el buzamiento y la segunda con salto según la dirección. La temprana deformación elastoplástica implica la acomodación de esfuerzos y en la parte comprimida se producen fallas inver-

sas–cabalgamientos, cabalga lo más próximo al esfuerzo y luego lo alejado, aunque con alta presión de confinamiento el comportamiento es sólo dúctil. El arrastre supone en una deformación dúctil y después las cizallas.

Una nueva fractura está condicionada por un plano de debilidad preexistente y la orientación del salto de esta nueva falla depende de los esfuerzos principales. En el modelo que presentamos σ_2 es la tensión vertical litológica y paralela a la línea intersección de las dos cizallas, σ_3 es el esfuerzo de confinamiento lateral y el esfuerzo mayor σ_1 es el compresional orogénico.

MODELO DE DEFORMACIÓN ESTRUCTURAL

La zona de Ossa–Morena se ha definido como una estructura en flor positiva dividida en varios dominios alargados, separados por fallas Variscas de cizalla izquierdas NO–SE [Delgado–Quesada et al., 1977] [Chacón et al., 1983] [Apalategui et al., 1985]. Al N de la Cuenca de Peñarroya–Belmez aparecen filitas Cámbricas de la formación Azuaga (que cabalgan el Culm del Guadalbarbo–El Valle) del dominio cámbrico de Obejo–Valsequillo. Al S de esta Cuenca y de la falla de Villaharta–Guadiato, se dispone el dominio Valencia de las Torres–Cerro Muriano (Proterozóico Sup.) o rocas de la cizalla varisca Badajoz–Córdoba, con los neises de Azuaga y Doña Rama, los cuarzoesquistos y esquistos precámbricos, también las arcosas de la formación Torrearboles con el detrítico carbonatado Cámbrico [Apalategui et al., 1985]. Finalmente el grupo de rocas cámbricas de Sierra Albarrana (de alto grado) con filitas de la formación Azuaga, micaesquistos, anfibolitas, neis y cuarcitas (El Hoyo, El Entredicho y la sierra de Los Santos), que aparecen en la cizalla Badajoz–Córdoba y también al S de la falla de Azuaga–eje magmático de Villaviciosa ya en el dominio de Sierra Albarrana, donde aparece a techo de este grupo de Sierra Albarrana la formación Azuaga en posición normal por criterios tectónicos (al E de El Cabril–Córdoba).

En la zona de Ossa–Morena se han estimado restos de las orogenias Proterozóicas [Pérez–Lorente, 1979] por una esquistosidad y metamorfismo relictos, con posterior crenulación y micropliegues. El conocimiento estructural requiere modelos iniciales de análisis dinámico de la fracturación que intente aproximaciones a las diversas sucesiones de orientación geométrica de deformaciones, pero sin olvidar la trayectoria de los movimientos de los continentes, ver la figura 1 [Condie, 2003] [Bastida, 2005], así en el viaje de Eurasia se aprecia una vuelta circular completa, un polo de rotación que da un cicloide esférico de placas [Sageret al., 2006], cuyo cruce es hace 120 millones de años (mA) y hace 45mA (fases Kimérica y Alpina), en este intervalo se deben dar posiciones geométricas de esfuerzos deformación similares por ello se contempla conjuntamente como ciclo alpino. Ello hace que el periodo orogénico Kimérico (jurásico superior–cretácico inferior, 154 a 96mA) se enmascare con la orogenia alpina (paleógeno, 65 a 20mA), y podrían considerarse conjuntamente como un único ciclo alpino con estas dos fases. También existe otra vuelta de distensión entre el Kimérico y el Tardihercínico, la velocidad de Eurasia se duplica entre el triásico sup. y el jurásico inf. (el rifting sitúa la curva cerrada de la figura1).

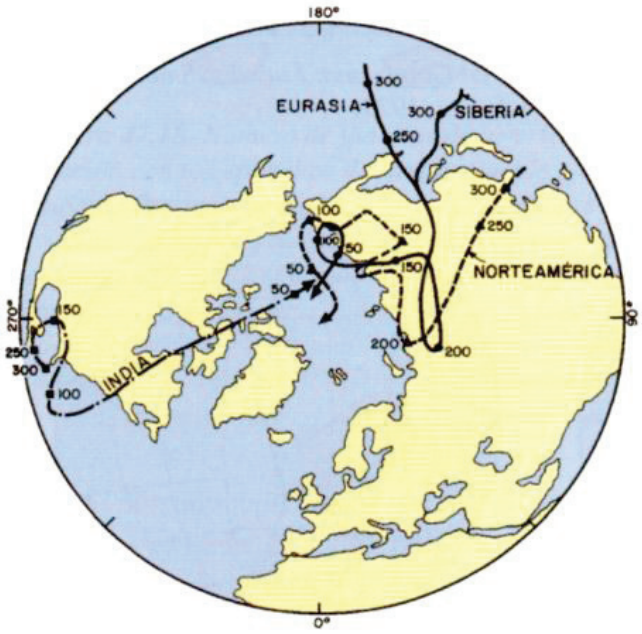


Figura 1. Posición de continentes en millones de años [Condil, 2003]

Un modelo de deformación que se ha aplicado mucho es el de Riedel (Riedel, 1929) que es un ensayo de corte directo desplazando dos tablas al esfuerzo cortante de cizalla que sustentan unos centímetros de arcilla y se deformaba, sin tener en cuenta el estado tensional triaxial.

Este modelo que se propone analiza la fracturación–deformación de los diversos periodos orogénicos con el análisis sistemático de estructuras reales mediante el estudio de medidas realizadas por el autor en estaciones geomecánicas y la aplicación de la mecánica de rocas con los criterios de fractura del estado triaxial de esfuerzos, junto al apoyo de las hojas geológicas [Apalategui et al., 1985] [Roldán et al., 1988] y de la documentación del Seminario Antonio Carbonell de la EPS de Belmez. Se han considerado para cada periodo esferas de terreno que pasan a elipsoides con la acomodación de esfuerzos. Así, en primer lugar, se produce una deformación elastoplástica «S», después fracturas de cizalla «F» que originan la formación de cuencas tempranas de tensión «T»; acaba el periodo con distensión.

Para ello se ha realizado una representación bidimensional en un círculo (con el norte geográfico «N») cuyo centro es la tensión vertical litológica σ_2 y el confinamiento lateral es σ_3 y la tensión principal orogénica es σ_1. Se simplifican los acortamientos con sectores de compresión «C» y los alargamientos con sectores de tensión «T» o cuencas tempranas. Las figuras 2, 3, 4 y 5 corresponden a la visualización inicial de esfuerzo–deformación de los cuatro periodos orogénicos, sin diferenciar el Kimérico del Alpino (que llamaremos, conjuntamente, ciclo Alpino). Este modelo de estructura triaxial admite esfuerzos principales y las fracturas están condicionadas por planos débiles preexistentes y la reactivación de fallas. Cada periodo con una duración de unos 50mA de fricción entre placas y la evolución tectónica se ha establecido en los periodos orógenos: Ciclo cadomiense/Caledónico (finiprecámbrico–cámbrico y ordovícico medio–silúrico medio), Periodo Varisco (devónico superior–carbonífero viseense), Periodo Tardihercínico (pérmico–triasico inferior) y Ciclo Alpino con las fases Kimérica y Alpina (jurásico sup.–cretácico inf. y paleógeno).

Se han considerado para cada periodo esferas de terreno que pasan a elipsoides con la acomodación de esfuerzos, así, en primer lugar se produce una deformación elastoplástica «S», después fracturas de cizalla «F» que originan la formación de cuencas tempranas de tensión «T»

CICLO CADOMIENSE/ CALEDONIANO

(Finiprecámbrico–cámbrico 570 a 540mA, y Ordovícico medio–Silúrico medio, 470 a 410mA)

Parte del continente Gondwana (zona Ossa–Morena) migra al norte hacia los continentes Laurentia–norteamérica (zona Subportuguesa) y Báltica–norteeuropa. La colisión Báltica aparece en los límites de las placas del Caledónico (Silúrico) con el movimiento en la zona Ossa–Morena que se produce como consecuencia de una expansión de dorsal y desplazamientos horizontales de desgarre, también influidos por el inicio de la subducción desde el oeste de la zona Sudportuguesa. La fase Caledoniana es un orógeno con características diferentes según donde afecte, en la figura 2 se representan los sectores circulares de deformación en compresión «C» (acortamiento y disolución) y tensión «T» (predistensivos y precipitación). Los peñones de cuarcita armoricana (ordovícico) del norte de Peñarroya y Belmez de relieve «apalachense» tienen su origen en el Caledónico y reactivados posteriormente.

–Deformación elastoplástica «SC»

En el cámbrico inferior del norte de Córdoba (piso cordubiense) se presentan direcciones NNE–SSO. También en los terrenos antedevónicos aparece esquistosidad de plano axial, y en el

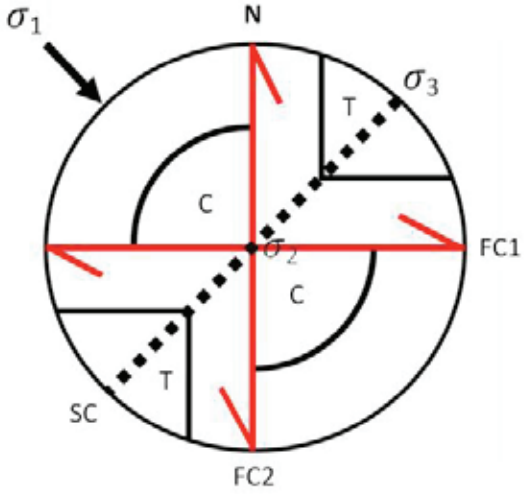


Figura 2. Elipsoide del Ciclo Cadomiense/Caledoniano

grupo de rocas de Sierra Albarrana (en la fuente del corcho–Belmez) dispone de un metamorfismo en facies anfibolitas y presencia de peridotitas. Pliegues angulares «Kink» presentes en las filitas y micaesquistos del grupo de la Albarrana en la Sierra de los Santos (que pliega una esquistosidad de flujo) y también en las filitas justo al norte de Belmez, del puerto de las Cabezas, del Albardado y en el basamento de la Cuenca de Peñarroya–Belmez tenemos planos axiales orientados NE–SO, que representan la deformación elastoplástica «SC». Recientemente se ha afirmado que en la Zona Centroibérica, existen también estructuras cadomienses que son perpendiculares a las variscas [Apalategui, 2012]. Aunque repetidamente se había considerado que en la zona de Ossa Morena existía esquistosidad, metamorfismo y plutonismo finiprecámbrico pero que no existía estructuración diferente entre los materiales deformados en el precámbrico y en el Hercínico–Varisco [Apalategui, 1983, 1985].

Fracturas de cizalla: «FC1» dextral y «FC2» izquierdas

Existen microestructuras y boudines subparalelos a la dirección de σ_1 (NO–SE), también crenulación S y SE, parece indicar un bajo confinamiento y escaso desarrollo del cizallamiento en Ossa–Morena. De la cadena de colisión del Proterozoico Superior se observa esquistosidad de flujo (parece invertirse esta serie) y granitización en los neis y en el precámbrico de la formación Azuaga (Doña Rama) y volcanitas antiguas en Sierra de Gata. Así en las filitas finiprecámbricas (semejantes a la serie del E de Canadá) del Dominio Obejo–Valsequillo se ven planos axiales E–O en Belmez (Puerto de las Cabezas y en el arroyo Albardado), también en el grupo de la Albarrana en El Hoyo. Más tarde se desarrolla una esquistosidad de micropliegue «FC1» de plano axial E–O (en el Albardado). Por último pliegues de carácter angular «Kink» con plano axial NE–SO que pliega la esquistosidad de flujo en las filitas del basamento de la Cuenca de Peñarroya–Belmez (formación Azuaga) y los micaesquistos del grupo de la sierra Albarrana, también presentan la FC2 cizalla izquierda (N–S) y aparecen cizallas FC1 (junto a discontinuidades posteriores de cizalla varisca).

Distensión/subsidencia posterior al Caledónico

Falta el devónico inferior en el S de Belmez que indica que podía haber estado emergido. Se forman las cuencas marinas del devónico superior y Culm, también la intrusión de pegmatitas en el grupo de la Albarrana podría ser debida a la distensión de la primera fase.

PERIODO VARISCO
(Devónico superior–Carbonífero Viseense, 375 a 325mA)

Colisionan los continentes Gondwana —placa armórica— con Laurentia, Báltica y Siberia (el océano que los separa —Rheico— desaparece por subducción), uniéndose formando el supercontinente Pangea. Es un gran choque continental que se conforma como la deformación principal en la zona Varisca de cizalla izquierdas, faja Badajoz–Córdoba «FV2», con rocas miloníticas y es una zona de sutura. En los sectores de tensión sinorogénicos «T» se inicia el desarrollo del eje magmático de Villaviciosa (ver figura 3).

Deformación elastoplástica «SV»

La zona de Ossa–Morena es la parte interna del orógeno varisco hercínico y presenta la foliación tectónica primaria «SV». El devónico del N

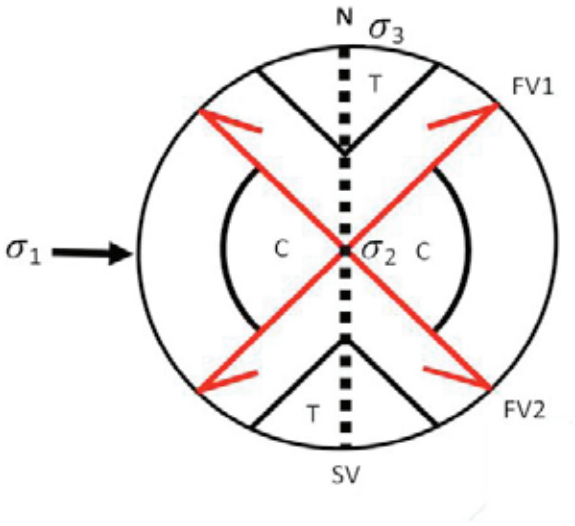


Figura 3. Elipsoide del Orógeno Varisco o Hercínico

de la zona Ossa–Morena presenta esquistosidad de plano axial. Las pizarras devónicas de la zona Subportuguesa en Las Pajanosas (Sevilla) están verticales y con dirección N–S. También el Culm de Ossa Morena esta verticalizado en el norte de Alcolea (Córdoba), con esquistosidad de fractura, tiene una dirección N–S, el Culm del Guadiato no está cizallado y tiene esquistosidad «crivaje pencil», con caracteres finitectónicos y se presenta NNO–SSO en la carretera Belmez–Espiel, discordante con el namuriense. El namuriense es un sinorógeno olitostrómico varisco (Armendáriz, 2006) [11] no ligado a la distensión. El cámbrico del grupo de la Albarrana en la fuente del corcho (Belmez) con filitas de la formación Azuaga, micaesquistos, ortoneis, anfibolitas y cuarcitas, están en dirección N–S, posee exfoliación de crenulación y esquistosidad de fractura, con pliegues cilíndricos de plano axial vertical N–S.

Fracturas de cizalla: FV1 dextral y FV2 sinistral

La transformante izquierdas NO–SE «FV2» es la deformación principal de bajo grado y gran dislocación, la zona de cizalla dúctil Badajoz–Córdoba, junto a las fallas de desgarre de Azuaga y Villaharta presentan la dirección NO–SE, conforman la zona interna de la cadena hercínica o varisca con pliegues isoclinales y desarrollo de primeros cabalgamientos a saltos en estas fallas de desgarre que se dan en los momentos más precoces de la orogenia Varisca.

En la pizarra devónica sudportuguesas de las Pajanosas (Sevilla) hay desgarres verticales con rumbo NO–SE y presencia de agua. La filita de la formación Azuaga de El Porvenir–Peñarroya presenta milonita de falla y con la dirección de la cizalla Hercínica NO–SE en su foliación principal. También la pizarra del Culm del N de Alcolea (Córdoba) dispone las esquistosidades verticales NNE–SSE (SV), NE–SO (FV1) y NO–SE (FV2 y Tardihercínico) que conforman el «crivaje pencil», y se ven pliegues abiertos suaves de dirección de eje NNE–SSO; igualmente se dan estas esquistosidades en el Culm del Guadiato (arroyo Fresnedoso–Belmez). Estas fallas FV1 (dextral) son NE–SO y subverticales buzando N.

Distensión/subsidencia posterior al Varisco o Hercínico

La zona Ossa–Morena se dispone en un rift activo con fracturación y desplazamiento en valles relacionados con una dorsal, que se ha desarrollado después del magmatismo inicial del eje magmático de Villaviciosa–La Coronada, más tarde se fractura el borde del continente y aparece la subducción, de la zona Sudportuguesa bajo la zona Ossa Morena, y la colisión continental. Finalización del eje magmático de Villaviciosa–La Coronada que corta al Culm (plutónico básico de La Coronada–Ojuelos–Posadilla y plutónico ácido Villaviciosa–La Cardenchosa), es semejante a Galicia occidental, se atribuye a la etapa sinorogénica de los sectores de tensión y no parece estar ligado a la distensión.

En esta distensión/subsidencia se dan hundimientos que condicionan la sedimentación de las cuencas carboníferas intramontañosas, también se conforman los filones hercínicos, con cuarzo y huecos con agua, en la distensión de las fracturas «FV2» con dirección NO–SE. También a la distensión atribuimos los filones y sulfuros polimetálicos hercínicos de Belmez y Villanueva del Rey (lomas del Paredón y las Berrazas). Las traquitas volcánicas encajadas en el Culm (flysch) de Alcolea corresponden a esta distensión hercínica, N–S y verticales, que presentan diaclasas conjugadas con presencia de agua en direcciones NO–SE y NE–SO.

PERIODO TARDIHERCÍNICO
(Pérmico–Triásico inferior, 300 Ma a 245 Ma)

Se inicia siendo la futura península Ibérica el centro de la gran Cordillera Varisca. Colisionan la agrupación de Pangea (Eurasia y Siberia), el clima es continental y se da la mayor extinción conocida, después pasa el clima a húmedo. Existe una alta presión intersticial en las Cuencas sedimentarias de cobertera que disminuye σ_2 y con ello se reduce las cizallas tardihercínicas que son mayormente diaclasas con pequeño movimiento, debido a que la tensión normal efectiva se reduce con el agua, ver figura 4. En los sectores de tensión sinorogénicos (T) aparece el batolito de los Pedroches (Estefaniense–Pérmico). En la distensión aparecen las «megaerupciones» volcánicas de finales del Triásico (Keuper), desapareciendo gran parte de las especies vivas del planeta y rompiéndose el enorme supercontinente Pangea, y el gran rift del Jurásico, que separa Norteamérica-África y la apertura del Atlántico.

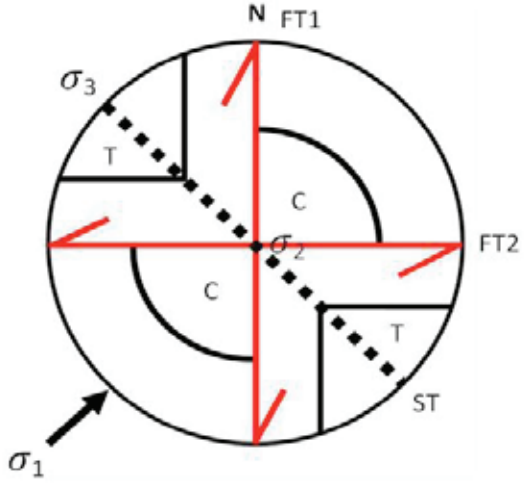


Figura 4. Elipsoide del Orógeno Tardihercínico

Deformación elastoplástica «ST»

Deformación por cataclasis que dan fallas poco penetrativas con triturados de rotura de granos sin orientación y con fricción, escasa presión de confinamiento, favorecida por el agua de geomateriales de cobertera carbonífera (Westfaliense) y la presión de agua en discontinuidades. También deformación de cobertera en masa poco densa con importantes movimientos y escasa presión de confinamiento. Se desarrolla el sinclinal dúctil Westfaliense de Peñarroya–Belmez, sin microestructuras, las fallas inversas longitudinales de bajo ángulo como San Rafael y Cabeza de Vaca, los cabalgamientos tardihercínicos (y escamas) imbricados hacia arriba del Namuriense, cabalgamientos activados del Culm y Precámbrico con la dirección de la falla varisca milonitica «FV2» que es el plano «ST».

En las superficies de estratificación de las lutitas Westfalienses «ST» aparecen espejos de fricción formados al iniciarse la curvatura de pliegues paralelos en estos estratos, sin cambio de espesor que indica charnela recta, una vez plegada se rigidiza al desaparece el deslizamiento y conserva las superficies pulimentadas. Además se conforma desde Peñarroya la gran escama Namuriense que elimina parte del flanco S del sinclinal del Porvenir (capa Cervantes) y el paquete invertido de carbón San Rafael es alojado en su lentejón tectónico.

Cizallas: «FT1» dextral y «FT2» siniestral

Diaclasas de cizallas J1 y J2 son conjugadas y sincrónicas, respectivamente con la orientación de FT1 dextral y FT2 izquierdas en toda la Cuenca de Peñarroya–Belmez. La J1 es dextral N–S subvertical y levanta el bloque O, la J2 es sinestral E–O y vertical, las FT1 son fallas de cizalla dextral N–S que se presentan con salto de centenares de metros, y las FT2 se observan en la Cuenca de Peñarroya–Belmez como una flexión de los ejes de los pliegues. Estas últimas afectan a las traquitas del N de Alcolea, fallándolas E–O con buzamiento de gran ángulo al N y rugosidad (también se ven las FT1). Las FT2 son visibles en las pizarras y esquistos verdes devónicos (zona subportuguesa) de Las Pajanosas–Cuesta Media Fanega (Sevilla) en dirección E–O y verticales, con agua y sericita de 0,5 m de relleno que sube la pared sur.

En la carretera N432, Belmez–Espiel, en el Culm se ven las FT1 (N–S con estrias, variado buzamiento y filoncillos de cuarzo) y las más modernas FT2 (cizalla Tardihercínica E–O, verticales y la pared norte sube), contienen algún filón de cuarzo con milonita en la dirección alpina NE–

SO. Esta disposición estructural del Culm podría indicar la rotación de 45º de la tensión–deformación y en realidad se enmascaran cizallas variscas por el tardihercínico.

Distensión/subsidencia posterior Tardihercínico

En la distensión aparecen megaerupciones, hasta el Keuper, y la «ST» en la dirección NO–SE con rocas muy básicas al S del peñón de Peñarroya y la diabasa en el flanco norte dentro de la capa Cervantes y fluyendo la diabasa desde su afloramiento, ya que el carbón del muro dispone de pliegues de arrastre. También son distensivas las rocas abisales y diques básicos de El Alcornocal (Perez–Lorente, 1979). Esta distensión Tardihercínica ha desarrollado el vulcanismo de diabasas augíticas del Keuper en la Subbetica (coincide con el periodo de extinción masiva), el rio Genil corre en esta dirección. Además la subsidencia permiten conformar Cuencas Jurásicas, así al final se dispone el «Rift» jurásico (Atlantico norte). En el Jurásico Superior la cizalla varisca FV2 cede protagonismo a la cizalla alpina FA2 (falla del Guadalquivir).

CICLO ALPINO

(Kimérico Mediterraneo–Alpino Atlántico): Fase Jurásico sup.–Cretácico inf. (Kimérica–Aústrica, 154–96mA) y Fase Paleógeno. (Alpina, 65–20mA)

Este ciclo alpino contempla dos fases, en realidad se trata de dos periodos orogénicos, son el Kimérico en el Jurásico superior–Cretácico inferior y el Alpino en el Paleógeno. Se acelera la segregación de Pangea por fuerzas extensivas y se abre la dorsal Atlántica, el clima es templado y uniforme. Ello es debido a la migración de los polos magnéticos de la Tierra (considerados coincidentes con los polos de rotación) obtenidos a partir del movimiento de los continentes con relación a sus posiciones actuales, figura 1, se trata de la repetición de las orientaciones de esfuerzos en estas dos fases, ello establece semejanzas de deformación hace 120mA (se forma el mediterráneo) y, posteriormente, hace 45mA (separación de África y América). Iberia, África y Europa están en colisión en el Cretácico inferior (aparecen los continentes conocidos hoy) y la placa Africa se acerca a Europa en el Paleógeno.

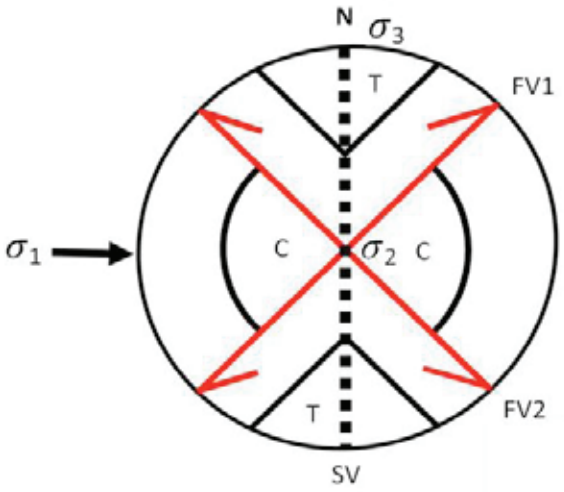


Figura 5. Elipsoide del Ciclo Alpino: Fases Kimérica y Alpina

Deformación elastoplástica «SA»

Acontece volcando el eje del sinclinal de la Cuenca de Peñarroya–Belmez y se pliega el flanco norte con un plegamiento asimétrico suave NOO–SEE con flanco corto vertical relacionado con las fallas alpinas «FA2», el carbón se estructura acumulándose en bolsadas, formas arrosariadas y la escasa densidad favorece su extrusión por las fallas «FT2» (ahora levanta el bloque sur) o «SA» en este ciclo alpino de gran profundidad. Se observa que en las escamas tardihercínicas «ST» de Peñarroya y Belmez actúan las fallas «FA1», así la gran escama Namuriense que eliminó parte del flanco S del sinclinal del Porvenir se renueva en el ciclo alpino como cizalla dextral «FA1», reactivándose las anteriores deformaciones Tardihercínicas. También la estratificación Westfaliense presenta estrías de cizalla dextral Alpina. Por otra parte el cabalgamiento alpino con dirección E–O, reactiva la débil zona de cizalla FT2, así en el S de Córdoba es submarino y subhorizontal, apreciable en el macizo de Cabra y se despegan las margas yesíferas del Triásico en el cabalgamiento.

Este ciclo alpino contempla dos fases, en realidad se trata de dos periodos orogénicos, son el Kimérico en el Jurásico superior–Cretácico inferior y el Alpino en el Paleógeno. Se acelera la segregación de Pangea por fuerzas extensivas y se abre la dorsal Atlántica, el clima es templado y uniforme.

Cizalla: «FA1» dextral y «FA2» sinistral

Entre las fracturas de cizalla dextrales «FA1» están la falla San Rafael–Peñarroya (reactivación que se bifurca hacia el este), la escama María (mina y capa María), la escama de sierra Palacios en Belmez y la falla intrusiva en el muro de la capa Cervantes en La Parrilla–Peñarroya –incluye un eje sinclinal, con diabasas en el flanco norte, con 13ºO de «plunge» y NOO–SEE– reactivadas de «ST» y «FV2». Se observa en la Cuenca del Guadiato que los desgarres «FA2» presentan cierta continuidad con los «FT1». También en el piso 300 del pozo San José (capa Cervantes) las cizallas FA1 buzan 70S y presentan estrías 20S con desplazamiento horizontal importante, además se ven cizallas FA2 buzando 80S con 10m de triturado de falla y las medidas de tensiones horizontales (Campos de Orellana et al., 1985) han resultado un 20% superiores a las tensiones verticales. Quizá la primera observación de estas cizallas fue al NO de la provincia de Sevilla en el extremo noreste de la zona Sudportuguesa [Simancas–Cabrera, 1979] que se dataron tardihercínicas, donde la cizalla dextrosa FA1 desplaza a la cizalla arqueada sinistrosa FA2 que presenta en Sta. Olalla un salto en dirección 5km.

Al sur de Córdoba el río Genil está posicionado en la falla «FA1». Las fallas transversales de cizalla sinestral «FA2» se dan también en las fases Kimérica y Alpina, así las generadas en la fase Kimérica (Jurásico sup.–Cretácico inf.) cambian su sentido de desplazamiento y pasan a dextral [Uchipi, 1988] con la distensión del Cretácico sup., más tarde en el Paleógeno vuelven a sinestral y pasan nuevamente a dextral en la distensión/subsidencia del Mioceno [Uchipi, 1988], con la transgresión y deslizamientos submarinos, y hasta la actualidad.

Las abundantes fracturas sinestral «FA2» son reactivaciones de la «FV1» dextral del Varisco, son «tipo Plasencia», así esta «FA2» conforma la Línea Tectónica del Guadalquivir –reactivación escalonada– [Carbonell, 1927] cortan todas las deformaciones anteriores, llegando al manto, el salto direccional en la zona de Ossa–Morena es de 0,5 km y el espaciado es a menudo de 1 km y menos. Entre estas «FA2» consideramos la falla del Guadalquivir y otras cizallas tangenciales alpinas (Plasencia–Mesejana), las fallas transversales sinestral en el arroyo Hontanilla de Peñarroya y sierra Palacios o Castillo de Belmez (verticaliza el Westfaliense), las fallas «tipo Plasencia», los filones de fluidos hidrotermales con cuarzo, F, Ba, Cu, Pb en la posterior distensión, el volcanismo básico del Guadiato y el geotermalismo (el muro de la capa Cervantes es de gran interés geotermal). También las fallas de cizalla sinestral alpinas de Fuente Alamo y Jogina–Zoñar en Aguilar (NNE–SSO) son acuíferos desde el régimen distensivo del mioceno. Por último el Pirineo y el Levante están afectados por estas fallas «tipo Plasencia».

Distensión/subsidencia posterior al alpino

En el Oligoceno el límite de placa se trasladó a hasta su posición actual en el estrecho de Gibraltar [Uchipi, 1988]. La distensión del Cretácico sup. corresponde a un rifting, aparece al acabar la fase Kimérica y las fallas de cizalla «FA2», con dirección NO–SE, pasan a ser dextrales. En el Mioceno inferior se inicia la distensión de la fase Alpina, se depositan margas blancas en sectores de tensión o cuencas tempranas, se inicia el hundimiento de la falla del Guadalquivir, y aparece el diapirismo, en el sur de Córdoba. La distensión provoca que las fallas de cizalla siniestral «FA2» pasan a ser dextra-

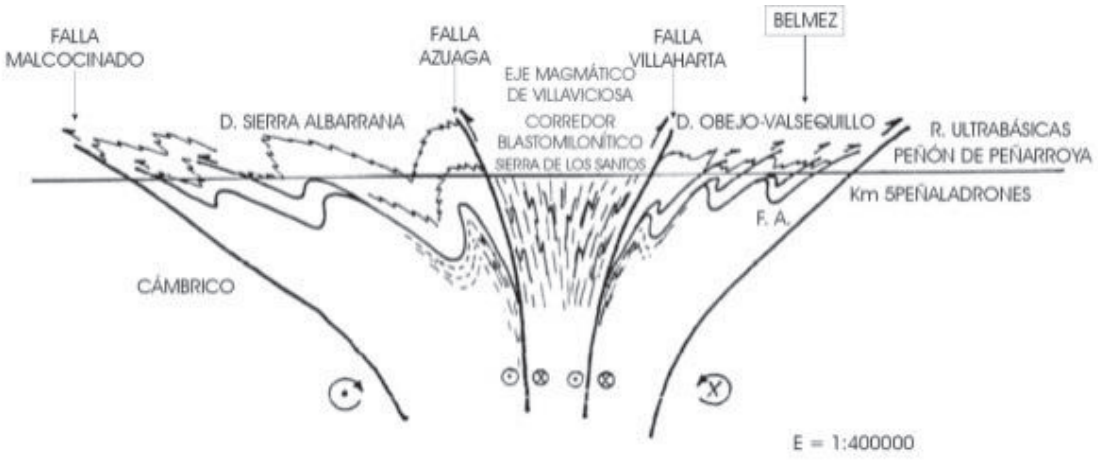


Figura 6. Corte Geológico transversal por la Zona de Ossa–Morena

les y de gravedad, también las deformaciones normales E–O, más tarde la distensión/subsidencia provoca el hundimiento de la falla del Guadalquivir, apareciendo la transgresión del Mioceno medio–superior y el corrimiento en el que se producen olitostromas (deslizamientos submarinos caóticos) hacia el NO. Mientras en el norte de Córdoba se sedimentan las secuencias granocrecientes de calcarenitas. La regresión marina del Tortoniense superior rellena la depresión del Guadalquivir con margas azules y se reactivan fracturas «FA2» por la Neotectónica compresiva del Plioceno con el choque de la placa africana que continua la actividad tectónica al reactivar las fallas alpinas NO–SE con compresión dextral, y las fallas izquierdas «FA2», mientras la campiña cordobesa esta emergida, con abundante ondulación debida a terremotos, y se define el río Guadalquivir.

En Belmez se observan estas fallas Alpinas «FA2» izquierdas con dirección NE–SO, también Neotectónicas, en la Corta San Antonio y en la sierra Palacios, que la distensión dextral abre huecos centimétricos (actualmente con agua y precipitados) y la actual compresión Neotectónica está modificando. La Neotectónica también es visible con las fracturas E–O dextral y en las NE–SO, antes «FA2» y actualmente sin movimiento izquierdas, ambas con estrias –que indican el posterior movimiento dextral– escalones y gran buzamiento al sur que se han observado en las calcarenitas del norte de Córdoba (Valdeazores–Campiñuela), y con pliegues de arrastre de compresión Neotectónica de subir el bloque sur sobre el norte (después de la distensión). También algún centímetro de movimiento del bloque sur hacia el oeste (dextral) sobre la anterior deformación «SA» –incluso en Valdeazores después de la distensión aparece movimiento de falla normal de hundimiento del bloque sur–. Todo ello indica compresión neotectónica y las FA2 pasan a compresión por una actual rotación del esfuerzo σ_1 posicionándose cerca del SE (así en la SA aparece un movimiento dextral).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Desde que acabó el Precámbrico ha funcionado la actividad tectónica con continuidad en las reactivaciones de las fallas en la provincia de Córdoba, y en armónicos movimientos de los periodos orogénicos de unos 50mA de duración. Este modelo inicial de esfuerzo–deformación se ajusta bien a las observaciones de campo y puede ayudar al conocimiento de la estructura de la Zona Ossa–Morena. La armonía de la tensión principal de los movimientos orogénicos ($\sigma 1$) en saltos de 45º en sentido contrario a las agujas del reloj

justifica las distensiones y se estima que la concentración de tensiones horizontales/residuales del terreno son sólo debidas a la neotectónica. Las tensiones horizontales–residuales de anteriores orogénias, posiblemente, se han distendido y relajado. Se debe controlar la presión intersticial de los acuíferos confinados en la abertura de las fracturas FA2 transversales–siniestrales alpinas de dirección NE–SO, que funcionan sentido dextro desde el mioceno superior y actualmente se encuentran en compresión por el choque de la placa africana, también es importante el geotermalismo y la microsismicidad de estas fracturas y ante la deformación horizontal de 20 mm/año hacia el N obtenidas en Andalucía, las nuevas investigaciones podrían dirigirse a estas fracturas FA2.

Los argumentos técnico-científicos presentados resaltan la importancia de la Neotectónica, los sensores in situ geofísicos y piezómetros de cuerda vibrante pueden obtener valores para cuantificar tensiones o concentración de tensiones residuales orogénicas del terreno, al medir tensiones, parámetros geomecánicos y presiones intersticiales en acuíferos confinados y en las fallas FA2 transversales alpinas NE–SO, del tipo Plasencia. En Peñarroya–Belmez diversas medidas de tensiones horizontales en fallas de cizalla «FA2» (NE–SO) dan valores muy superiores a las tensiones verticales, debido a que son Neotectónicas. Regionalmente es interesante realizar repeticiones de medidas sísmicas y el control en las aberturas de algunas fracturas FA2, concretamente en sierra Palacios y Castillo de Belmez.

Como se puede observar en la síntesis sismológica del Instituto Geográfico Nacional, actualmente la falla transformante dextral de las Azores–Estrecho de Gibraltar se abre desde el SO de forma continua con la falla de Plasencia y la falla del Guadalquivir (ambas son FA2). La deformación horizontal de la placa europea en Andalucía está controlada en las estaciones topográficas de la red de posicionamiento europea (EUREF) miden movimientos anuales de 20 mm hacia el N y la red de posicionamiento de Andalucía, LAGC, obtiene también idéntico resultado [www.rap.uca.es]. Se requiere la auscultación de las fallas «FA2» comprimidas por el choque de la placa Africana y con gran riesgo de terremotos.

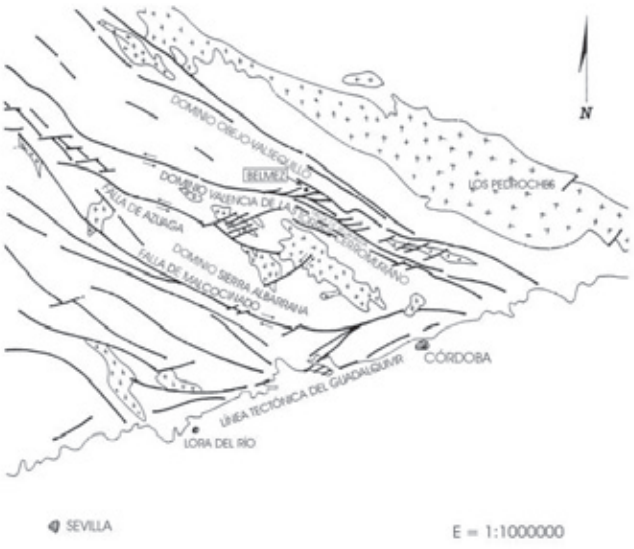
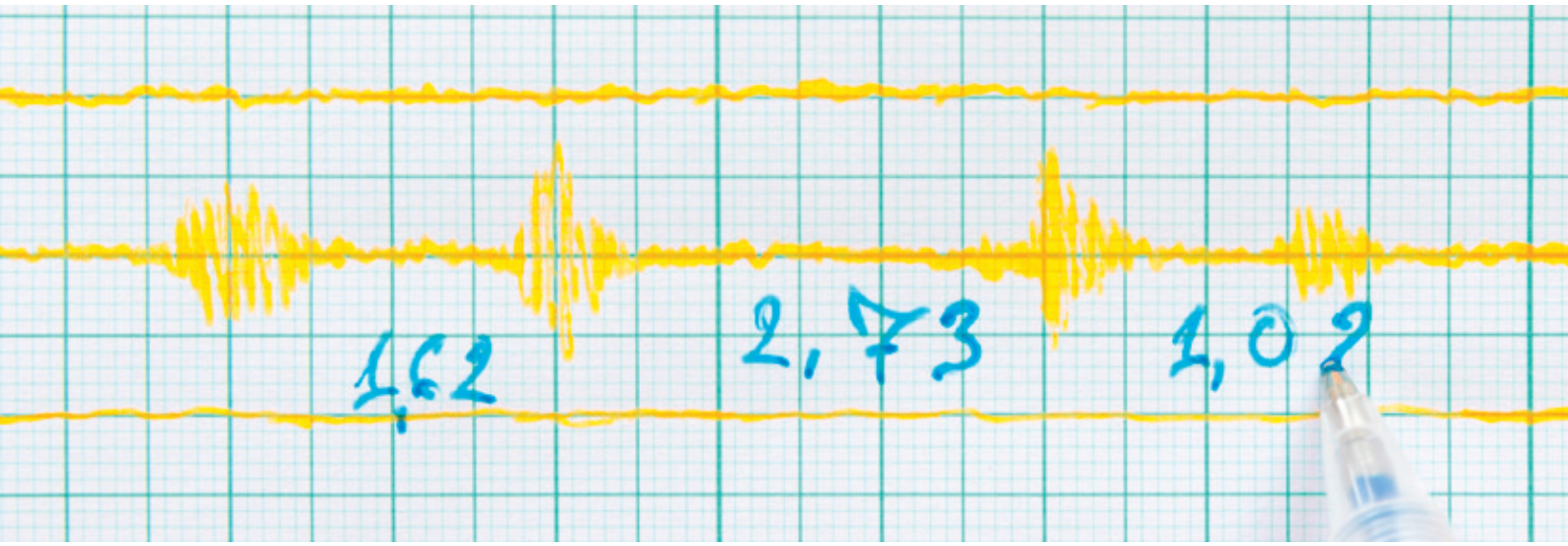


Figura 7. Esquema Tectónico Regional del Sur del Macizo Ibérico

Los argumentos técnico-científicos presentados resaltan la importancia de la Neotectónica, los sensores in situ geofísicos y piezómetros de cuerda vibrante pueden obtener valores para cuantificar tensiones o concentración de tensiones residuales orogénicas del terreno, al medir tensiones, parámetros geomecánicos y presiones intersticiales en acuíferos confinados y en las fallas FA2 transversales alpinas NE–SO, del tipo Plasencia.



BIBLIOGRAFÍA

Ábalos, B. y Eguíluz, L. (Universidad del País Vasco). Deformación Transpresiva Carbonífera en la Zona de Cizalla de Badajoz – Córdoba. (Macizo Ibérico Meridional). Rev. Soc. Geol. España, 4, (3–4), pgs. 229–249. 1991.

Apalategui, O., Borrero, JD., Higueras, P. División en grupos de rocas en Ossa Morena Oriental. Temas Geológicos y Mineros 1985. V Reunión GOM, Belmez (Córdoba) 1983. Instituto Geológico y Minero de España.

Apalategui, O., Roldán F.J., Higueras, P., et al. (INGEMISA) Mapa geológico de las hojas de Espiel (880) y Peñarroya (879). IGME 1985.

Apalategui, O. «Evolución geológica del Macizo Ibérico meridional». Tierra y tecnología, nº 41, 37–39. Primer Semestre de 2012 (Colegio Oficial de Geólogos de España).

Armendáriz, M. «Los depósitos carbonatados de la Cuenca carbonífera del Guadiato (Córdoba, SO del Macizo Ibérico)». Boletín Geológico y Minero, 117 (Num. Monográfico Especial): 513–518. 2006.

Bastida, Fernándo (2005). Geología. Volumen II. Ed. Trea. Gijón (Asturias).

Campos de Orellana et al. «Investigación Geomecánica de deformaciones grandes y su causalidad y diseño de labores mineras bajo las mismas. IGME. 1985.

Carbonell Trillo–Figueroa, A. (1927). «Contribución al estudio de la geología y de la tectónica andaluza». Boletín Instituto Geológico y Minero de España. Tomo XLIX: 81–215.

Chacón J., Oliveira V., Ribeiro A. y Oliveira J.T. La Estructura de la Zona de Ossa–Morena. Libro Jubilar «Geología de España» de J.M. Rios. IGME 1983. Pp. 490–504.

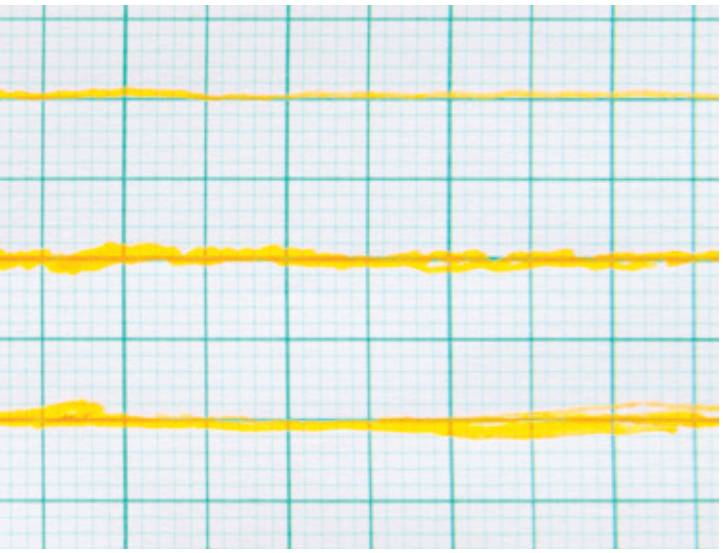
Condie, Kent. C. (2003).Plate tectonics and cristal evolution. IV edición. Pergamon Press, Nueva York, 301 pp. ISBN=07506–3386–7.

Daza, A. & Llanes, P. (2004). Explicación geoestructural del noroeste de Córdoba (Comarca del Guadiato) España. Boletín de la Real Academia de Ciencias de Córdoba. Enero–Junio 2004. Año LXXXIII– Nº 146. Pgs 171–181. http://hdl.handle.net/10853/149

Daza, A. & Ayuso, J. (2010). Prospección de arcillas cerámicas en la campiña de Córdoba (España). Boletín de la Sociedad de Crámica y Vidrio. CSIC. Mayo–Junio 2010, 49(3), pp215–220. http://boletines.secv.es/upload/20100527154533.201049215.pdf

Daza, A. (2011). Aplicaciones industriales de los terrenos arcillosos de la provincia de Córdoba. Tesis doctoral (Sobresaliente «Cum Laude»). Universidad de Córdoba, 209 pp. http://hdl.handle.net/10396/5231

Delgado–Quesada, M., Liñán, E., Pascual, E., Pérez Lorente, F. «Criterios para la diferenciación de dominios en Sierra Morena Central». 3–7 de julio 1979. Libro de Actas de la I Reunión sobre la Geología de Ossa–Morena (Grupo de Ossa–Morena). Escuela Politécnica Superior de Belmez (Córdoba). IGME. (También en Studia Geologica, nº 12. pp. 75–90. 1977).



AGRADECIMIENTOS

El autor agradece las revisiones realizadas por los geólogos: D. Octavio Apalategui Isasa, D. Sebastián Maroto Aranda y D. Pedro Llanes Agudelo. También a D. Jesús Gutierrez-Ravé Caballero y D. Rafael Hernando Luna del Grupo «Seminario Antonio Carbonell» de la Universidad de Córdoba. ■

Dewey, J.F. (1977). Suture zone com plexities: a review. Tectonophysic, 40, 53–67. (John F. Dewey «Placas tectónicas», 1972, Deriva Continental y Tectónica de Placas. Editorial Blume 1974).

Hernandez–Pacheco E. «La Sierra Morena y la Llanura Bética». XIV Congreso Geológico Internacional. Instituto Geológico de España. Madrid, 1926. 150pgs.

Julivert, M., Fontboté, J.M., Ribeiro, A. y Conde L.A. Mapa tectónico de la Península Ibérica. Escala 1: 1000.000 y memoria. IGME, Madrid 1974.

Mallada Lucas. Memoria descriptiva de la Cuenca Carbonífera de Belmez. Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, tomo XXVI– Tomo VI. IGME 1900.

Ortuño, G. et al. ENADIMSA (INI). Investigación Geológico–Minera de la Cuenca Carbonífera del Guadiato. 1970 – 1976. Inédito ENCASUR Peñarroya (Córdoba). 1976.

Pérez–Lorente, Felix. «Geología de la Zona Ossa–Morena al norte de Córdoba (Pozoblanco–Belmez–Villaviciosa de Córdoba)». Tesis Doctorales de la Universidad de Granada 281. 1979.

Quesada, C. Geological constrainson the Paleozoic tectonic evolution of tectonostratigraphic terranes in the Iberia Massif. Tectonophysic 185, 225–245. 1991.

Red de posicionamiento de Andalucía (LAGC). http://www.rap.uca.es

Riedel, W. «Zar Mechanik Geologischer Bruchers-cheinungea». Cemralbl. F. Mineral. N. Pal., 1929 B, 354–368.

Roldan, F. J. et al (INGEMISA). Mapas geológicos y memorias de la hoja 988, Puente Genil, y de la hoja 966, Montilla. IGME 1988.

Sager; William W. Divergence Between Paleomagnetic and Hotspot Model Predicted Polar

Wander for the Pacific Plate with Implications for Hotspot Fixity. Departamento de Oceanografia. Universidad de Texas. College Station, TX 77845 wsager@ocean.tamu.edu 2006. «Plates, Plumes, and Planetar y Processes».

Simancas Cabrera, J.F. «Evolución tardihercínica de un área situada al NW de la provincia de Sevilla». 3–7 de julio 1979.Libro de Actas de la I Reunión sobre la Geología de Ossa–Morena (Grupo de Ossa–Morena). Escuela Politécnica Superior de Belmez. Temas Geológico Mineros–IGME.

Sirgado–Echevarría, M. «Deriva continental y estado plástico del manto terrestre». Rev. Ingeopres, nº 2, Marzo–Abril 1992.

Uchipi, E.«The Mesozoic–Cenozoic geologic evolution of Iberia, a tectonic link between Africa and Europe». Rev. Soc. Geol, España, 1, (3–4), pg 257–294.1988.

GAS NO CONVENCIONAL EN ESPAÑA

CONSIDERACIONES GENERALES Y POSIBILIDADES EN ASTURIAS

Pablo Cienfuegos Suárez. Área de Prospección e Investigación Minera. Dpto. Explotación y Prospección de Minas, Universidad de Oviedo. Escuela de Ingenieros de Minas, Energía y Materiales. Oviedo (Asturias). *cienfuegospablo@uniovi.es*

El artículo pretende explicar de manera muy sucinta los conceptos básicos de los recursos de gas no convencional, principalmente gas en capa de carbón (CBM) y gas de lutitas (shale gas) y resumir los trabajos realizados hasta la fecha tanto de sísmica como de perforación con relación a la exploración de hidrocarburos en el territorio cubierto por el Principado de Asturias y el potencial exploratorio que presenta el mismo. La actividad de exploración de hidrocarburos ha sido escasa y muy intermitente. El Principado ocupa una superficie de unos 10.600 km^2, de los que cerca de un 60% están recubiertos por materiales sedimentarios y, por tanto, susceptibles de generar y almacenar hidrocarburos. Si se comparan las labores de exploración por km^2 (sísmica y sondeos) llevadas a cabo en Asturias con la realizada en algunas de las cuencas sedimentarias en España, y no digamos en Francia o Italia, las cifras son totalmente ridículas.

PALABARAS CLAVE: Gas no convencional, hidrocarburos, energía, recursos

Aunque no hay que descartar de manera definitiva la presencia de hidrocarburos líquidos, tal y como lo atestiguan alguno de los indicios señalados, es muy probable que los posibles yacimientos de hidrocarburos que se pudieran encontrar podrían tratarse de acumulaciones de gas. La conclusión más importante que se deduce es que el potencial exploratorio del Principado puede considerarse como no explorado.

La explotación moderna del gas no convencional («coal bed methane - CBM» (gas en las capas de carbón), «shale gas» y «tight gas sands») comenzó en los años 90 en EE.UU con la explotación del CBM en las cuencas de Black Warrior (Alabama) y San Juan Basin (Nuevo Méjico), cuando se creía que las reservas de gas convencional eran insuficientes para satisfacer la demanda, gracias al empuje de pequeñas compañías independientes y con la ayuda del Gas Research Institute (GRI, ahora GTI).

Cuando los precios del gas superaron los US13$/Mcf[1], la respuesta fue una mejora en la tecnología de fracturación y perforación que supuso la puesta en producción comercial de numerosos yacimientos, primero de CBM y «tight gas» y después de «shale gas» (denominado como gas de pizarras). Como consecuencia del gran aumento de producción se produjo una bajada de precio del gas a US4$/Mcf.

Al final de la década de los 90, la producción de CBM llegó a suponer el 10% de la producción

1 Mcf = 10^3 cubic feet;

MMcf= Millions cubic feet. En el Sistema Internacional de Unidades = 10^6

Tcf= Trillion cubic feet (En el Sistema Internacional de Unidades =10^{12}) = 28,3 Bcm

Bcm= Billion cubic meters (En el Sistema Internacional de Unidades =10^9)

Bcfd= Billion cubic feet by day (En el Sistema Internacional de Unidades =10^9)

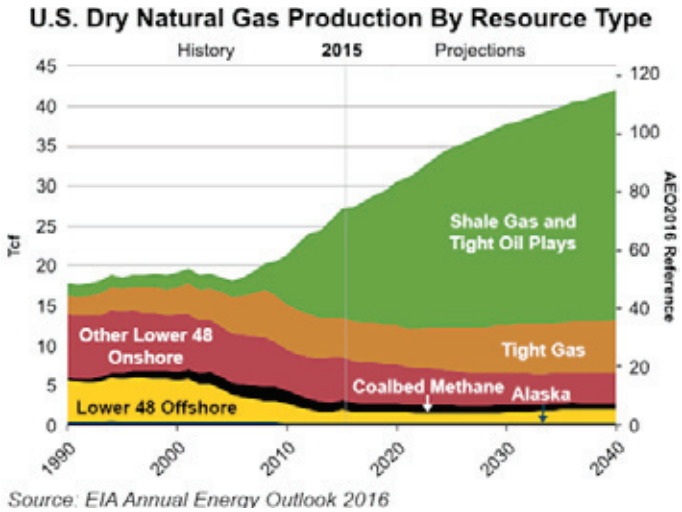


Figura 1. Evolución de la producción de gas y previsión de su evolución futura. Fuente: EIA (2016).

anual total de gas en EE.UU (posteriormente ha continuado casi constante en el 7%) y es el 10% de las reservas de gas (figura 1).

Entre los años 2000 y 2010, hubo una actividad frenética sobre el «shale gas», en especial en las Barnett Shale en Texas, que se tradujo en un incremento exponencial de la producción. Se pasó de 1Bcfd en el año 2000 a 10 Bcfd en 2010. Se multiplicó por 10. La producción de «tight gas sand» representa el 25% del total de gas en USA.

El gas no convencional proporcionó el 14,4% de la producción doméstica de EE.UU en 1990 y el 50% en el año 2008 (23 Tcf/año). Aproximadamente la mitad del gas consumido en EE.UU procede de sondeos perforados en los últimos 5 años. En 2008, la producción de «shale gas» fue de 2 Tcf (56 Bcm) un 10% del total. En 2009 la producción total de gas no convencional fue de 80 Bcm.

Como consecuencia del incremento en la producción de gas no convencional la demanda en EE.UU de GNL (gas natural licuado) se ha hundido y ya no es necesario importar. Solo de Qatar, se pensaba importar 25 millones de toneladas/año de GNL. Se está pensando en reconvertir las instalaciones de regasificación recién construidas (15 Bcfd) de GNL en plantas de licuación para exportar. En EE.UU se importan 1,8 Bcfd.

A pesar del gran volumen de producción alcanzado, la industria del gas no convencional está en su infancia como demuestra la variación y volatilidad de las cifras de reservas publicadas.

Las reservas técnicamente recuperables de las Barnett Shale, que fue el primer gran yacimiento de gas de pizarras, se estimaron en 6 Tcf en el año 2000, 30 Tcf en 2003 y 44 Tcf en 2009.

Las reservas de Marcellus, la mayor acumulación continua de gas en USA, se estimaron en 2 Tcf en el año 2000 y 0,01 Bbl de líquidos de gas natural y en la última evaluación fueron 84 Tcf y 3,3 Bbl de líquidos, en Agosto de 2011.

Las reservas han ido aumentando con los desarrollos tecnológicos y aunque los precios del gas se han hundido, las reservas continúan aumentando.

La posibilidad de producir grandes cantidades de gas de lutitas no es un fenómeno único que solo se da en EE.UU. y de momento, Australia, China y Europa están dando los primeros pasos en esta industria.

Las «shale gas» tienen más potencial de desarrollo y de conseguir unas reservas más importantes que el gas procedente de CBM. Éste, solo se produce en sondeos a profundidad inferior a 1000 metros debido a que la productividad por pozo es baja (mantienen, una vez desaguados, una producción constante durante mucho tiempo). Por tanto, los costes de perforación y estimulación tienen que ser obligatoriamente también bajos,

RECURSO NO CONVENCIONAL VS. CONVENCIONAL

Desde que en 1994 (Magoon, 1994) quedó bien establecido el concepto de Sistema Petrolífero (Petroleum System) se enseñó que «para que haya un yacimiento de hidrocarburos (petróleo o gas) hace falta una roca madre, una roca almacén y una roca sello. Además era preciso que hubiera habido un proceso generador de trampas estratigráficas o estructurales, migración y acumulación de hidrocarburos en las trampas». Es decir, el concepto comprende todos los elementos y procesos necesarios en el orden adecuado, para que petróleo y gas se acumulen y queden preservados.

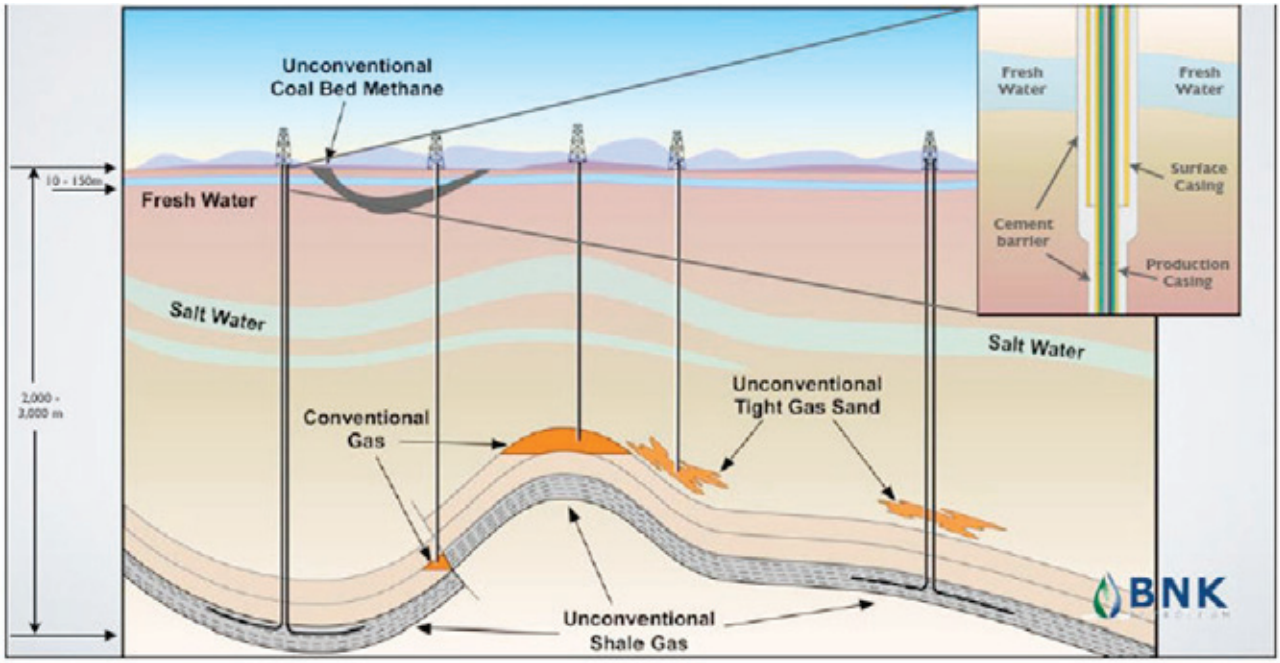


Figura 2. Esquema con las diferentes opciones de yacimientos no convencionales de gas natural. Fuente: BNK Petroleum (2011).

Desde que se produce comercialmente gas, líquidos de gas y petróleo no convencional, podemos decir que:

- Una roca puede ser roca madre y roca almacén a la vez, aunque presente una permeabilidad muy baja (micro- o nanodarcies).
- Nunca se había pensado que un almacén semejante pudiera producir gas o petróleo, sin embargo, puede producirlos si se consiguen desarrollar en el mismo redes de fracturas.
- Además de gas libre, en rocas con abundante materia orgánica (como carbones y pizarras), existe gas adsorbido y una porosidad que aumenta con el grado de evolución de la misma.
- No hace falta que existan «trampas» estratigráficas o estructurales para producir comercialmente.
- Los hidrocarburos pueden ocupar grandes extensiones superficiales formando un «yacimiento continuo».

Para que la explotación sea rentable, la roca madre-almacén debe tener un %TOC (carbono orgánico total) superior al 1%, la reflectividad de la vitrinita en la ventana de petróleo o gas (Ro>0,6), y un elevado contenido de gas «in situ» por tonelada (GIP/t), mayor de 1 m^3.

La diferencia entre «tight gas sand», «shale gas» y «CBM» es que, en las primeras, el gas está libre en fracturas, en areniscas de muy baja permeabilidad y el gas procede de rocas madres muy próximas. En las «shale gas» y CBM, el gas está libre y adsorbido en la materia orgánica; y la misma roca es roca madre y almacén. Para producir el CBM se necesita disminuir la presión del yacimiento, para que desorba el gas y se movilice; a tal efecto, es preciso mantener el nivel del agua en el pozo lo más bajo posible mediante el bombeo de la misma al exterior. A veces se necesitan hasta 6 meses para que comience a salir el gas. Por el contrario, en las «shale gas», las mayores producciones de gas se obtienen al principio, como resultado de la fracturación hidráulica y después la producción disminuye (hasta el 80% el primer año en Haynesville).

En la figura 2 se muestran esquemáticamente los yacimientos convencionales, los que satisfacen las reglas básicas necesarias para que exista una acumulación de gas o petróleo (Petroleum System), frente a los no convencionales.

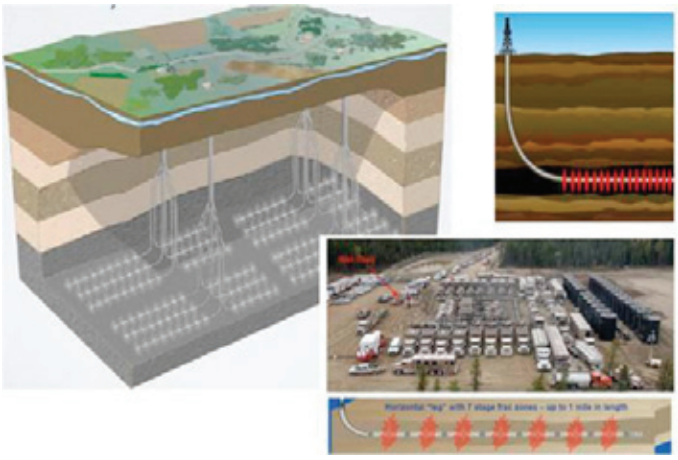


Figura 3. Esquema 3D mostrando el patrón de explotación de un campo de gas no convencional. [Arriba: Técnica de perforación dirigida con posterior fracturación hidráulica. Abajo Derecha: Disposición de decenas de camiones que transportan agua para las operaciones de fracturación hidráulica]. Fuente: Adaptada de Pflug (2009) y BNK Petroleum (2011).

En los yacimientos convencionales, los hidrocarburos están en trampas estructurales o estratigráficas, y cada sondeo drena un gran volumen de hidrocarburos que fluyen naturalmente al abatir la presión en fondo de pozo y liberar el almacén de la presión total o parcial que soportan. En los no convencionales, los hidrocarburos no fluyen naturalmente por falta de una permeabilidad adecuada del almacén y por tanto, para su producción comercial, necesitan ser estimulados.

El paso de recurso a reserva es mucho más difícil en las «shale gas» que en los yacimientos convencionales. En general, las pruebas de producción en un yacimiento convencional permiten hacer una estimación rápida aproximada de las reservas de un yacimiento con unos pocos sondeos. En el caso de un yacimiento no convencional, las producciones sin estimulación son muy bajas y las pruebas comerciales se hacen pozo por pozo. El factor de recuperación, ha aumentado del 10% al 50% del GIP, gracias a las innovaciones en la perforación y fracturación (figura 3).

EL GAS NO CONVENCIONAL EN ESPAÑA: CBM Y SHALE GAS

Gas de las capas de carbón (CBM)

En un inventario realizado por el Instituto Geológico y Minero de España en el año 2004, se evaluaron los recursos de CBM en las cuencas con carbón importantes en 41.290 millones de m^3, es decir, aproximadamente el consumo de gas de un año en España (figura 4).

La mayor parte de los recursos están en capas muy inclinadas y subverticales, que prácticamente no existen en EE.UU ni en el resto del mundo donde se explota CBM. Por tanto, haría falta realizar una exploración específica adaptada al tipo de estructuras presentes, para encontrar la metodología de explotación adecuada a capas numerosas y poco potentes (de 0,5 a 3 m) y subverticales.

El contenido en gas de las capas es similar a las del resto del mundo (4 a 10 m^3/tonelada de carbón).

Gas de lutitas («shale gas»)

Los almacenes-objetivo de «shale gas», tanto en España como en el resto de Europa son, en el Paleozoico inferior, las pizarras Ordovícicas y Silúricas, en el Paleozoico superior, las pizarras Devónicas, y en el carbonífero, los niveles de pizarra por encima y por debajo de la Caliza de Montaña. En la base de la Caliza de Montaña, la formación denominada Barcaliente, está constituida por unas calizas «mudstone» con abundante materia orgánica (hasta el 12%) depositadas en un ambiente de mar profundo (más de 1000 m) en las plataformas carbonatadas aflorantes en los bordes de cuenca en el oriente de Asturias.

Al principio del presente siglo, pocas compañías creían en la posibilidad de explotar hidrocarburos de las pizarras. En el año 2005 en España, la superficie de permisos de investigación de hidrocarburos alcanzó la mínima extensión, y a partir de entonces, las peticiones se han incrementado de una manera espectacular, principalmente por las expectativas despertadas por el «shale gas». Actualmente, las compañías promotoras han abandonado sus proyectos dada la inseguridad provocada por la lentitud de la Administración.

En la figura 5, se muestra un mapa actualizado del MITYC del 31 de diciembre de 2015.

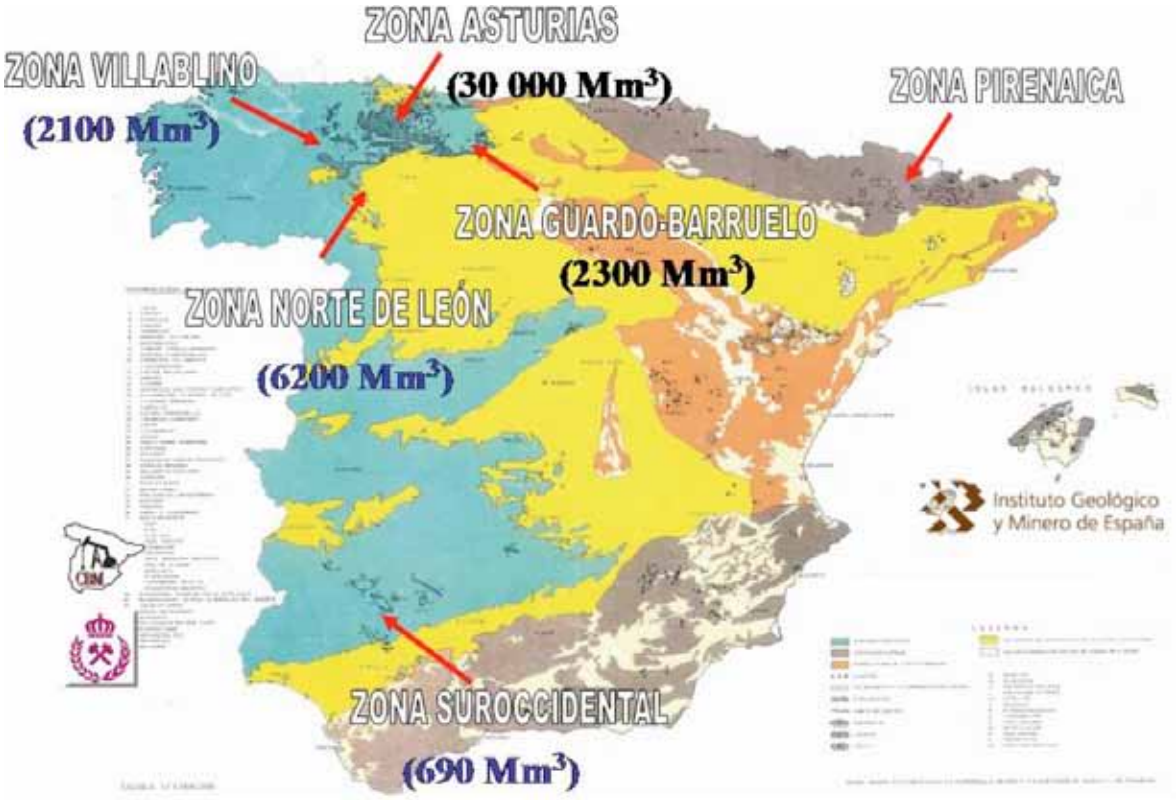


Figura 4. Estimación de los recursos de CBM (en Mm³) en España
Fuente: Zapatero, Martínez Orio y Suárez Díaz (2004).

RESULTADOS Y PERSPECTIVAS DE LA EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS EN EL PRINCIPADO DE ASTURIAS.

El Principado ocupa una superficie de unos 10.600 km², de los que cerca de un 60% están recubiertos por materiales sedimentarios y por tanto susceptibles de generar y almacenar hidrocarburos. Si se comparan las labores de exploración (sísmica y sondeos) por km² llevadas a cabo en Asturias con la realizada en algunas de las cuencas sedimentarias en España, y no digamos en Francia o Italia, las cifras son totalmente ridículas.

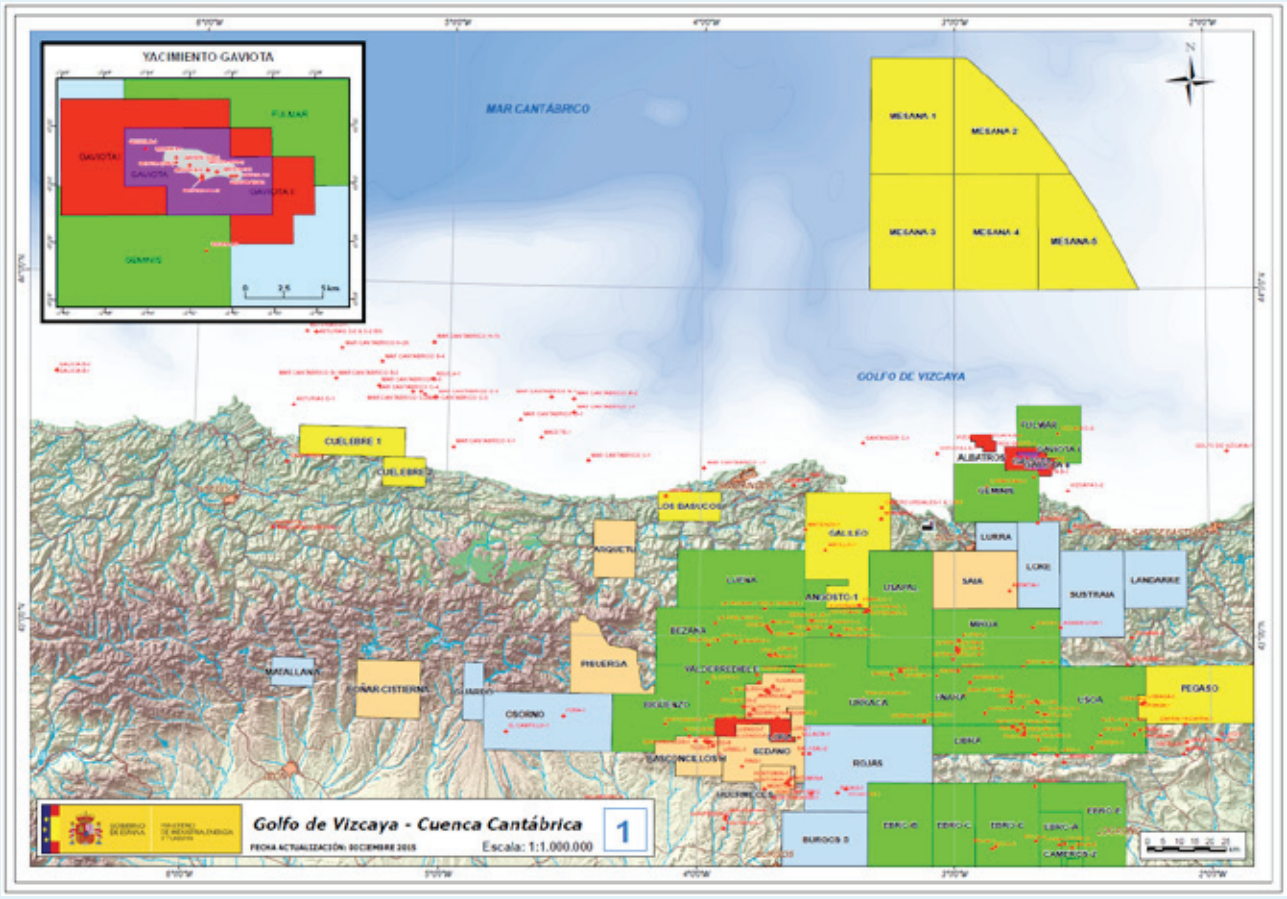
Aunque no hay que descartar de manera definitiva la presencia de hidrocarburos líquidos, tal y como lo atestiguan alguno de los indicios señalados, es muy probable que los posibles yacimientos de hidrocarburos que se pudieran encontrar podrían tratarse de acumulaciones de gas.

La geología del Principado y los resultados exploratorios hasta la fecha confirman el potencial del área tanto desde el punto de vista de hidrocarburos convencionales como no convencionales, es decir, CBM, «Shales Gas» (Gas en arcillas) y «Tight Gas» (Gas en areniscas con baja permeabilidad).

La presencia de indicios de hidrocarburos en el Principado de Asturias es un hecho bien conocido. A título de inventario se pueden citar los siguientes.

- Segregaciones de hidrocarburos en una galería minera en el Valle del Nalón.
- Ozoqueritas del Paquete Generalas en el Pozo Tres Amigos.
- Indicios de hidrocarburos en el Pozo Carrio, cerca de la capa tercera Generala.
- Existencia de un gran número de capas de carbón de origen algal («cannel»).
- Existencia de hidrocarburos rellenando parcialmente la porosidad de algunos niveles calcáreos en el Grupo Lena de la sucesión de la Cuenca de Quirós.
- Emanaciones de gas en Saús (Siero).
- Inclusiones de hidrocarburos en cuarzos bipiramidales y fluoritas del PermoTrias.

Figura 5. Permisos de Hidrocarburos en el Norte de España en 2015
Fuente: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC), (2016).



Permisos y Concesiones Administración General

Permiso — Permiso Solicitado

Permiso — Permiso Vigente

Permisos Comunidades Autónomas

Permiso — Permiso Vigente

Permiso — Permiso Solicitado

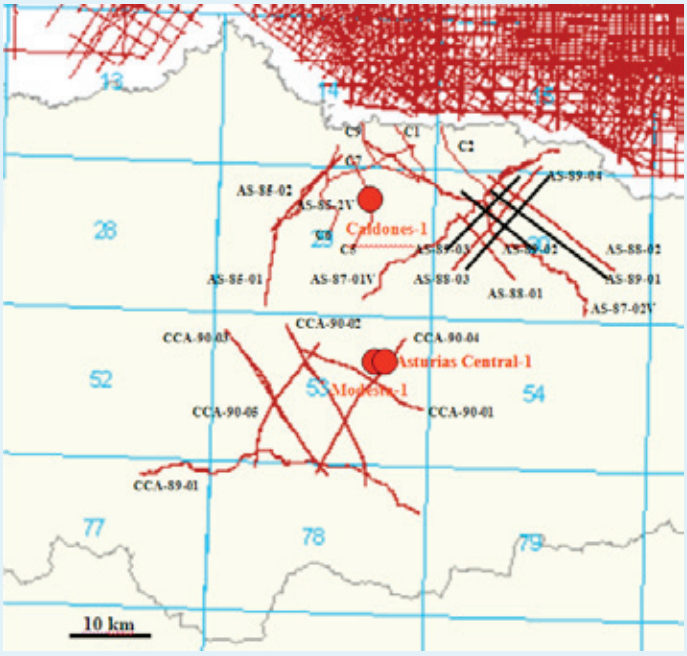


FIGURA 6. Posición de líneas sísmicas y sondeos (rojo) y distribución de hojas MTN 1:50.000 (azul) en Asturias.

TABLA I. *Campañas sísmicas de tierra en Asturias (Fuente IGME).*

Campañas sísmicas					
Permiso	**Nombre**	**Año**	**Operador**	**Nº de líneas**	**Kms totales**
Gijón	C	1966	Ciepsa	9	90,0
Asturias T-1 y 3 más	AS-85	1985	Eniepsa	3	36,8
	AS-87	1987	Repsol	2	76,2
	AS-88	1988	Repsol	3	47,3
	AS-89	1989	Repsol	4	47,8
Área libre	CCA 89/90	1989/1990	Repsol	6	141,1
				Total	**439,2**

TABLA II. *Resumen de los resultados del sondeo (Fuente: Archivo Técnico de Hidrocarburos, MICYT).*

Sondeo Caldones-1	
Operador	Ciepsa
Año perforación	1967
Hoja Geológica	29 (Oviedo)
Profundidad final	1.846,40 m
Objetivo	Comprobar la importancia de los indicios de gas que se encontraron en los sondeos del mismo nombre, perforados para conocer la extensión de la cuenca carbonífera por debajo del Mesozoico.
Implantación	Suave nariz anticlinal de superficie, de orientación NW-SE y núcleo aflorante triásico, que se hunde hacia su extremo NW.
Columna	0-330 m Triásico (Buntsandstein) 330-1846,40 m Carbonífero (Namuriense-Westfaliense D)
Indicios	Fondo de gas continuo durante la perforación con indicios más o menos importantes de C_1, C_2, C_3 y C_4
Observaciones	En los últimos 150 m del sondeo los buzamientos eran tan grandes que se desistió de llegar a la Caliza de Montaña. Se realizaron cuatro ensayos de producción. Se llevó a cabo una acidificación. La falta de gas en cantidades comerciales se debió fundamentalmente a la falta de almacén.

- Inclusiones en los huecos de fósiles en las pizarras del Sueve.
- Inclusiones de hidrocarburos en las rítmicas del Jurásico.
- El «mecheru» de Caldones (1914).
- Sondeo Caldones-1 perforado por CIEPSA (1967).
- Presencia de gas en los sondeos de exploración CBM realizados por las empresas UNION TEXAS y HUNOSA en la CCCA, denominados Asturias Central-1 (1992) y Modesta-1 (1993).
- Hidrocarburos en las cuarcitas atravesadas por Túnel Ordovícico del Fabar en Ribadesella (2003).
- Presencia de «grisú» durante la excavación de los túneles de la Variante de Pajares (2005).
- Presencia de CBM en sondeo ASTURIAS#CBM#1, realizado por la Escuela de Minas de Oviedo (2005).

A pesar de estos indicios la exploración de hidrocarburos en el Principado ha sido escasa y muy intermitente. Como se verá más tarde solamente se han adquirido seis campañas sísmicas de kilometraje muy limitado y se han perforado cuatro sondeos, uno de ellos, Caldones-1, con objetivos convencionales y otros tres, Asturias Central-1, Modesta-1 y Asturias.CBM#1, con objetivo «Coalbed Methane» (CBM).

TABLA III. *Resumen de los resultados del sondeo (Fuente: Archivo Técnico de Hidrocarburos, MICYT).*

Asturias Central-1	
Operador	Union Texas
Año perforación	1992
Hoja Geológica	53(Mieres)
Profundidad final	1.575 m
Objetivo	Aprovechar la posible mejora de la permeabilidad del carbón debida a la actividad tectónica asociada al anticlinal de Samuño (paquetes Sotón y María Luisa, como principales y Entrerregueras como secundario).
Implantación	Anticlinal de Samuño (flanco NW con 81° de buzamiento).
Columna	0-1575 m Carbonífero (Westfaliense D)
Potencia carbón	57m
Contenido de gas en el carbón	7,5 a 10,6 m^3/t
Indicios	Gas en los paquetes en Sotón y María Luisa.
Observaciones	Parada la perforación por dificultades mecánicas (subverticalidad y fracturación de las formaciones. No se pudieron realizar ensayos de producción.

TABLA IV. *Resumen de los resultados del sondeo (Fuente: Archivo Técnico de Hidrocarburos, MICYT).*

Sondeo Modesta-1	
Operador	Union Texas
Año perforación	1993
Hoja Geológica	53 (Mieres)
Profundidad final	2.038 m
Objetivo	Comprobar el potencial de producción de metano de las capas de carbón presentes en los paquetes Entrerregueras, Sotón y María Luisa. De la cuenca carbonífera por debajo del Mesozoico.
Implantación	Flanco occidental del sinclinal de Sama. El sondeo siguió el eje del sinclinal.
Columna	0-2038 m Carbonífero (Westfaliense D)
Indicios	Gas en los paquetes Entrerregueras, Sotón y María Luisa.
Potencia carbón	55,05 m
Contenido en gas del carbón	9 a 13 m^3/t
Observaciones	Se realizaron ensayos de producción en los paquetes objetivo que mostraron una baja permeabilidad del carbón, produciendo ligeros indicios de gas No se consideró oportuno llevar a cabo operaciones de estimulación. El sondeo fue clasificado como no comercial.

Actividad de exploración

Un resumen de esta actividad exploratoria en materia de hidrocarburos se expone a continuación:

Sísmica petrolera

En los años 1967, 1985, 1987, 1988, 1989 y 1990 se realizaron seis campañas terrestres de sísmica. La más antigua corresponde a CIEPSA y las realizadas al final de los ochenta a ENIEPSA y REPSOL. La Figura 6 muestra la posición geográfica de las diversas campañas.

En la Tabla I se indican las características de las campañas sísmicas registradas, que prácticamente están concentradas en la parte central del Principado.

De las campañas sísmicas se pueden deducir las conclusiones siguientes:

- Mala calidad de la sísmica disparada en los años sesenta.
- Calidad media en las campañas posteriores.
- Repsol no solicitó ningún permiso después de la campaña CCA 89/90 en áreas libres.
- Densidad de datos sísmicos muy escasa para valorar el potencial exploratorio de los materiales sedimentarios de Asturias.

TABLA V. *Resumen de los resultados del sondeo (Fuente: Cienfuegos, P. et al., 2008).*

Sondeo Asturias.CBM#1	
Operador	Universidad de Oviedo
Año perforación	2004
Hoja Geológica	53 (Mieres)
Profundidad final	350 m
Objetivo	Determinar los parámetros del yacimiento, las características de los carbones y las concentraciones de los carbones de los Paquetes María Luisa y Sotón.
Implantación	Cercanías de La Felguera
Columna	0-108 m Pérmico 108-350 m Carbonífero
Indicios	-
Potencia carbón	Más de 10 capas de carbón, con potencia media de 30-50 cm
Contenido en gas del carbón	4 m^3/t
Observaciones	Si bien se pensaba que se alcanzaría el Paquete Sotón, la presencia de fallas con un desplazamiento importante hicieron que el sondeo cortase exclusivamente materiales carboníferos del Paquete Entrerregueras.

Sondeos petroleros

Como ya se ha mencionado se han perforado cuatro sondeos, uno de ellos, Caldones-1, con objetivos convencionales (Caliza de Montaña) y dos, Asturias Central-1 y Modesta-1, con objetivos no convencionales, como es el CBM. Su posición geográfica se muestra en la Figura 1 y los resultados de los mismos en las Tablas II, III, IV y V.

De los resultados de los sondeos se deduce:

- Presencia de gas en todos ellos, destacando los indicios de hasta C4 en Caldones-1, lo que hace dudar que en este caso el gas provenga del carbón.
- Altos contenidos en gas de los carbones atravesados por los sondeos.
- Baja permeabilidad tanto en las areniscas carboníferas, caso de Caldones-1, y en los carbones atravesados en Modesta-1, lo que son obligados candidatos para su estimulación.
- En el caso de los sondeos con objetivo CBM los resultados no fueron totalmente concluyentes, ya que en el caso de Asturias Central-1 no se llegó a finalizar el sondeo por problemas mecánicos y por tanto no se pudieron llevar acabo ensayos de producción y en el caso de Modesta-1 no se realizaron operaciones de estimulación.
- El sondeo Asturias#CBM#1, fue el primer sondeo de investigación CBM realziado en este siglo y financiado por el Gobierno del Principado de Asturias. Su ejecución permitió obtener un «know-how» en el procedimiento de sondeos de pequeña profundidad así como poner a punto la tecnología de extracción y toma de muestras.

Objetivos de exploración

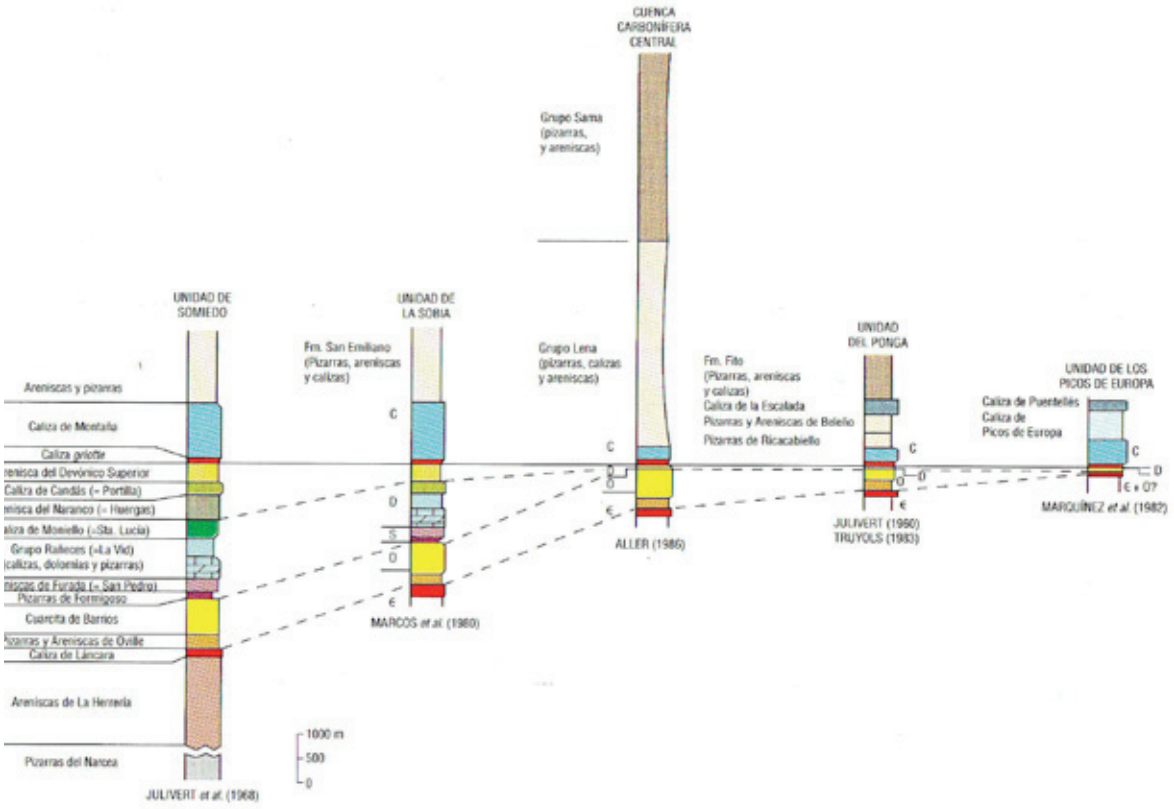
Hidrocarburos convencionales

Las formaciones litoestratigráficas más significativas que determinan la posible existencia de un Sistema Petrolero, destacando en cada uno de ellos los elementos que lo componen, se muestran en las columnas estratigráficas de las unidades tectónicas de la Zona Cantábrica (Figura 7).

Roca Cobertera

A lo largo de la serie estratigráfica aparecen formaciones arcillosas que pueden actuar perfectamente como roca cobertera de los almacenes descritos más arriba.

FIGURA 7. Columnas estratigráficas representativas de las principales unidades tectónicas de la Zona Cantábrica (según Pérez-Estaún et al., 1988) Fuente: Aramburu, C. et al., 1995.



Roca Madre

Sistema Petrolero				
Elemento	**Formación**	**Edad**	**Unidad Tectónica**	**Observaciones**
Roca madre	San Emiliano	Carbonífero	La Sobia	Pizarras. La serie carbonífera siliciclástica está en la ventana de petróleo. Los carbones de La Camocha tienen un Ro de 0,7 y 0,9 y en el sondeo Caldones-1, a profundidad de 1.700 m, la reflectividad de la vitrinita es de 1,1.
	Valdeteja	Carbonífero	Picos de Europa	La Caliza de Montaña pasa lateralmente de zona de plataforma a talud y mar profundo con sedimentación de Shale con alto TOC.
	Mb Pinos	Carbonífero	La Sobia	Pizarras. Equivalente de la Fm Fresnedo
	Fresnedo	Carbonífero	Cuenca Carbonífera Central	Pizarras
	Beleño	Carbonífero	Del Ponga	Pizarras
	Ricacabiello	Carbonífero	Del Ponga	Pizarras
	Formigoso	Silúrico	Somiedo La Sobia	Pizarras

TABLA VI. *Cuadro resumen de las potenciales rocas madre del sistema petrolero.*

Roca Almacén

Sistema Petrolero				
Elemento	**Formación**	**Edad**	**Unidad Tectónica**	**Observaciones**
Roca almacén	Grupo Lena	Carbonífero	Cuenca Carbonífera Central	Carbonatos y detríticos
	Valdeteja	Carbonífero	La Sobia Cuenca Carbonífera Central	Caliza de Montaña. El modelo de deposición de las calizas de la Sierra del Cuera (Picos de Europa) es, de acuerdo con Chevron y la Universidad de Vrije (Ámsterdam- Holanda), similar al de la plataforma carbonatada carbonífera de origen bacteriano en el campo gigante de petróleo de Tengiz en Kazakstán.
	Barrios	Ordovícico	Todas	Cuarcita armoricana

TABLA VII. Cuadro resumen de las potenciales rocas almacén del sistema petrolero.

Hidrocarburos no convencionales

Shale Gas

Cualquiera de las rocas madres definidas en el capítulo anterior pueden ser objetivo, por si mismas. El principal problema que se plantea es definir su distribución y continuidad espacial de tal manera que dichas condiciones propicien una explotación comercial del gas que encierran.

Tight Gas

La serie carbonífera siliciclástica está en ventana de petróleo, pero presentando muy baja permeabilidad, como ocurre en Caldones-1. Una estimulación de las formaciones sería necesaria para poder producir el gas existente en ellas.

Coal Mine Methane (CMM)

Teniendo en cuenta los contenidos en gas del carbón se puede pensar en proyectos de CMM en aquellas minas todavía en explotación, que pudieran prepararse para ello una vez se decida su cierre definitiva. La utilización de minas abandonadas y por tanto inundadas no parece que puedan ser objetivo para este tipo de explotación del gas.

Coalbed Methane (CBM)

Para dar una idea de la importancia de lo que puede representar el CBM en Asturias en la Tabla VIII se indican los espesores de las capas de carbón y sus contenidos en gas en las principales áreas carboníferas.

Si se comparan las cuencas carboníferas asturianas con las que son productoras de CBM en el mundo, principalmente en Estados Unidos, la principal diferencia se basa en los importantes buzamientos, incluso subverticales, que presentan la mayoría de las capas de carbón en Asturias. Esta particularidad supone un reto tecnológico tanto para la perforación como para la necesaria estimulación posterior.

Recursos y reservas

Al no saber, por falta de datos sísmicos fundamentalmente, si existen trampas perforables para el caso de hidrocarburos convencionales, ni la distribución espacial de las «Shales Gas» o «Tights Formations», para el caso de hidrocarburos no convencionales, es totalmente imposible dar cifras, ni siquiera aproximadas, sobre los recursos y reservas referidas a los conceptos anteriores. Este no es el caso para el CBM don-

TABLA VIII. *Potencias de carbón y contenidos en gas de las principales cuencas carboníferas asturianas.*

Potencia capas de carbón y contenido en gas		
Área	**Potencia (m)**	**Contenido en gas (m^3/t)**
CCAA, Subzona Norte Lieres, Sama, El Entrego, San Mamés	60	5 a 7
CCAA, Subzona Centro Polio-Tres Amigos, Barredo-Turón, Urbiés	32	7 a 8
CCAA, La Justa-Aramil Río Miñera, La Justa, Barros-Tablado, Aramil	5 a 20	8 a 9
CCAA, Sur Aller, San Fernando	21	6 a 7
CCAA, Oeste Olloniego, Nicolasa, Riosa	20	6 a 7
Naranco, Santo Firme-Villabona, La Camocha	7 a 61	8 a 9
Quirós	10	5 a 6
Teverga-Ventana	5 a 13	5 a 6

TABLA IX. *Recursos de gas «in-place» en Asturias.*

Recursos de gas "in place"	
Área	**Recursos (MMm^3)**
CCAA, Subzona Norte Lieres, Sama, El Entrego, San Mamés	16.800
CCAA, Subzona Centro Polio-Tres Amigos, Barredo-Turón, Urbiés	4.100
CCAA, La Justa-Aramil Río Miñera, La Justa, Barros-Tablado, Aramil	1.500
CCAA, Sur Aller, San Fernando	2.200
CCAA, Oeste Olloniego, Nicolasa, Riosa	5.400
La Camocha, Villabona	10.000
Teverga - Quirós	9.000
Otras	1.000
Total	**50.000**

de los recursos de carbón de Asturias han sido evaluados y sus contenidos en gas medidos. La Tabla IX indica los recursos de gas «in place» para cada una de las áreas consideradas.

La cifra de 50.000 millones de metros cúbicos de gas «in place» es conservadora y procede de cubicaciones mineras, mientras que los sondeos profundos Asturias Central-1 y Modesta-1 cortaron mucho más carbón del previsto inicialmente.

Como es lógico el factor de recuperación varía de acuerdo con las características petrofísicas de los carbones. De una manera general y durante años se manejaba una cifra de un 50%. Sin embargo con los avances tecnológicos de los últimos años, fundamentalmente en las técnicas de estimulación, el factor llega a alcanzar un 80%.

Consideraciones económicas

Aunque el control de costes de perforación y desarrollo es una constante en las compañías petroleras, en el caso de los hidrocarburos no convencionales debe ser mucho más cuidadoso debido a la relativa baja productividad de los pozos productores.

El precio de venta del gas, sea convencional o no, será el precio de mercado y tendrá que competir con el gas importado de Argelia, Qatar, Nigeria, etc.

Para el caso del CMM/CBM es necesario hacer alguna matización. Las aplicaciones industriales del CBM/CMM pueden ser bien transportarlo por gasoducto a los puntos de consumo, bien produciendo energía eléctrica «in situ». Los principales factores que condicionan la toma de decisión se basan fundamentalmente en las reservas de gas, existencia de red de gasoductos y/o de distribución de energía eléctrica y precio de venta del kWh eléctrico o de gas.

El precio de venta del gas para producción de energía eléctrica puede variar si se considera como energía renovable o no, con las ventajas que supone el primer caso.

En general, la generación de energía eléctrica es la mejor opción de utilización del CMM debido a la calidad del gas (60 a 80% de metano) y a que es posible modular las instalaciones de generación de acuerdo con los caudales de gas (1 MW = 6.000 m^3/d de gas).

Los incentivos fiscales han tenido un efecto muy positivo para el desarrollo de la exploración y producción de gas no convencional y en particular el CBM/CMM. A finales de los 80 la actividad en EE.UU en este campo tuvo un incremento notable debido a dichas medidas. En Alemania en el año 2000 el Gobierno aprobó un «Act on Granting Priority to Renewable Energy Sources», por el que el CBM/CMM estaba incluido como recurso renovable. En el Reino Unido goza de alguna ventaja fiscal («UK Climate Change Levy»), aunque está catalogada como energía fósil. La directiva de la Unión Europea permite a cada país tomar la decisión sobre que tipo de energía puede clasificarse como renovable.

TABLA X. Características de los Permisos de Investigación de Hidrocarburos vigentes en 1991.

Permisos vigentes en 1991				
Nº en Fig 3	**Permiso**	**Titular**	**Otorgamiento**	**Renuncia**
1	Asturias T-1 + 3	Repsol	1985	1991
2	Asturias Central	Union Texas	1991	1997
3	Río Pigüeña + 16 más	Anschutz	1991	1997

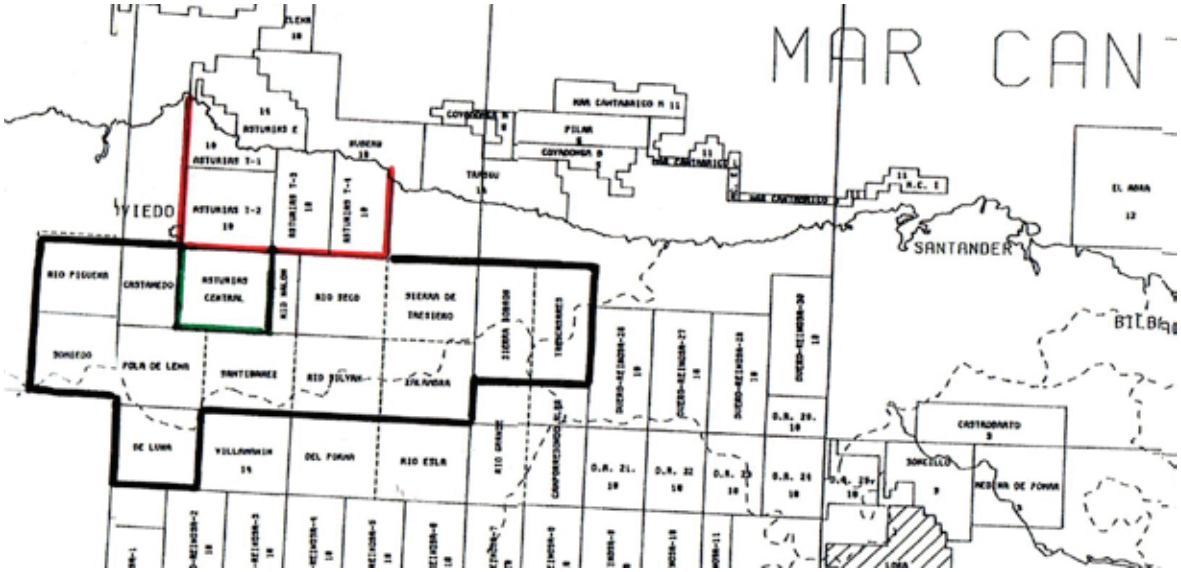


FIGURA 8. *Permisos de Investigación de Hidrocarburos vigentes en 1991 (Fuente: ATH, MITYC).*

Evolución del dominio minero

En España la investigación y producción de hidrocarburos se rige en conformidad con lo dispuesto en la Ley 34/1998 de Hidrocarburos, de siete de octubre —modificada por la Ley 12/2007 de 2 de Julio (publicada en BOE de 5 de julio de 2007) — y en concreto con el artículo 9 – Régimen jurídico de las actividades del Título II: Exploración, Investigación y Explotación de Hidrocarburos de la mencionada Ley, y en el Real Decreto 2362/1976, de 30 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley sobre Investigación y Explotación de Hidrocarburos de 27 de Junio de 1974.

Después de la promulgación en 1958 de la Ley sobre el Régimen Jurídico de la Investigación y Explotación de Hidrocarburos el primer permiso solicitado en Asturias fue «Gijón» solicitado por CIEPSA en los años sesenta, donde en 1967 se perforó el sondeo Caldones-1.

Después de una serie de años sin actividad de exploración, en 1991 estaban vigentes una serie de permisos como muestra la Figura 8 y sus características la Tabla X.

La compañía Repsol no perforó en sus permisos y Anschutz ni siquiera realizó campaña sísmica alguna. Entre 2001 y 2003 se solicitan una serie de permisos, que son otorgados en 2002 y 2004, como muestra la Figura 9 y sus características en la Tabla XI.

El 27 de febrero de 2010 se publicó en el diario La Nueva España que «*La Compañía Hidrocarburos del Cantábrico prevé iniciar este año las obras de su proyecto de extracción de metano del pozo Mosquitera, en el límite entre Siero y Langreo para generar electricidad*». Se trataba de un proyecto de CMM, que por una serie de circunstancias no se llevó a efecto.

FIGURA 9. *Permisos de Investigación de Hidrocarburos vigentes en 2004 (Fuente: ATH, MITYC).*

Permisos vigentes en 2004			
Permiso	**Titular**	**Otorgamiento**	**Renuncia**
Mieres	Heritage Petroleum	2002	-
Gijón	Heritage Petroleum	2002	2009
Campomanes	Hidrocarburos del Cantábrico	2004	2010
Monsacro	Hidrocarburos del Cantábrico	2004	2007
Lieres	Hidrocarburos del Cantábrico	2004	-
Laviana	Hidrocarburos del Cantábrico	2004	2010

TABLA XI. *Características de los Permisos de Investigación de Hidrocarburos vigentes en 2004.*

En febrero de 2012 los permisos en vigor se muestran en la Figura 10 y sus características se muestran en la Tabla XII.

En la actualidad en Asturias se mantienen solamente tres proyectos de investigación: los denominados «Cuélebre 1» y «Cuélebre 2» que tramita directamente el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio al incluir también a la plataforma marina, además de los concejos de Colunga, Caravia y Ribadesella.

Y el más reciente, que ha iniciado su expediente comenzando con la exposición a información pública en el BOPA nº 245, de 21-X-2016, denominado «Llábana-1», presentado por HUNOSA (70%) y Volta Energy Resources, SL (30%).

CONCLUSIONES

La industria para la extracción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales, es una industria madura, que utiliza tecnologías probadas extensiva e intensivamente. En EE.UU, la perforación dirigida y la fracturación hidráulica han sido las tecnologías que constituyen el núcleo de las técnicas que están en el origen de la revolución del gas natural no convencional. La explotación de gas no convencional en EE.UU, ha pasado de cantidades muy pequeñas a principios de los años 80, al 46% de la producción total de gas en 2011.

A este espectacular desarrollo han contribuido tres factores:

- Una inversión importante de organismos públicos de investigación (figura 11) como el DOE («U.S. Department of Energy»), el GTI («Gas Technology Institute»), el USGS (United States Geological Survey), y Universidades.
- Una eficaz difusión de la información.
- Una acertada política de «tax credit» en los primeros años.

La comercialidad de la extracción del gas no convencional y los recursos existentes, han modificado notablemente la estructura de precios del gas en EE.UU, abaratando la energía e incrementando el grado de autoabastecimiento, hasta el punto de estar en proyecto la construcción de una planta de licuación de GNL para su exportación a otros mercados.

En EE.UU, los beneficios derivados de la creación de empleo, abaratamiento de la energía e incremento del grado de autoabastecimiento, superan ampliamente a los riesgos derivados de la explotación racional y controlada del recurso, constituyendo una actividad en clara expansión.

A pesar de que Asturias presenta indicios de hidrocarburos muy atractivos, la exploración de hidrocarburos en el Principado ha sido escasa y muy intermitente: Seis campañas sísmicas de kilometraje muy limitado y cuatro sondeos, uno de ellos, Caldones-1, con objetivos convencionales y otros dos, Modesta-1 y Asturias Central-1, con objetivo «Coalbed Methane» (CBM), con resultados no concluyentes.

La geología del Principado y los resultados exploratorios hasta la fecha confirman el potencial del área tanto desde el punto de vista hidrocarburos convencionales como no convencionales, es decir, CBM, Shales Gas (Gas en arcillas) y Tight Gas (Gas en areniscas con baja permeabilidad).

Por tanto, el potencial exploratorio del Principado puede considerarse como no explorado.

El volumen de recursos de metano en las capas de carbón en Asturias es modesto a escala mundial, pero es el mayor de España. Dada la especial estructura de los yacimientos de carbón, con capas con fuertes buzamientos, sería conveniente hacer un esfuerzo especial de investigación en la exploración y explotación con perforación direccional y estimulación con fracturación hidráulica. Las experiencias serían extrapolables al resto de España.

En España, existen recursos de gas no convencional que deberían ser explorados, y en caso de éxito se podría aplicar todo el «know-how» ya desarrollado. Aunque las cuencas sedimentarias españolas con recursos de gas no convencional, no tienen ni la extensión ni las posibilidades de las cuencas americanas, hay numerosos «plays» con posibilidades de tener reservas, que han atraído el interés de numerosas compañías, y

Permisos vigentes en 2004			
Permiso	**Titular**	**Otorgamiento**	**Renuncia**
Mieres	Heritage Petroleum	2002	-
Gijón	Heritage Petroleum	2002	2009
Campomanes	Hidrocarburos del Cantábrico	2004	2010
Monsacro	Hidrocarburos del Cantábrico	2004	2007
Lieres	Hidrocarburos del Cantábrico	2004	-
Laviana	Hidrocarburos del Cantábrico	2004	2010

TABLA XII. *Características de los Permisos de Investigación de Hidrocarburos vigentes en 2012 actualemnete está abandonados o cerrados.*

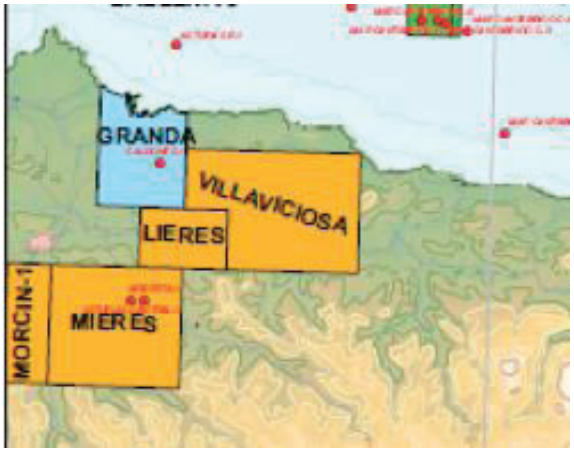


FIGURA 10. *Permisos vigentes en febrero 2012 y actualmente abandonados (Fuente: ATH del MITYC).*

han hecho que la superficie ocupada por permisos de investigación en tierra sea la mayor de la historia reciente, asegurando una elevada actividad exploratoria en los próximos años.

Uno de los factores que se está mostrando más problemático, es la posibilidad de que el agua de retorno de la fracturación hidráulica contamine los acuíferos superficiales que abastecen de agua potable a la población. Este tema se debe tratar con transparencia y claridad para no lastrar el desarrollo futuro.

La Administración debe reaccionar haciendo foros públicos, paneles y seminarios, con científicos, técnicos, funcionarios y personas y asociaciones interesadas para definir y difundir las «mejores prácticas» de la industria y la mejor comprensión del proceso de la fracturación hidráulica y de la exploración y producción de gas en general.

Al igual que en EE.UU, dos de las claves del éxito para el desarrollo de la industria en España, deben ser: incentivar la exploración mediante ventajas fiscales y establecer una alianza con la gente de la zona para que sea una actividad de la que todos obtengan beneficio. ■

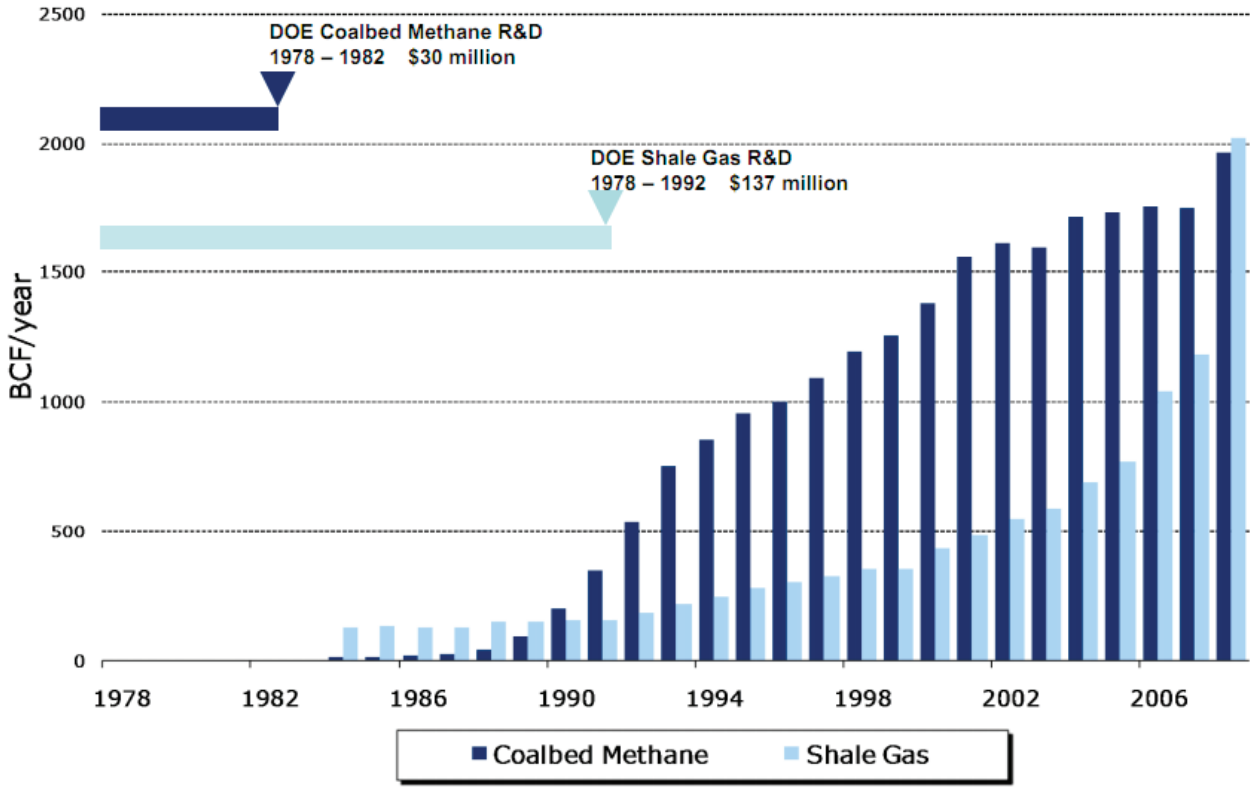


Figura 11.Relación cronológica entre la inversión previa en I+D de organismos públicos de EE.UU (DOE) y la evolución de la producción mediante la importante implicación de la industria
Fuente: Adaptado de U.S Department of Energy (DOE), NETL. (2011).

REFERENCIAS

Aramburu, C.; Bastida, F. (1995). Geología de Asturias. Edit. Ediciones TREA, S.L. 308 p.

Arthur, J.D., Langhus, B., Alleman, D. (2008). An overview of modern shale gas development in the United States. ALL Consulting.

Bastida, F (Coord.). (2004). Zona Cantábrica. En: Vera, JA (Coord.; Ed.). Geología de España. Madrid. SGE-IGME; 2004. p. 25-49.

Blum Texas. (n.d.). «Barnett Shale Maps». Disponible en: http://blumtexas.blogspot.com

BNK Petroleum. (2011). BNK Petroleum Corporate Presentation. Disponible en: http://ddata.over-blog.com/xxxyyy/4/72/27/39/Breves-du-10-septembre-2011/LECERCLEDEGINDOU/Current_Presentation-BNK-petroleum.pdf

Cienfuegos Suárez, P. y Loredo Pérez, J. (2008): Investigación minera de metano contenido en capas de carbón en Asturias. Sondeo de investigación «Asturias. CBM#1». Libro homenaje al Profesor Fernando Pendás Fernández. IGME.

Díaz de Berricano, I. (2010): Notas sobre investigación de gas en capas de carbón en España. Industria Minera.

Chesapeake Energy. (n.d.). The Facts and Process of Saltwater Disposal in the Barnett Shale. Disponible en: http://www.askchesapeake.com/Barnett-Shale/Multimedia/Publications/Brochure_SaltwaterDisposal.pdf

Cienfuegos, P., Pendas, F. (2010). Informe Recursos No Convencionales. Inédito. Departamento de Explotación y Prospección de Minas. Universidad de Oviedo.

Curtis, J.B. (2002). Fractured shale-gas systems. AAPG Bulletin, v. 86, no. 11. Noviembre de 2002, pp. 1921–1938.

EIA, U. (2016). Energy Information Administration (2014b),«Annual Energy Outlook 2014 with Projections to 2040», p. MT-23.

Gessal. (2003). El Sistema petrolífero de la Cuenca Vasco Cantábrica (Sector Suroccidental). Inédito. Guía de campo preparada por el ISE para utilización en Curso «Ramón Querol» de Exploración y Producción de hidrocarburos impartido por REPSOL en la Escuela de Minas de Oviedo. Universidad de Oviedo.

Guinea, E y Cienfuegos, P. (2009): El metano del carbón asturiano: una fuente energética. Colegio de Ingenieros de Minas del Noroeste de España. Oviedo.

Gutiérrez Claverol, M; Luque Cabal, C. y Sáenz de Santamaría, J.A. (2005): Manifestaciones hidrocarburos gaseosos en Asturias. Trabajos de Geología. Universidad de Oviedo: 25 (51-67).

Hall, K. (2011). «British Parliament issues report on hydraulic fracturing». Oil & gas Law Brief. Disponible en: http://www.oilgaslawbrief.com/hydraulic-fracturing/british-parliament-issues-report-on-hydraulic-fracturing/

Hill, D.G., Lombardi, T.E., Martin, J.P. (2010). «Fractured shale gas potential in New York». TICORA Geosciences, Inc., Arvada, Colorado, USA. New York State Energy Research and Development Authority, Albany, New York, US.

Kenter, J.A.M., Verwer, K., Bahamonde, J.R. (2007). «Pricaspian Basin Carbonate Analogs in the Pennsylvanian of Northern Spain (Cantabrian Mountains)». Field trip sponsored by Tengiz ChevronOil Future growth Concepts team. Vrije Universiteir. Amsterdam.

Magoon, L. Dow, W.G. (1994). «The Petroleum System. From Source to Trap». AAPG, Memory 60.

Martin, J.P., D.G., Lombardi, T.E., Nyaha, R. (n.d.). A primer on New York's gas shale. New York state energy research and Development Authority. Albany, New York; EnCana Oil & Gas (USA) Inc. Denver, Colorado; BONCARBO Resources, LLC. Arvada, Colorado; GASTEM USA Montreal, Quebec.

Massachusetts Institute of Technology (MIT). (2011). «The Future of Natural Gas». Disponible en: http://web.mit.edu/mitei/research/studies/natural-gas-2011.shtml

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC). (2011). El Petróleo. Exploración y producción de hidrocarburos en España. Mapa de posición de sondeos, permisos y concesiones de hidrocarburos. Mapa del año 2011. Disponible en:

http://www6.mityc.es/aplicaciones/energia/hidrocarburos/petroleo/exploracion2011/mapas/inicio.html

Money Energy. (2010). What You Need To Know About Shale Gas Investing and the Pros and Cons of Fracking. Shale gas basins in the United States. Disponible en: http://www.getmoneyenergy.com/2010/01/investing-in-shale-gas-pros-cons-fracking/

Navigant Consulting Inc. (2008). «North American Natural Gas Supply Assessment». Disponible en:

http://www.afdc.energy.gov/afdc/pdfs/ng_supply_assessment_2.pdf

Newell, R (2010). «Annual Energy Outlook 2011. Reference Case». U.S Energy Information Administration (EIA). The Paul H. Nitze School of Advanced International Studies December 16, 2010 Washington, DC. Disponible en: http://www.sais-jhu.edu/academics/functional-studies/ere/pdf/GLF/Fall10/AEO_2011_Early_Release_12-16-2010_Public_Release.pdf

Pendás Fernández, F y Cienfuegos Suárez, P (2011): Gas No Convencional en España: Consideraciones generales. El ejemplo EE.UU. Posibilidades en España. Jornada sobre gas no convencional: Shale gas. Bilbao, 5 de Octubre 2011.

Pflug, G. (2009). North American Shale Gas Overview. Northeast Energy & Commerce Association – NECA. TransCanada.

Pickering energy partners (2005). «The Barnett Shale. Visitors Guide to the Hottest Gas Play in the US». Disponible en: http://www.tudorpickering.com/Websites/tudorpickering/Images/Reports%20Archives/TheBarnettShaleReport.pdf

Pollastro, R.M., Hill, R.J., Jarvie, D.M., Henry, M.E. (2003). «Assessing Undiscovered Resources of the Barnett-Paleozoic Total Petroleum. System, Bend Arch–Fort Worth Basin Province, Texas».

Pollastro, R.M., Jarvie, D.M., Hill, R.J, and Adams C.W. (2007). Geologic framework of the Mississippian Barnett Shale, Barnett-Paleozoic total petroleum system, Bend arch–Fort Worth Basin, Texas. AAPG Bulletin, v. 91, no. 4 (April 2007), pp. 405–436.

Quesada, S. (2010). El sistema petrolífero Jurásico en el norte de España: Una evolución desde la exploración convencional a la no convencional. Conferencias invitadas: Congreso del Jurásico.

U.S Department of Energy (DOE), NETL. (2011). Shale gas: Applying Technology to Solve America's Energy Challenges.

Zapatero, M.A., Martínez Orio, R. y Suárez Díaz, I. (2004). Inventario de metano en capa de carbón, CBM-CMM en España. Posibilidades de almacenamiento geológico de CO2. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

Tormentas eléctricas

La fuerza de impacto del rayo

Aníbal Seminario García. Graduado en Ing. De Recursos Mineros y Energéticos. Máster en Ciencia de los Materiales

Cuando se forma una nube de tormenta con concentración en su interior de cargas eléctricas negativas y positivas, se puede originar un rayo. En este artículo, después de definir qué se entiende por Distancia de Cebado, para después, se describe las fórmulas que hay que aplicar para saber la fuerza del impacto del rayo.

Antes de nada conviene describir brevemente el funcionamiento del rayo atmosférico. Una vez formada la nube de tormenta tenemos en su interior zonas de concentración de cargas eléctricas: unas son negativas y otras positivas. Normalmente el rayo se inicia en dichas regiones, surgiendo un rayo guía, denominado **RAYO LÍDER DESCENDENTE (RLD)**, que avanza a través de la atmósfera transportando carga eléctrica, que generalmente es negativa.

Cuando el RLD está cerca del suelo se inicia en tierra un rayo, llamado **RAYO LÍDER ASCENDENTE (RLA)**, que va en busca del rayo bajante. Una vez unidos se descargan miles de amperios por el canal formado.

El RLD siempre busca en el aire el camino de menor resistencia, por ello su trayectoria siempre es irregular y en forma de zig-zag.

Podemos decir que el rayo bajante cuando está cerca del suelo excita las cargas eléctricas que, por inducción son de sentido contrario, se originan en puntos determinados de la tierra, provocando el RLA. En ese instante es cuando definimos la **DISTANCIA DE CEBADO (D_c)**.

DISTANCIA DE CEBADO (D_C)

La Distancia de Cebado es la longitud entre el extremo de Rayo Líder Descendente (RLD) y el suelo o estructura terrestre en el instante en que se inicia el Rayo Líder Ascendente (RLA). También se puede definir como «el gradiente de potencial entre el extremo del rayo bajante y tierra en el momento que se produce la ruptura dieléctrica del ambiente surgiendo el RLA».

El campo eléctrico formado por el rayo, en la base de la estructura, viene dado por la ecuación (1):

$$E_A = \frac{\varphi_l}{2\cdot\pi\cdot\varepsilon_0}\cdot\left[\frac{z+h_E-h_l}{z^2}+\frac{z+h_E-h_a}{h_E^2}-\frac{1}{h_l}-\frac{1}{h_a}\right]$$

(La demostración de esta expresión será motivo de otro artículo).

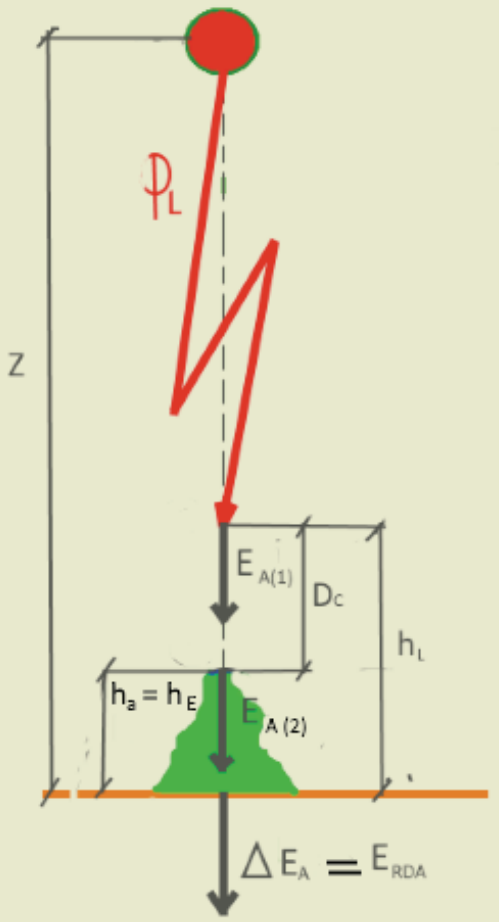
φ_l = Densidad lineal de carga (C/m)
Z = Altura desde el foco de carga en la nube hasta el suelo (en metros)
h_E = Altura (m) de la estructura, que puede ser natural (árbol, montaña, etc.) o artificial (edificios, torres eléctricas, etc.)
h_l = Altura (m) del extremo del rayo bajante hasta el suelo. Es la posición a partir del cual el rayo ascendente se inicia.
h_a = Altura (m) del extremo del RLA al suelo.

En el instante que el RLD esté en la posición crítica de h_l tenemos (2):

$h_l = D_c + h_E$; donde D_c = **DISTANCIA DE CEBADO**

El rayo ascendente (RLA) aún no ha salido, por tanto: $h_a = h_E$

Figura 1



Instantes antes que se inicie el rayo ascendente, la Distancia de Cebado equivale:

$D_C = h_L - h_E$

Sustituyendo estos últimos valores en (1) obtenemos (3):

$$E_{A_1} = \frac{\varphi_l}{2\cdot\pi\cdot\varepsilon_0}\cdot\left[\frac{z-D_c}{z^2}+\frac{z-h_E}{h_E^2}-\frac{1}{D_c+h_E}\right]$$

Esta ecuación representa el campo eléctrico en función de la Distancia de Cebado, en el momento antes de iniciarse el RLA.

Podemos considerar dos posibles valores de Distancia de Cebado y son:

a. Una hipotética Distancia de Cebado nula: en este caso el rayo descendente impacta directamente en la estructura, sin producirse el RLA. La ecuación anterior queda para: $D_c = 0$

(4) $$E_{A_2} = \frac{\varphi_l}{2\cdot\pi\cdot\varepsilon_0}\cdot\left[\frac{1}{z} + \frac{z-2\cdot h_E}{h_E^2}\right]$$

b. Una Distancia de Cebado comprendida entre cero y la diferencia entre la altura Z y la estructura h_E; es decir:

$$0 < D_c \leq (z - h_E)$$

por tanto la ecuación sigue siendo la misma que en (3).
Si hallamos la diferencia de los campos eléctricos tenemos:

(5) $$\Delta E_A = E_{A_1} - E_{A_2}$$

Sustituyendo los respectivos valores de campo eléctrico y haciendo operaciones se llega al siguiente resultado:

(6) $$\Delta E_A = \frac{\varphi_l}{2\cdot\pi\cdot\varepsilon_0}\cdot\left[\frac{D_c}{h_E\cdot(D_c+h_E)} - \frac{D_c}{z^2}\right]$$

Si el diferencial del campo eléctrico ΔE_A lo igualamos a la rigidez dieléctrica del ambiente (E_{RDA}) y sacamos factor común a D_C nos queda:

(7) $$E_{RDA} = \frac{\varphi_l}{2\cdot\pi\cdot\varepsilon_0}\cdot D_c\cdot\left[\frac{1}{h_E\cdot(D_c+h_E)} - \frac{1}{z^2}\right]$$

Generalmente el valor de Z suele ser superior a los mil metros, se puede despreciar el término $1/z^2 \cong 0$, la expresión anterior queda:

(8) $$E_{RDA} = \frac{\varphi_l}{2\cdot\pi\cdot\varepsilon_0}\cdot\frac{D_c}{h_E\cdot(D_c+h_E)}$$

Despejando la Distancia de Cebado obtenemos:

(9) $$\boldsymbol{D_c = \frac{h_E^2\cdot E_{RDA}}{\frac{\varphi_l}{2\cdot\pi\cdot\varepsilon_0} - h_E\cdot E_{RDA}}}$$

La **Distancia de Cebado** depende de la rigidez dieléctrica del ambiente, de la carga por unidad de longitud del rayo bajante y de la altura de la estructura.

La ecuación (9) resulta compleja debido a sus tres variables φ_l, h_E y E_{RDA}. Si calculamos las variaciones que sufre la Distancia de Cebado respecto de estas y las relacionamos unas respecto de otras, se llega a obtener tres ecuaciones diferenciales muy interesantes.

PRIMERA ECUACIÓN DIFERENCIAL

Procede de:

$$\frac{dD_c/dh_E}{dD_c/d\varphi_l} = \frac{d\varphi_l}{dh_E} = f_1(\varphi_l, h_E, E_{RDA}) \quad (10)$$

Una vez realizada las derivadas y simplificaciones correspondientes se llega a la siguiente ecuación diferencial (11):

$$\frac{d\varphi_l}{dh_E} = A - 2 \cdot \frac{\varphi_l}{h_E}; \text{ donde: } A = 2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot E_{RDA} (\text{C/m}^2).$$

Suponemos el campo E_{RDA} constante

La solución de (11) es: Si llamamos

$$t = \frac{\varphi_l}{h_E} \rightarrow \varphi_l = t \cdot h_E \rightarrow d\varphi_l = t \cdot dh_E + h_E \cdot dt$$

la ecuación anterior nos queda

$$(2 \cdot t - A) \cdot dh_E + t \cdot dh_E + h_E \cdot dt = 0$$

$\frac{dt}{A-3 \cdot t} = \frac{dh_E}{h_E}$; cambiando la variable

$$A - 3 \cdot t = x \rightarrow t = \frac{A-x}{3} \qquad \rightarrow dt = -\frac{dx}{3}$$

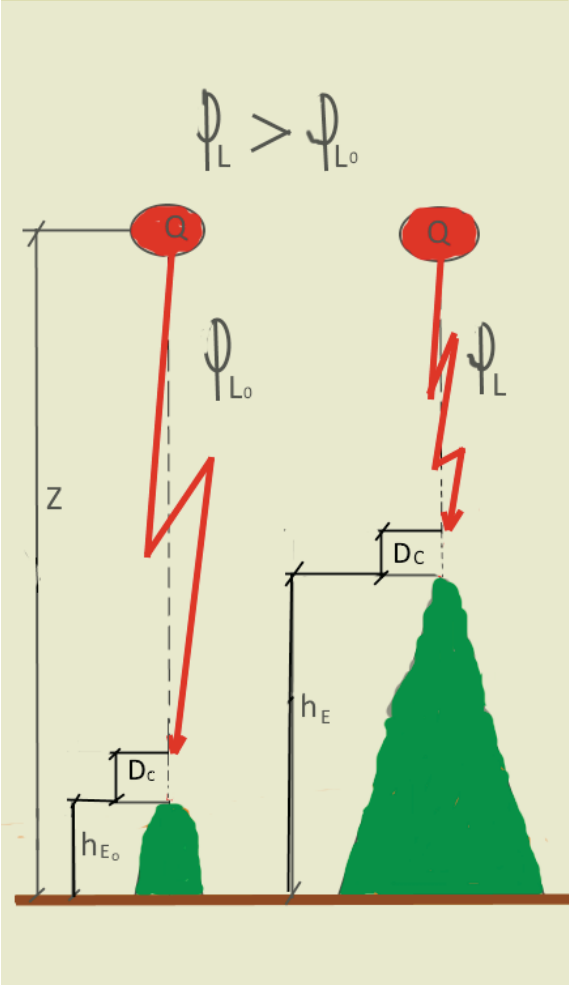
obtenemos las siguientes integrales

$$-\int_{x_0}^{x} \frac{dx}{3 \cdot x} = \int_{h_{E_0}}^{h_E} \frac{dh_E}{h_E}$$

Integrando y sustituyendo $\boldsymbol{x}$ por su valor y a la vez $\boldsymbol{t}$ por $\boldsymbol{\varphi_l / h_E}$ obtenemos:

$$-\frac{1}{3} \cdot \ln \frac{A - 3 \cdot \frac{\varphi_l}{h_E}}{A - 3 \cdot \frac{\varphi_{l_0}}{h_{E_0}}} = \ln \frac{h_E}{h_{E_0}} + C$$

Figura 2



Para determinar la constante de integración debemos de suponer la condición inicial de: $h_E = h_{E_0}$ lo que implica que la densidad de carga por unidad de longitud también es: $\varphi_l = \varphi_{l_0}$. En este caso los neperianos se hacen nulos dando como resultado C = 0.

La ecuación anterior queda:

$$\ln \left[\frac{h_{E_0} \cdot (A \cdot h_E - 3 \cdot \varphi_l)}{h_E \cdot (A \cdot h_{E_0} - 3 \cdot \varphi_{l_0})} \right]^{-1} = \ln \left(\frac{h_E}{h_{E_0}} \right)^3$$

Eliminando logaritmos, sustituyendo **A** por su valor y finalmente despejando la densidad de carga resulta (12):

$$\varphi_l = \frac{1}{3} \cdot \left[2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot E_{RDA} \cdot h_E + \left(\frac{h_{E_0}}{h_E} \right)^2 \cdot (3 \cdot \varphi_{l_0} - 2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot E_{RDA} \cdot h_E) \right]$$

La expresión (12) podemos transformarla de la siguiente forma:

Llamamos **g** a la relación entre alturas: $\boldsymbol{g = \frac{h_{E_0}}{h_E}}$; ; donde: $\mathbf{0 \leq g \leq 1}$

La ecuación (12) queda:

$$\varphi_L = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0}{3} \cdot (1 - g^3) \cdot E_{RDA} \cdot h_E + \varphi_{L_0} \cdot g^2$$

El campo eléctrico es constante y podemos considerar como el campo inicial, es decir: $E_{RDA} = E_0$. La ecuación anterior queda finalmente (13):

$$\boldsymbol{\varphi_L = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0}{3} \cdot (1 - g^3) \cdot E_0 \cdot h_E + \varphi_{L_0} \cdot g^2}$$

SEGUNDA ECUACIÓN DIFERENCIAL

Esta ecuación procede de:

(14) $$\frac{dD_c/dh_E}{dD_c/dE_{RDA}} = \frac{dE_{RDA}}{dh_E} = f_2(E_{RDA}, h_E, \varphi_L)$$

Una vez realizadas las derivadas y simplificaciones correspondientes se llega a la siguiente ecuación diferencial:

(15) $$\boldsymbol{\frac{{E_{RDA}}^2}{a} \cdot dh_E - 2 \cdot \frac{E_{RDA}}{h_E} \cdot dh_E + dE_{RDA} = 0}$$

donde: $a = \frac{\varphi_L}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0}$; la densidad φ_L la consideramos constante.

Si hacemos:

$$t = \frac{1}{h_E \cdot E_{RDA}} \rightarrow E_{RDA} = \frac{1}{t \cdot h_E}$$

diferenciando esta última expresión, tenemos:

$$dE_{RDA} = {-dt}/{h_E \cdot t^2} + {-dh_E}/{t \cdot h_E^2}$$

Sustituyendo en la ecuación (15) y haciendo operaciones se llega:

$$\frac{dh_E}{h_E} = \frac{a \cdot dt}{1 - 3 \cdot a \cdot t} \rightarrow \int_{h_{E_0}}^{h_E} \frac{dh_E}{h_E} = a \cdot \int_{t_0}^{t} \frac{dt}{1 - 3 \cdot a \cdot t}$$

Resolviendo estas integrales y sustituyendo **t** por su valor tenemos:

$$3 \cdot \ln \frac{h_E}{h_{E_0}} = -\ln \frac{1 - \frac{3 \cdot a}{h_E \cdot E_{RDA}}}{1 - \frac{3 \cdot a}{h_{E_0} \cdot E_0}} + C$$

Para hallar la constante de integración C consideramos que los campos eléctricos son iguales $E_0 = E_{RDA}$ para alturas de estructuras iguales $h_{E_0} = h_E$, entonces los logaritmos neperianos se hacen nulos y como consecuencia C = 0. La ecuación queda:

$$\left(\frac{h_E}{h_{E_0}}\right)^3 = \frac{1 - \frac{3 \cdot a}{h_{E_0} \cdot E_0}}{1 - \frac{3 \cdot a}{h_E \cdot E_{RDA}}}$$

Despejando el campo E_{RDA} y sustituyendo el parámetro **a** por su valor tenemos:

(16) $$E_{RDA} = \frac{3 \cdot \frac{\varphi_L}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot h_E^2}{h_E^3 + h_{E_0}^2 \cdot \left(\frac{3 \cdot \varphi_L}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} - h_{E_0}\right)}$$

Si sustituimos: $h_{E_0} = g \cdot h_E$, sacamos factor común a h_E^2 en el denominador y suponemos que la densidad de carga lineal es constante e igual al inicial $\varphi_L = \varphi_{L_0}$, la expresión anterior queda finalmente:

(17) $$\boldsymbol{E_{RDA} = \frac{\varphi_{L_0} \cdot E_0}{\frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0}{3} \cdot h_E \cdot E_0 \cdot (1 - g^3) + g^2 \cdot \varphi_{L_0}}}$$

TERCERA ECUACIÓN DIFERENCIAL

Esta procede de:

$$\frac{dD_c/dE_{RDA}}{dD_c/d\varphi_L} = f_3(\varphi_L, E_{RDA})$$

El resultado es (18):

$$\frac{d\varphi_L}{dE_{RDA}} = -\frac{\varphi_L}{E_{RDA}} \rightarrow \int_{\varphi_{L_0}}^{\varphi_L} \frac{d\varphi_L}{\varphi_L} = \int_{E_0}^{E_{RDA}} \frac{dE_{RDA}}{E_{RDA}}$$

$$\ln \frac{\varphi_L}{\varphi_{L_0}} = -\ln \frac{E_{RDA}}{E_0} + C$$

Para $E_0 = E_{RDA}$ implica que $\varphi_L = \varphi_{L_0}$, por tanto la constante de integración es cero.

Finalmente tenemos el siguiente resultado:

(19) $$\boldsymbol{\varphi_L \cdot E_{RDA} = \varphi_{L_0} \cdot E_0}$$

Esta ecuación es interesante pues el producto de la densidad de carga lineal por el campo eléctrico nos da la densidad de fuerza por unidad de longitud, siendo una cantidad constante. La ecuación anterior queda definitivamente (20):

$$\boldsymbol{F_L = \varphi_L \cdot E_{RDA} = \varphi_{L_0} \cdot E_0 = constante}$$

donde F_L viene expresado en N/m, la densidad de carga en culombios/m y el campo en V/m.

Si tenemos una densidad de fuerza de 400 N/m y observamos que el rayo tiene unos 1000 m de longitud, el impacto en el lugar de encuentro es de 400 KN.

Por otra parte si multiplicamos (13) por (17) obtenemos el resultado inicial de $\varphi_{L_0} \cdot E_0$

Las ecuaciones (13) y (17) están representadas en el gráfico (1), en este se observa cómo los valores máximos de densidad de carga se recogen en una curva. Lo mismo ocurre con el campo eléctrico, pero la diferencia es que son valores mínimos.

Según el gráfico 1, para cualquier valor de **g**, el producto de la carga lineal por el campo eléctrico existente se mantiene constante.

Las ecuaciones correspondientes de carga lineal máxima y de campo eléctrico mínimo son:

(21) $$\varphi_{L_{(max)}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\varphi_{L_0}^3 + 2 \cdot (\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot E_0)^3 \cdot h_E^3}{(\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot E_0)^2 \cdot h_E^2}$$

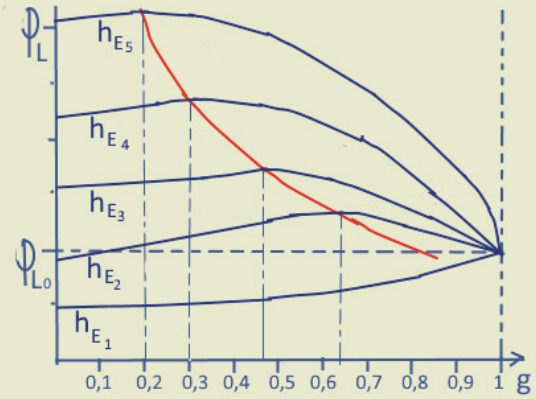
(22) $$E_{RDA_{(min)}} = 3 \cdot \varphi_{L_0} \cdot E_0 \cdot \frac{(\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot E_0)^2 \cdot h_E^2}{\varphi_{L_0}^3 + 2 \cdot (\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot E_0)^3 \cdot h_E^3}$$

Estas ecuaciones quedan representadas en el gráfico (2)

En ambas curvas tenemos, para una altura $h_E = \varphi_{L_0} / \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot E_0$, un mínimo para la densidad de carga lineal y máximo para el campo eléctrico.

Gráfico 1

Los valores máximos de densidad de carga se recogen en una curva envolvente



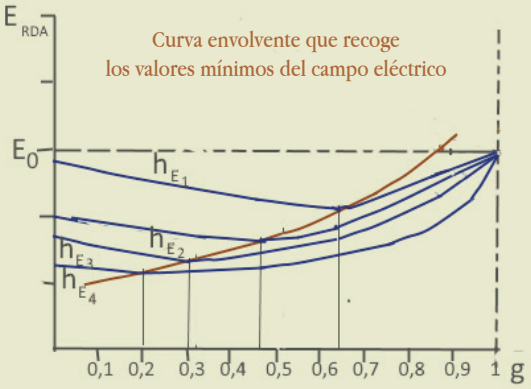
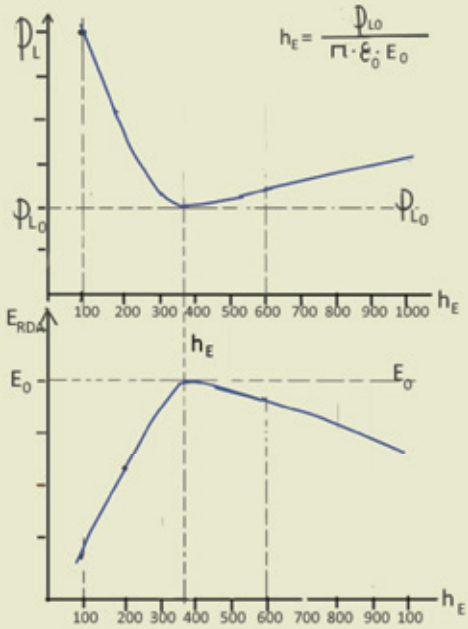


Gráfico 2

Curva envolvente que recoge todos los valores máximos de densidad de carga. Tiene un mínimo para una determinada altura de estructura:



Curva que recoge todos los valores mínimos de campo eléctrico. Tiene un máximo en la misma altura de estructura.

FUERZA EJERCIDA POR EL RAYO

La fuerza por unidad de longitud calculada en (20) también se puede determinar de la siguiente manera:

Fuerza ejercida por el rayo en el punto de impacto:

$$\overline{F} = F_x \cdot \overline{i} + F_y \cdot \overline{j} + F_z \cdot \overline{k}$$

Distancia:

$$\overline{r} = r_x \cdot \overline{i} + r_y \cdot \overline{j} + r_z \cdot \overline{k}$$

Para simplificar el problema consideramos la trayectoria del rayo vertical, por tanto las componentes de **x** e **y** no existen: $F_x = F_y = 0$ y $r_x = r_y = 0$

Se define la densidad de fuerza lineal como el cociente de:

(23) $$F_L = \frac{\overline{F}}{\overline{r}} = \frac{F_z \cdot \overline{k}}{r_z \cdot \overline{k}} = \frac{F_z}{r_z}$$

donde F_z es el módulo de fuerza en Newton según componente vertical y r_z representa la diferencia entre la distancia al foco de la carga (z) y la suma de la mitad de la Distancia de Cebado con la estructura h_E en metros, es decir:

$$r_z = z - h_E - D_c/2$$

El motivo de $D_c/2$ es debido al punto de encuentro entre los dos rayos que está situado en el punto medio de la Distancia de Cebado.

Si igualamos esta última expresión (23) con (20) y despejamos la fuerza F_z obtenemos:

(24) $$\boldsymbol{F_z = \varphi_L \cdot E_{RDA} \cdot (z - h_E - D_c/2)}$$

$\boldsymbol{F_z}$	=	Fuerza en Newton que ejerce el rayo en el punto de impacto
$\boldsymbol{\varphi_L}$	=	Densidad de carga lineal en C/m
$\boldsymbol{E_{RDA}}$	=	Campo eléctrico en V/m
Z	=	Distancia en metros entre el foco de carga situada en la nube y tierra.
$\boldsymbol{h_E}$	=	Altura en metros de la estructura.
$\boldsymbol{D_c}$	=	Distancia de cebado en metros

La ecuación anterior también puede ser:

(25) $$F_z = \varphi_{L_0} \cdot E_0 \cdot (z - h_E - D_c/2)$$

Un caso particular de F_z consiste en sustituir la altura de estructura por el hallado del valor mínimo de $\varphi_{L_{max}}$ y el máximo de $E_{RDA_{min}}$ tenemos: para $h_E = \varphi_{L_0}/\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot E_0$

(26) $$F_{z_0} = \frac{\varphi_{L_0}}{\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \left[\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot E_0 \cdot (z - D_c/2) - \varphi_{L_0}\right]$$

CONCLUSIONES

Partimos de la Distancia de Cebado (9) que está en función del campo eléctrico, densidad de carga lineal y de la altura de estructura existente en el ambiente.

Según esta hipótesis, la $\boldsymbol{D_c}$ cambia dependiendo de estas variables. Comparando y relacionando estas variaciones unas respecto de otras se llega al resultado de tres ecuaciones diferenciales:

– En la solución de la primera obtenemos la ecuación (13) que describe el comportamiento de la densidad de carga lineal en función de la altura de estructura (h_E) y de un parámetro (g) que relaciona dos posibles alturas de estructuras.

Si representamos la densidad de carga en un eje de coordenadas (gráfico 1) vemos como la densidad cambia según damos valores a (g) para diferentes alturas $h_{E_1}, h_{E_2}, h_{E_3}$...

En el gráfico todas las curvas convergen en un punto común que representa el valor inicial de densidad de carga (φ_{L_0})cuando las alturas inicial y final son iguales (g = 1). Esta situación nos indica que la variación de la densidad de carga final no sólo depende de (g) y (h_E) sino de la posición de la carga inicial (φ_{L_0}), que según esté situado cambian las curvas.

También debemos destacar que los valores máximos de densidad de carga se recogen en una curva envolvente, en la cual hay un mínimo para una altura de estructura determinada cuyo valor es directamente proporcional a la densidad de carga inicial e inversamente proporcional al campo eléctrico inicial (E_0).

– De la segunda ecuación se llega a la expresión (17) que nos dice que el campo eléctrico existente varía, de forma casi inversamente proporcional, a la altura de estructura y al parámetro (g).

En la gráfico (1) vemos que todas las curvas convergen en un punto (igual que en el caso de la densidad de carga) donde el campo tiene un valor inicial (E_0) para un g=1. Dependiendo de la situación de este punto las curvas del campo serán muy distintas.

En el gráfico se observa una curva que recoge todos los valores mínimos de campo eléctrico, en su representación se obtiene un máximo (gráfico 2) situado en la misma altura de estructura (h_E) que en el caso de la densidad de carga.

Este valor h_E común, tanto para el campo máximo como para el mínimo de densidad, es muy interesante debido a que el rayo a medida que baja buscará aquella estructura cuya altura cumpla $h_E = \varphi_{L_0}/\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot E_0$, pero esto es una hipótesis. Puede ocurrir que el rayo localice otra estructura cuyo campo eléctrico y densidad de carga no sean las iniciales.

– La tercera ecuación diferencial nos da como resultado la expresión (19) que nos dice: el producto de la densidad de carga con el campo eléctrico es igual al producto de la densidad inicial por el campo inicial.

En realidad, esta ecuación nos indica, que el producto de estas dos variables se mantiene constante, además ésta tiene dimensiones. El producto de la densidad de carga por el campo eléctrico nos da **la fuerza lineal que ejerce el rayo.**

La Fuerza Resultante se determina mediante el producto de la fuerza lineal por la longitud del rayo.

Un caso particular del cálculo de la fuerza ejercida por el rayo es la representada en la expresión (26). En este punto la fuerza depende fundamentalmente de la altura donde está situado el foco de la carga (z), Distancia de Cebado, densidad inicial y campo inicial. ■

BIBLIOGRAFÍA

Lightnig: physics and effects de Vladimir A. Rakov y Martin A. Uman

Electrificación de tormentas por Earle R. Williams

La logística en el sector industrial

José Carlos Losilla Rayo. Ingeniero Técnico de Minas. Máster Oficial Universitario en Prevención de Riesgos Laborales. Perito Judicial en Investigación de Accidentes Laborales. Logistics Assistant en Técnicas Reunidas, S.A.

La Logística se ha convertido en una profesión muy atractiva dentro del ámbito industrial y comercial, sobre todo a nivel académico. Por ello, el autor de este artículo describe la Ingeniería Logística, como rama de la *Ingeniería* que tiene como objeto de estudio la *Logística*, es decir, la compra, transporte, almacenaje y distribución de *materias primas*, productos semi-terminados y productos terminados.

PALABARAS CLAVE: Logística, compras, cadena de suministro, distribución.

La **Logística** (del *inglés logistics*) es definida por la *RAE* como el *conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio, especialmente de distribución*. En el ámbito empresarial, existen múltiples definiciones del término Logística, que ha evolucionado desde la *logística militar* hasta el concepto contemporáneo del *arte* y la *técnica* que se ocupa de la organización de los flujos de *mercancías*, *energía* e *información*.

La Logística es fundamental para el *comercio*. Las actividades logísticas conforman un sistema que es el enlace entre la *producción* y los *mercados* que están separados por el tiempo y la distancia.

La Logística empresarial, por medio de la *administración logística* y de la *cadena de suministro*, cubre la gestión y la planificación de actividades de los departamentos de compras, producción, transporte, almacenaje, manutención y distribución.

ORIGEN DE LA LOGÍSTICA

Prácticamente, desde el principio de los tiempos de la civilización, los productos que la gente desea o no se producen en el lugar donde se quieren consumir o no están disponibles cuando se desea consumirlos. Por aquel entonces, la comida y otros productos existían en abundancia sólo en determinadas épocas del año. Al principio, la humanidad tuvo que optar por consumir los productos en el lugar donde se encontraban o *transportarlos* a un lugar determinado y *almacenarlos* allí para uso posterior. Como no existía un sistema desarrollado de transporte y almacenamiento, el movimiento de los productos se limitaba a lo que una persona podía acarrear, y el almacenamiento de los productos perecederos era posible solamente un período corto. Este sistema de transporte y almacenamiento obligaba a las personas a vivir cerca de los lugares de producción y a consumir una gama bastante pequeña de productos o servicios.

Cuando los sistemas logísticos empezaron a mejorar, el *consumo* y la producción fueron separándose geográficamente. Las distintas zonas se especializaron en lo que podían producir más eficientemente. Así, el exceso de producción se pudo enviar de forma rentable a otras regiones y los productos que no se fabricaban en la zona pudieron importarse.

INGENIERÍA LOGÍSTICA

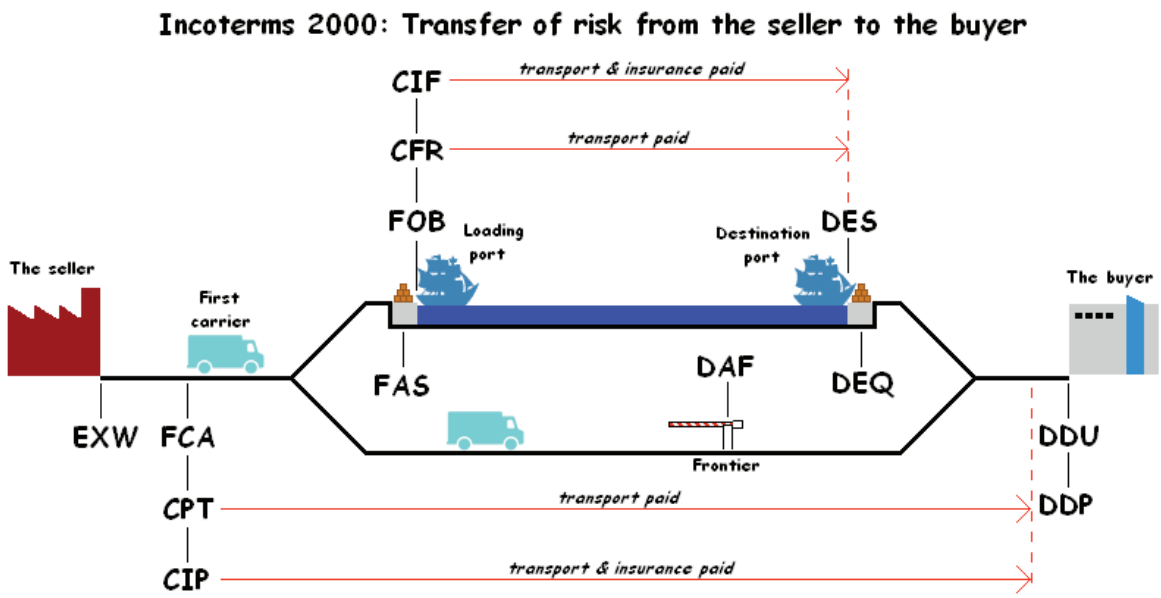
La **Ingeniería Logística** es una rama de la *Ingeniería* que tiene como objeto de estudio la *Logística*, es decir, la compra, transporte, almacenaje y distribución de *materias primas*, productos semi-terminados y productos terminados, para lograr una gestión eficiente de estas actividades. Su ámbito de aplicación se encuentra muy relacionado con los sistemas industriales.

La Logística es, generalmente, una actividad de servicio asignada al centro de costes, pero proporciona valor a través de la mejora de la satisfacción del cliente. Puede perder rápidamente ese valor si el cliente no queda satisfecho. El cliente final puede incluir un proceso o centro de trabajo dentro de las instalaciones de fabricación, un *almacén* donde se almacenan los artículos o el propio cliente final que utilizará el producto.

TIPOS DE MEDIOS DE TRANSPORTE

Transporte Terrestre: es el medio de transporte que se realiza sobre o en la corteza terrestre. La gran mayoría de los transportes terrestres se realizan sobre ruedas. Los tipos de medios de transporte terrestre son: por carretera y por ferrocarril.

Transporte Marítimo: es la acción de llevar personas (pasajeros) o cosas (cargas sólidas o líquidas) por mar de un punto geográfico a otro a bordo de un buque con un fin lucrativo. En el ámbito mundial, es el modo más utilizado para el comercio internacional. Es el que soporta mayor movimiento de mercancías, tanto en contenedor como graneles secos o líquidos.



Transporte Fluvial: consiste en el traslado de productos o pasajeros de unos lugares a otros a través de ríos con una profundidad adecuada. El transporte fluvial es una importante vía de comercio interior, por lo que, en ríos con las infraestructuras suficientes son muy importantes.

Transporte Aéreo: de pasajeros o cargamento, mediante la utilización de aeronaves, con fin lucrativo. El transporte aéreo tiene siempre fines comerciales. Si fuera con fines militares, éste se incluye en las actividades de logística. Es el más seguro de todos los medios de transporte. Los adelantos de la navegación aérea, de las telecomunicaciones y de las facilidades electrónicas han permitido que la aviación haya progresado de forma asombrosa. El transporte aéreo es la modalidad de transporte más regulada en el globo terrestre.

INCOTERMS 2010

Incoterms (international commercial terms, 'términos internacionales de comercio') son términos, de tres letras cada uno, que reflejan las normas de aceptación voluntaria por las dos

partes —compradora y vendedora—, acerca de las condiciones de entrega de las *mercancías* y/o productos. Se usan para aclarar los *costes* de las transacciones comerciales internacionales, delimitando las responsabilidades entre el comprador y el vendedor, y reflejan la práctica actual en el *transporte* internacional de mercancías.

La *CCI* (Cámara de Comercio Internacional o *ICC*: *International Chamber of Commerce*) se ha encargado desde 1936 (con revisiones en 1945, 1953, 1967, 1976, 1980, 1990, 2000 y 2010) de la elaboración y actualización de estos términos, de acuerdo con los cambios que va experimentando el *comercio internacional*. Actualmente, están en vigor los Incoterms 2010 (desde el 1 de enero de 2011), sin que ello signifique que los anteriores hayan dejado de poder usarse. De ahí, la necesidad de señalar el Incoterm y el año de la versión.

LA IMPORTANCIA DE LA LOGÍSTICA EN LA ACTUALIDAD

La Logística se ha convertido en una profesión muy atractiva dentro del ámbito industrial y comercial, pero por encima de todo a nivel académico. El Índice de Desempeño Logístico (IDL) de 2014, un estudio reciente llevado a cabo por el Banco Mundial, considera que la formación de los especialistas en Logística y Gestión de la Cadena de Suministro es una de las tareas más importantes para el funcionamiento de la economía global.

Actualmente, los puestos directivos de gerencia media o superior requieren un título académico, con el fin de poder controlar y optimizar las complejas cadenas de suministro globales desde el proveedor de la materia prima, hasta el consumidor final. Ya existen numerosas universidades que ofrecen programas de licenciatura o

máster especializados en Logística y Gestión de la Cadena de Suministro.

Una universidad, en la que la investigación y la enseñanza se centran en la Gestión y la Logística de la Cadena de Suministro es la *Universidad Kühne Logistics* en Hamburgo (Alemania). Además de un profundo conocimiento de la Logística y de la Gestión de la Cadena de Suministro, se deben tener excelentes habilidades interculturales y hablar varios idiomas. También es requisito sine qua non tener un pensamiento global y analítico, aparte de capacidad organizativa y habilidades comunicativas y de liderazgo. También resultan muy útiles para llevar a cabo negociaciones contractuales con proveedores logísticos o para preparar decisiones de fabricar o comprar tener conocimientos sobre economía y por supuesto, es obligatorio poseer un conocimiento profundo sobre los procesos y en materia legal. ■

BIBLIOGRAFÍA

Cedillo, M.G., Sánchez (2008). Análisis Dinámico de Sistemas Industriales. Editorial Trillas, México.

Ballou, Ronald H. (2004). Logística: Administración de la Cadena de Suministro, Quinta edición, Naucalpan de Juárez (México): Pearson Educación. *ISBN 978-970-26-0540-9*

Paul Schönsleben. Integral Logistics Management. 3° Edition, Auerbach Publications, Taylor & Francis Group.

Sunil Chopra and Peter Meindl. Supply Chain Management. 3° Edition. Pearson/Prentice Hall.

Llamazares García-Lomas, Olegario (2011). «Capítulo 4: Los Incoterms Uno a uno». Guía Práctica de los Incoterms 2010 (1ª edición). Global Marketing Strategies, S.L. pp. 133–151. *ISBN 978-84-92570-82-9.*

Cámara de Comercio de gobernación Internacional. Comité español (1999). Incoterms 2000. Reglas oficiales de la CCI para la interpretación de términos comerciales. *ISBN 84-89924-09-0.*

Anaya Tejero, Julio Juan (2009). «Capítulo 4. Transporte marítimo y aéreo». El transporte de mercancías (Enfoque logísitico de la distribución) (1ª edición). Pozuelo de Alarcón (Madrid, España): ESIC Editorial. pp. 56–61. *ISBN 978-84-7356-612-4.*

Chabert Fonts, Joan (2007). «Capítulo 3. Contratación internacional». Manual de Comercio Exterior (1ª edición). Barcelona (España): Ediciones Deusto. pp. 147–155. *ISBN 978-84-234-2539-6.*

Cabrera Cánovas, Alfonso (junio de 2013). Las reglas Incoterms 2010. Manual para usarlas con eficacia (Primera edición). Barcelona (España): Marge Books, colección Gestiona. p. 234. *ISBN 978-84-15340-76-8.*

Pardo Luna, Virtudes; Josep Antoni Valdés Calabuig y Carlos Vicient Alonso (2001). «Capítulos 5, 6, 7 y 8».Negociación internacional (1ª edición). Aravaca (Madrid, España): McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U. pp. 46–75. *ISBN 84-481-3085-5.*

Seguridad en la industria extractiva

María de los Remedios Gil Ortega. Ingeniero Técnico de Minas, Ingeniero Técnico de Obras Públicas y Técnico de Prevención de Riesgos Laborales.

La minería es una actividad que, por las características propias de los trabajos que se ejecutan, está considerada dentro del grupo de las llamadas de especial peligrosidad, estando incluida en el Anexo I del RD 39/1997. Ha sido desde siempre uno de los sectores con mayor siniestralidad dentro del ámbito laboral. No es de extrañar pues, el desarrollo de legislación muy específica para garantizar la máxima protección posible a los trabajadores.

SAFETY IN EXTRACTIVE INDUSTRIES

Mining is an activity that, given the characteristics typical of the jobs it involves, is considered to belong to the group of the so-called particularly dangerous activities, being included in Appendix I of the 39/1997 Royal Decree. It has always been one of the sectors with the highest accident rate in the workplace. It is therefore not surprising the development of a very specific legislation to ensure workers the maximum possible degree of protection.

Palabras clave: Minería, Legislación, Ley, Reales Decretos, Instrucción Técnica Complementaria, Disposiciones Internas de Seguridad, Protección, Prevención de Riesgos Laborales, Industria Extractiva, Riesgos, Recomendaciones, Medidas de Seguridad y Documento de Seguridad y Salud.

Keywords: Mining, Legislation, Law, Royal Decrees, Complementary Technical Instruction, Security Internal Provisions, Protection, Occupational Risk Prevention, Extractive Industry, Risks, Recommendations, Safety Measures, Safety and Health Document.

LEGISLACIÓN BÁSICA EN LA INDUSTRIA EXTRACTIVA

Las principales normas de aplicación en las industrias extractivas están recogidas en los siguientes documentos:

- Reglamento General de las Normas Básicas de Seguridad Minera: contienen los criterios básicos generales en materia de seguridad minera. Se divide en 15 capítulos desglosados en apartados, que abarcan 169 artículos.

  › Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC): se utilizan para desarrollar y complementan el Reglamento, en aquellas situaciones más concretas, a medida que aparecen las necesidades de seguridad.

  › Disposiciones Internas de Seguridad (DIS): son generadas en el centro de trabajo por la dirección facultativa y después aprobadas por la autoridad minera competente, para luego ser aplicadas en ese entorno. Desde el momento en que se aprueban son normas de obligado cumplimiento en el centro de trabajo donde han sido emitidas. Nunca pueden estar en contraposición con el Reglamento, ni con las ITC.

- Estatuto minero: en él se establece el régimen jurídico mínimo y uniforme en las relaciones laborales del sector minero.
- Ley de prevención de riesgos laborales.
- Reales Decretos.

INTEGRACIÓN DE LA PREVENCIÓN EN LA INDUSTRIA EXTRACTIVA

El RD 1389/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas, destinadas a mejorar la protección en materia de seguridad y salud de los trabajadores de las actividades mineras, recoge la exigencia de elaborar el Documento de Seguridad y Salud (DSS).

Las finalidades del Documento de Seguridad y Salud son:

- Identificar y evaluar los riesgos a que se exponen los trabajadores en el lugar de trabajo.
- Tomar las medidas adecuadas para alcanzar los objetivos fijados en la presente disposición.
- Garantizar que la concepción, la utilización y el mantenimiento del lugar de trabajo y de los equipos son seguros.

En el Documento de Seguridad y Salud se define el proceso de elaboración, implantación y forma de aplicación de la actividad preventiva. Además se especifica cómo llevar a cabo la integración de la prevención en el sistema de gestión y la cualificación mínima de las personas o entidades que colaboren en la realización del mismo.

La Instrucción Técnica Complementaria (ITC) 02.1.01 tiene por objeto establecer el contenido mínimo y estructura de toda esta documentación relativa a la acción preventiva exigida por la legislación vigente.

ATMÓSFERA MINERA. RIESGOS Y RECOMENDACIONES BÁSICAS DE SEGURIDAD EN MINERÍA DE INTERIOR.

El aire atmosférico, durante su paso a través de la mina, se contamina con gases y vapores, agentes pulvígenos que, junto a la temperatura y humedad, forman una atmósfera modificada que hay que controlar para evitar posibles efectos nocivos en los trabajadores.

Esta composición del aire atmosférico, se deteriora en el interior de la mina debido a:

Tabla 1

Gases		Origen	Métodos de detención
Necesarios para la respiración	Oxígeno (O_2)	• Atmósfera exterior. • Por regeneración en los autorescatadores. • Respiración con botella o generación por vía química.	• Tubos colorímetros. • Lámparas de seguridad. • Aparatos de lectura directa (oxímetros).
Anóxicos	Nitrógeno (N)	• Atmósfera exterior. • Aportación del exterior para extinción de fuegos.	• Medidores de lectura directa.
Asfixiantes	Metano (CH_4)	• Desprendimiento en la mina (grisú).	• Lámpara de gasolina. • Grisúmetro de lectura directa. • Telegrisumetría.
	Dióxido de Carbono (CO_2)	• Desprendimiento en la mina por incendios, gases de voladura.	• Tubitos colorimétricos. • Lámparas de seguridad. • Medidores de lectura directa (interferómetros)
Tóxicos	Monóxido de carbono (CO)	• Debido a los fuegos del carbón, calentamientos de las bandas transportadoras, aceites, cables eléctricos, etc.	• Tubitos colorimétricos. • Lámparas de seguridad.
	Gases nitrosos (NO y NO_2)	• Debido a los gases de las voladuras. • Gases de escape de motores de combustión.	• Tubitos colorimétricos. • Medidores de lectura directa.
	Sulfuro de hidrógeno (H_2S)	• Aguas estancadas.	• Tubitos colorimétricos. • Medidores de lectura directa.
	Bióxido de nitrógeno	• Oxidación de gases nitrosos de los gases de voladuras y los humos de escape.	• Tubitos colorimétricos. • Medidores de lectura directa.
Inflamables	Metano (CH_4)	• Desprendimiento en la mina (grisú)	• Lámpara de gasolina. • Grisúmetro de lectura directa. • Telegrisumetría.
	Hidrógeno (H_2)	• Desprendimiento en la mina en caso de incendio. • Durante la carga de las baterías.	• Lámpara de gasolina. • Con exposímetros de lectura directa.

- Oxidación y descomposición de materiales.
- Emanaciones de grisú, dióxido de carbono, hidrógeno, etc.
- Gases procedentes de aguas subterráneas.
- Humos de explosivos y gases de motores de combustión interna.
- Respiración humana.
- Cambios de temperatura, que facilitan procesos de putrefacción.
- Polvo en suspensión.

En la tabla I podemos ver los gases más comunes en el interior de la mina, su origen y los métodos de detención.

La naturaleza exacta de los riesgos mineros depende de la explotación en concreto en la que se desarrolle el trabajo. No obstante, de manera general, los riesgos a que se ven expuestos los trabajadores de las minas pueden ser:

- Ambientales: dificultades subterráneas ocasionadas por la oscuridad, calor, humedad, calambres, radiaciones, exposición a gases tales como metano, y presión atmosférica.
- Específicos del trabajo: explosivos, trabajo físico, ruido, vibraciones y polvo.
- Asfixia: vapores procedentes de explosivos, motores diesel, resinas, cintas transportadoras de PVC, adhsesivos y líquidos no inflamables con base de bifenilos policlorados; ésteres fosfatos y glicoles.
- Biológicos: donde usan puntales de madera, así como en los lugares de trabajo donde hay presencia de ratas o cucarachas.

Algunas Medidas Básicas de Seguridad son:

- Revisar las lámparas y comprobar el encendido de las bombillas.
- El trabajador debe proteger las manos, los pies y la cabeza, antes de entrar en la mina.
- Poner especial atención en los tambores y rodillos de las cintas transportadoras, puesto que son causa de accidentes graves.

- Antes de limpiar, engrasar o reparar una cinta transportadora, debe pararse.
- Los aparatos eléctricos de las máquinas, solamente pueden ser manipulados por personal especializado y autorizado.
- Observar y respetar la señalización de peligro.
- Si por cualquier razón se para la ventilación en un fondo de saco, el personal que trabaje en el mismo, debe abandonar la zona, debido a que se puede producir la asfixia.
- Cuando se dispara una voladura, no se debe estar cerca del retorno de la ventilación, ya que los humos de la pega son nocivos.
- Marcar los fondos de barreno, para conocer en qué dirección fueron perforados.
- Prestar atención cuando el galibo es reducido.
- Utilizar los equipos de protección individual.

MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LAS DIFERENTES FASES DE LOS TRABAJOS A CIELO ABIERTO

Arranque:

- Por perforación y voladura:
  - › Ausencia de personal en los alrededores.
  - › En el desplazamiento de la perforadora, prestar atención a las zanjas y tendidos eléctricos.

- Corte con hilo diamantado:
  - › Ningún trabajador debe estar en el área de influencia del corte.
  - › Verificar que la unión de los extremos del hilo es correcta antes de someterlo a tensión.
  - › Comprobar los dispositivos de protección en caso de rotura del hilo.

- Mediante excavadoras y tractor de orugas:
  - › Obedecer a las señales de tráfico, y ceder el paso a máquinas de acarreo cargadas.
  - › No acercar el vehículo a los bordes de pista, tanto en interiores como en exteriores.

  - › No dejar elementos sueltos en la cabima, ya que con el movimiento pueden caer debajo de los pedales bloqueándolos.
  - › Abandonar la maquina cuando esté totalmente parada.

Carga:

- Realizar la carga del vehículo con el conductor en lugar seguro.
- Nunca usar la cuchara para desplazar a personas.
- Asegurar que la carga quede centrada.

Transporte:

- Mantener una velocidad de circulación segura, y respetar la velocidad límite fijada para cada situación.
- La superficie de carga debe estar lo más horizontal posible, y libre de rocas y materiales.

Vertido:

- Existe el riesgo de vuelco, por lo que es necesario trabajar con un tope de seguridad.
- Avisar de la maniobra con señales luminosas y acústicas.

CONCLUSIONES

Es de vital importancia que los trabajadores de las industrias extractivas estén informados y sensibilizados sobre los riesgos en la utilización de la maquinaria, a la vez que potenciar la cultura preventiva y promover los comportamientos seguros.

El empresario tiene que adoptar una serie de medidas imprescindibles para garantizar la protección de los trabajadores frente a los riesgos asociados al uso de estas máquinas. A la hora de seleccionar los equipos y la maquinaria, la seguridad y salud de los trabajadores tiene que ser un factor determinante, al igual que otros factores relacionados con el rendimiento, el diseño, el servicio requerido y el aspecto económico de dichos equipos.

La amplia y compleja legislación existente establece las condiciones y requisitos que deben cumplir los equipos de trabajo que el empresario ponga a disposición de los trabajadores, así como las medidas de prevención que se han de adoptar y las condiciones requeridas para un uso seguro. ■

BIBLIOGRAFÍA

Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos (ANEFA), 2005, Seguridad en los Equipos de Trabajo de la Industria Extractiva de los Áridos.

Consejo General de Colegios de Ingenieros Técnicos de Minas de España, 2011, Manual de Formación Preventiva para Técnicos Titulados en Actividades Extractivas de Exterior. IRC.02.1.02 ET 2003-1-10.

Félix Gutierrez Climent, Adriano Morales Manzanero y Ángel Hermosa Reig, 2009, Maquinaria de transporte, camión y volquete y maquinaria de arranque, carga y viales, pala cargadora y excavadora hidráulica de cadenas.

Juan Ramón Prieto Díaz, 2007, Manual para la formación preventiva de operadores de maquinaria minera pesada móvil.

El director facultativo

Pieza clave en la gestión de la prevención de riesgos laborales

Arsacio Cruz Pascual. Grado en Ingeniería de Tecnología de Minas y Energía. Ingeniero Técnico en Explotación de Minas. Ingeniero Técnico en Instalaciones Electromecánicas Mineras. Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales. Auditor de Sistemas de Gestión de Prevención.

En este artículo de tratan los principales aspectos de la Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales en la industria extractiva, en los cuales el Director Facultativo debe implicarse activamente.

THE OPTIONAL DIRECTOR AND MANAGEMENT OF PREVENTION OF LABOUR RISKS

In this article we address the main aspects of the Management of Occupational Health and Safety in the extractive industry, in which the Optional Director should be actively involved

El Director Facultativo es una pieza clave, que garantiza el cumplimiento de las disposiciones de seguridad contenidas en el Reglamento de Normas Básica de Seguridad Minera y sus ITC´s de desarrollo y, por ello, debe participar de forma constante en la gestión de la prevención en la empresa tanto si es plantilla de la misma como si es un profesional autónomo.

Tanto si forma de la parte de plantilla como si es externo debe formar parte del *Organigrama de Plan de Prevención* que establece el artículo 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales cuyo contenido se concreta en el artículo del RD 604/2006. El Director Facultativo por su cualificación y competencia en Seguridad Minera debe participar como mínimo, junto al empresario en:

- El **Diseño de la Política Preventiva.**
- La **Definición del Organigrama de la Empresa**, en cuanto a las funciones y responsabilidades en seguridad minera.
- La **Elección de la Modalidad Organizativa**.
- La Elaboración del **Programa Anual de Prevención.**
- El **Diseño del Plan de Formación** en Prevención de Riesgos Laborales.
- La **Definición de la Información Inicial y Periódica** en materia de Prevención de Riesgos Laborales.
- La **Organización y Realización de Simulacros** en caso de Accidentes o Emergencias.
- La **Selección de las Subcontratas y/o Autónomos** que participen en la explotación.
- **Investigación de daños**, ya sean Accidentes, Incidentes o Enfermedades Profesionales.

El Director Facultativo es una pieza clave, que garantiza el cumplimiento de las disposiciones de seguridad contenidas en el Reglamento de Normas Básica de Seguridad Minera y sus ITC´s de desarrollo

EL DISEÑO DE LA POLÍTICA PREVENTIVA

Una definición correcta de la Política Preventiva, acorde con las obligaciones establecidas en la legislación de Prevención y además con la normativa minera, debe ser consensuada entre la empresa y Director Facultativo con objeto de que sea comprensible, visible y alcance a todos los estamentos de la organización para lograr la mayor implicación y lograr así los objetivos establecidos en la materia.

Dicha política, que debería **ser aprobada por la Dirección y contar con el apoyo de los trabajadores o de sus representantes**, consistiría en una declaración de principios y compromisos que promuevan el respeto a las personas y a la dignidad de su trabajo, la mejora continua de las condiciones de seguridad y salud dentro de la empresa, y su consideración como algo consustancial al trabajo bien hecho, etc. No es obligatoria la existencia de tal declaración escrita pero es muy recomendable, dado su carácter de compromiso colectivo y refuerzo a la misión empresarial asumida. Tal declaración debería establecerse de forma clara y sencilla, divulgándose a todos los miembros de la organización, pudiendo resultar interesante que su difusión alcance a otras entidades externas a la empresa como pueden ser proveedores, e incluso clientes con el fin de conseguir que todos la conozcan y puedan aprovecharse de la misma, contribuyendo también a mejorar su reputación.

El objetivo fundamental de la política preventiva debe ser el desarrollo de una cultura de empresa en la que se procuren unas condiciones de trabajo adecuadas, donde las personas —principal valor de la empresa— se conviertan también en objetivo empresarial. El Director Facultativo debe colaborar con el empresario, para definir el camino por el que se pretende avanzar, es por tanto un elemento imprescindible para que todos puedan integrarse y, a su vez, para poder disponer de un mecanismo de autocontrol y, además, esta política es necesaria para alcanzar los *objetivos estratégicos planteados*. En la declaración de la política preventiva debería partir-

Tener definidas las funciones y responsabilidades en materia de prevención de riesgos y seguridad minera es un factor clave de productividad, competitividad y excelencia empresarial

se de los siguientes principios (artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales), si bien la empresa debería introducir aquellos más representativos que se identifican con los valores que persigue:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona.
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco ó ningún riesgo.
- Planificar la prevención.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

LA DEFINICIÓN DEL ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

Tener definidas las funciones y responsabilidades en materia de prevención de riesgos y seguridad minera es un factor clave de productividad, competitividad y excelencia empresarial, que, sin duda, redundará en mayores beneficios económicos, sociales y laborales y, por tanto, una mayor y mejor imagen de la empresa para su entorno que le dará un mayor valor añadido.

Según se establece en el artículo16.1 de la Ley 31/91, la prevención de riesgos laborales «*deberá integrarse en el sistema general de gestión de la empresa, tanto en el conjunto de sus actividades como en todos los niveles jerárquicos de ésta, a través de la implantación y aplicación de un plan de prevención de riesgos laborales*».

Dicho plan de prevención de riesgos laborales deberá incluir la *estructura organizativa* (incluyendo al Director Facultativo), *las responsabilidades, las funciones, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios* para realizar la acción de prevención de riesgos en la empresa, en los términos que reglamentariamente se establezcan.

LA ELECCIÓN DE LA MODALIDAD ORGANIZATIVA

En muchas ocasiones las empresas de la industria extractiva eligen como modalidad organizativa de la Prevención a un Servicio de Prevención Ajeno que carece de personal con experiencia y titulación acorde con la actividad minera, desconociendo la normativa específica del sector y, por tanto, ofreciendo un asesoramiento menor a la empresa y al Director Facultativo que poco puede ayudar en la mejora y avance en la calidad de la Gestión Preventiva.

Se hace por ello necesario que los Directores Facultativos asesoren y asistan al empresario escogiendo aquellos Servicios de Prevención Ajenos, que dispongan de experiencia en seguridad minera y de Técnicos de Minas en sus plantillas. En la elección de la modalidad organizativa no se debe dejar de contar con la consulta a los órganos de representación de los trabajadores que, sin duda tienen mucho que decir en esta importante decisión, importante pilar en base a la cual se va a desarrollar la Gestión Preventiva.

EL DISEÑO DEL PLAN DE FORMACIÓN EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Sin duda, la formación es una auténtica palanca de cambio, que permite por un lado adquirir conocimientos y por otro lado cambiar actitudes. Por todo ello es fundamental que cuente con la mayor implicación de todos: *los órganos de representación de los trabajadores, mandos intermedios, subcontratas, autónomos, directivos, empresario y, sobre debe, contar con la figura del Director Facultativo.* En esta planificación de las acciones formativas se debe tener como mínimo en cuenta la información recogidas en:

- La evaluación inicial y periódicas de los riesgos de todos los puestos de trabajo.
- La planificación preventiva.
- Los informes de estudios higiénicos (sílice, ruido, vibraciones, estrés térmico,…), ergonómicos, etc.
- Planes de autoprotección.
- Las distintas ITC, s de aplicación.
- Los accidentes e incidentes ocurridos.
- Las sugerencias del personal, etc…

LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA ANUAL DE PREVENCIÓN

En base a la evaluación inicial y periódicas de los riesgos, de los estudios higiénicos, ergonómicos, etc…, se deben de establecer los programas anuales de actividades de prevención que se van a desarrollar en la explotación minera y aquí el Director Facultativo es pieza clave para junto con el empresario y servicio de prevención garantizar su planificación y ejecución en la práctica.

Se trata de definir para cada acción preventiva, quién es el *responsable de su ejecución, en que plazo, quién debe supervisar dicha ejecución y definir los medios humanos y materiales* destinados a cada medida preventiva.

LA DEFINICIÓN DE LA INFORMACIÓN INICIAL Y PERIÓDICA EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Disponer de un **Manual de Acogida** con la Información de los Riesgos Generales y Medidas Preventivas de la Explotación Minera, Establecimiento de Beneficios, Talleres, Zonas comunes, etc. A ello habría que añadir las Normas por Puestos de trabajo (DIS), estas *Disposiciones Internas de Seguridad, deberían ser objeto por parte del Director Facultativo de al menos una acción formativa dirigida a todos los trabajadores de la plantilla y subcontratistas, con sus correspondiente prueba de superación de conocimientos.*

LA ORGANIZACIÓN Y REALIZACIÓN DE SIMULACROS EN CASO DE ACCIDENTES O EMERGENCIAS

El empresario, el Servicio de Prevención y el Director Facultativo deberán tomar las acciones necesarias para hacer cumplir con lo establecido con el **Artículo 20: Medidas de emergencia:**

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento. El citado personal deberá poseer la formación necesaria, ser suficiente en número y disponer del material adecuado, en función de las circunstancias antes señaladas.

Para la aplicación de las medidas adoptadas, el empresario deberá organizar las relaciones que sean necesarias con servicios externos a la empresa, en particular en materia de primeros auxilios, asistencia médica de urgencia, salvamento y lucha contra incendios, de forma que quede garantizada la rapidez y eficacia de las mismas.

En una explotación minera, por su situación geográfica, se hace más difícil la ayuda externa, por lo que la formación en materia de Primeros Auxilios, Salvamento, Rescate, etc. debe ser de mayor alcance, mientras llega una ayuda especializada, así mismo *la realización de simulacros de evacuación debe ser algo habitual y el Director Facultativo debe estar muy encima de su realización*. En caso de tener que solicitar ayuda exterior es preciso disponer de un *Protocolo de Actuación* indicando de forma obligatoria la forma de llegar de forma inequívoca a la Explotación Minera incluyendo entre otros datos sus coordenadas de localización.

LA SELECCIÓN DE LAS SUBCONTRATAS Y/O AUTÓNOMOS QUE PARTICIPEN EN LA EXPLOTACIÓN

La selección de empresas contratistas que aseguren un nivel de competencia adecuado en materia de seguridad y salud ha de ser una cuestión prioritaria para la empresa explotadora y sobre todo para el Director Facultativo. El empresario responsable de la explotación, junto con el asesoramiento del Director Facultativo, ha de recabar la información necesaria para poder valorar objetivamente si la empresa que se va a subcontratar cumple con sus obligaciones en materia de prevención de riesgos laborales, dando por supuesta la competencia técnica en la actividad objeto de subcontratación. La reglamentación establece los requisitos documentales a tener en cuenta (*art 24 LPRL, RD 171/2004, Real Decreto 863/1985, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, Real Decreto 1389/1997, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras etc.*). Esta documentación tiene que ser revisada periódicamente para comprobar que las condiciones iniciales se mantienen.

La coordinación de actividades empresariales tiene una gran relevancia en el sector extractivo, pues muchas son las empresas del sector que realizan una buena parte del proceso producti-

vo por medio de empresas subcontratadas, en uno o varios de los siguientes procesos, entre otros: *Perforación. Montaje de instalaciones. Voladura. Control de calidad. Arranque. Gestión del proceso productivo. Transporte interno. Gestión medioambiental. Operación de la planta. Dirección Técnica. Transporte externo. Dirección Facultativa. Mantenimiento de equipos fijos, móviles ó instalaciones.*

Atendiendo a esto, es posible encontrar empresas subcontratadas que permanecen constantemente en las explotaciones y otras que pueden intervenir ocasionalmente o incluso una única vez. También es frecuente la coincidencia de distintas empresas subcontratadas en la explotación, y se han de tener en cuenta sus interacciones y los riesgos que éstas inducen.

Habida cuenta de la variedad de posibles situaciones, los objetivos de la coordinación de actividades son:

- **La aplicación coherente y responsable de los principios de la acción preventiva** establecidos en el **artículo 15** de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, por las empresas concurrentes.
- *La aplicación correcta de los métodos de trabajo* por las empresas concurrentes en la explotación.
- *El control de las interacciones de las diferentes actividades* desarrolladas en el centro de trabajo, en particular cuando puedan generar riesgos calificados como graves o muy graves, o cuando se desarrollen en el centro de trabajo actividades incompatibles entre sí por su incidencia en la seguridad y la salud de los trabajadores.
- *La adecuación entre los riesgos existentes en el centro de trabajo* que puedan afectar a los trabajadores de las empresas concurrentes y las medidas aplicadas para su prevención.

La legislación recoge los siguientes casos de concurrencia de actividades, que se pueden presentar:

1. Concurrencia de trabajadores de varias empresas en un mismo centro de trabajo.
2. Concurrencia de trabajadores de varias empresas en un centro de trabajo del que un empresario es titular.
3. Concurrencia de trabajadores de varias empresas en un centro de trabajo cuando existe un empresario principal.

En las explotaciones mineras, el caso que se produce más habitualmente es el último, que engloba a los otros dos, y donde la empresa explotadora es la denominada empresa principal, salvo algunos casos excepcionales, donde se producen los otros dos casos.

Es necesario contar con un *registro de las empresas contratadas* donde consten los datos generales de cada empresa, la labor que desarrolla, los medios utilizados, la persona responsable de seguridad, el número y cualificación de los trabajadores, las fechas de inicio y final de los trabajos, así como las observaciones.

En cumplimiento del **artículo 5 de la ITC 02.0.01**, cada una de las organizaciones adoptadas en materia de seguridad para la realización de los trabajos en las explotaciones, se someterá a la Autoridad minera. Basándose en esto, una vez firmado el contrato, la persona encargada de la empresa principal aplicará el procedimiento establecido por la Autoridad Minera para comunicar o, en su caso, registrar una copia del mismo. Para un adecuado control, se guardará, en el archivo de contratas, donde la documentación que acredite la información a la Autoridad Minera y, cuando proceda, la aceptación por ésta.

Se dispondrá de una *lista de contratas homologadas aceptadas por la empresa* que estará disponible en la explotación donde vayan a desempeñar los trabajos, que recoge (al menos) la descripción de las tareas, los medios a utilizar, los trabajadores autorizados y la zona de ubicación. Esta lista se actualizará ante cualquier modificación.

En cumplimiento de lo dispuesto en reglamentación vigente, en los casos que proceda, la empresa contratada deberá entregar a la empresa principal los *resultados de las mediciones periódicas de polvo, ruido y vibraciones* en los puestos de trabajo ocupados por sus trabajadores.

Cuando los puestos de trabajo de la empresa subcontratada estén ocupados por trabajadores aislados, estos deberán contar con una vigilancia adecuada o poder mantenerse en contacto a través de medios de comunicación, como puede ser un teléfono móvil (si hay cobertura) o una emisora de radio frecuencia portátil.

Únicamente estará permitido realizar trabajos mientras permanezcan trabajadores de la empresa principal en la explotación minera. Por tanto, es obligación del empresario y Director Facultativo el adaptar la jornada de prestación de servicios dentro del margen de la jornada laboral del personal de la empresa principal.

INVESTIGACIÓN DE DAÑOS, YA SEAN ACCIDENTES, INCIDENTES O ENFERMEDADES PROFESIONALES

La investigación de accidentes tiene como objetivo principal la deducción de las causas que los han generado para evitar su repetición. Este objetivo, a menudo es mal entendido, enturbiado por el temor de que alguien resulte culpable. Su realización permite alcanzar otros objetivos:

Análisis de los hechos para determinar el conjunto de causas concurrentes en el accidente de trabajo.

Establecer una relación o secuencia de las causas.

Determinar el peso o la importancia de las causas en base a su posibilidad de eliminación.

Diseñar e implantar medidas correctoras encaminadas, tanto a eliminar las causas para evitar la repetición del mismo accidente ó similares, como para aprovechar la experiencia para mejorar la prevención en la empresa.

Si el Director Facultativo alcanza estos objetivos, se alcanzarán a continuación otros de segundo nivel, pero no menos importantes:

Aprender de los errores que, no siendo un enfoque muy preventivo, servirá para rectificar las deficiencias encontradas.

Detectar fallos u omisiones en la organización de la prevención en la empresa y cuyo control va a significar una mejora sustancial en la misma.

Detectar causas que son el origen de otros posibles accidentes. ■

La investigación de accidentes tiene como objetivo principal la deducción de las causas que los han generado para evitar su repetición. Este objetivo, a menudo es mal entendido, enturbiado por el temor de que alguien resulte culpable.

BIBLIOGRAFÍA

Real Decreto 863/1985, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales. Ley 54/2003, de 12 de diciembre de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Real Decreto 1389/1997, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras.

Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.

La responsabilidad civil del ingeniero

Miguel Díaz Alcaraz. Ingeniero Técnico de Minas

Los profesionales de la Ingeniería, así como de otros sectores, tienen que tener contratada una póliza de responsabilidad civil para atender daños y perjuicios derivadas de su actividad.

Durante bastantes años, pues ahora estoy jubilado, he trabajado para Compañías de Seguros. Mi trabajo consistía en averiguar las causas de los siniestros en orden a determinar si la entidad aseguradora le correspondía atender o no las consecuencias de un siniestro.

Este artículo tiene por finalidad advertir a los profesionales de las causas por las que a veces nos encontramos, que producida una incidencia en la obra que se está ejecutando o ya finalizada, la entidad no quiere hacerse cargo de los daños y perjuicios ocasionados.

Las constructoras persiguen que el costo de la obra sea el menor posible y el profesional, a veces, se pliega a las exigencias de éstas. Las entidades aseguradoras atienden los daños siempre que se hayan seguido las normas de buena construcción, pero si ha existido una mala praxis es probable que rechacen el siniestro. Basta leer las condiciones del asegurador para darse cuenta de esto.

Voy a citar tres siniestros que intervine, no doy datos de identificación de los mismos pues no viene al caso. El primero fue una obra de construcción de un edificio. Había que excavar dos plantas por debajo de cota para hacer aparcamientos. Se hace la excavación, era en un pueblo y había casas antiguas detrás. Cuando se había excavado ya algo más de una planta se produjo un movimiento del terreno y dos huertos de dos casas situadas atrás ocuparon el hueco excavado, además arrastraron árboles frutales y cultivos de los mismos.

Personados en el lugar reclame como es obvio el proyecto de construcción y el estudio previo del terreno; este último hablaba de un terreno sedimentario bastante suelto.

Lo que aconsejaba la buena construcción es utilizar previamente bataches para evitar estos problemas. Los taludes resultantes de la excavación estaban a 90º. El siniestro era pues esperable; la explicación que me dieron cuando me reuní con el Jefe de Obra fue reconocer precisamente esto: el presupuesto estaba muy ajustado y se habían arriesgado a excavar sin sujetar previamente el terreno. Como es obvio la entidad no se hizo cargo.

El segundo caso fue una gran excavación realizada en una plaza de un pueblo para construir un edificio público. Cuando ya estaba realizada se produjo un fuerte temporal de lluvias y el terreno se deslizó llevándose el acerado de tres tramos de la plaza; precisamente los que tenían

una cota más alta, en este caso los taludes no se habían dejado a 90º.

Se siguió el protocolo establecido y se aceptó el siniestro, la entidad abonó el importe de los daños causados al acerado, instalaciones que discurrían por debajo, alumbrado, etc.

Durante las reuniones con el Jefe de obra se me indicó que la excavación se había ejecutado hace algún tiempo y estaban en conversaciones con el Ayuntamiento pues el presupuesto inicial era escaso. Se le indicó que una vez reparadas las aceras se tomaran las precauciones necesarias para que no se repitiera, dado que iban a tardar algún tiempo en continuar la obra, aconsejándole rellenara de nuevo la excavación si el plazo se alargaba en exceso.

Once meses después dan un nuevo parte pues se había repetido el siniestro por la misma causa. La obra seguía parada. Personados en el mismo comprobamos que no se había sujetado el terreno de ninguna forma y se rechazó la cobertura del siniestro.

El tercer caso más complejo consistió en numerosos daños causados a varias casas adosadas. Estas se ubicaban en la falda de una colina con inclinaciones que superaban en algunos casos más de un 5%.

Se había producido un fuerte temporal de lluvias, el clima mediterráneo sabemos que produce cada cierto tiempo temporales en los que en menos de una hora caen más de 40/50 litros por metros cuadrado/hora.

Una lengua de tierra se había desplazado, varias casas se habían movido y le habían aparecido grietas.

El tipo de construcción que se había ejecutado consistía en una baldosa de hormigón sobre la que se habían levantado las casas. Solicitamos un informe del tipo de terreno. Las conclusiones del estudio ponían de manifiesto que dada las características del mismo se debería haber pilotado y no construir sobre una baldosa de cemento. Nos encontramos con una mala praxis.

No obstante, al apreciar que se había producido un error de diseño y no tuvimos acceso al estudio previo del terreno que se debió hacer en su día, ya que las casas tenían una antigüedad de más de doce años, la Entidad atendió finalmente el siniestro.

La conclusión del presente artículo es llamar la atención sobre estos temas, pues cuando se acredita una mala praxis, las entidades suelen rechazar el siniestro. ■

La gran innovación pendiente
en el sector minero español

Miguel Ángel Pedrajo Pérez. Ingeniero Técnico de Minas

El sector minero español padece un grave estigma desde hace varias décadas debido a los graves impactos ambientales que supuestamente provocan este tipo de actividades. La situación ha llegado a tal extremo que actualmente es prácticamente imposible desarrollar una nueva actividad minera o ampliar una existente, y ello es debido no solo a la férrea oposición de los colectivos conservacionistas y de cierto sector de la sociedad, sino a la actuación de las propias administraciones, que legislan, gestionan y prescriben de tal modo que es muy difícil cumplir los requisitos legales y administrativos. Pero la realidad es que las actividades mineras no son, objetivamente, tan impactantes como para merecer ese trato, y, dado que son absolutamente imprescindibles, necesitamos revertir esta situación.

PALABARAS CLAVE: Innovación, medio ambiente, restauración, impacto ambiental, colaboración

Foto nº 1: Cristóbal Colón muestra objetos a los hombres y mujeres nativos americanos en la costa.

Cuando los españoles descubrimos el Nuevo Mundo hace cinco siglos encontramos allí a unos nativos que andaban en taparrabos, cuando nosotros construíamos un imperio y presumíamos de bachilleres y de universidades. Actualmente, en Estados Unidos de América se encuentran las mejores universidades del mundo y son ellos los que nos colonizan a nosotros. ¿Qué ha ocurrido para que en ese relativamente corto espacio de tiempo se haya invertido tan drásticamente la posición relativa de ambos países? No es objeto de este artículo analizar tal cuestión, pero sí detenerse a comentar algunos de los aspectos más relevantes de la situación de ambos países, especialmente de aquello que no funciona en España pero que si funciona en EEUU y en otros países, y de cómo podríamos aprender de ellos.

Nuestros padres vivieron toda su vida con el objetivo irrenunciable de conseguir que nosotros tuviéramos una vida mejor. Mejor en lo económico, en lo puramente material, pero también, y sobre todo, que pudiéramos acceder a la formación que ellos jamás pudieron tener. Para ellos, que la mayoría a duras penas sabían leer y escribir, su casi analfabetismo fue su gran frustración. Frustración que proyectaron sobre nosotros hasta el punto de que casi siempre era su exigencia irrenunciable. En aquellos años eran muy habituales aquellas palabras del padre (o de la madre): «Hijo mío, ya que nosotros no pudimos estudiar, queremos que tú estudies».

Sin duda alguna, la posesión del conocimiento es una ventaja competitiva, razón por la que cuanto mejor instruidos estén los ciudadanos de un país tanto mejor para todos. Nuestros padres se empeñaron en ello, hasta tal punto que, dos

generaciones después, la de nuestros hijos, tenemos –dicen— la generación mejor preparada de la historia de España. Pero esto, por sí solo, no es garantía suficiente de éxito, como resulta evidente, pues la crisis ha aflorado las carencias de un sistema que creíamos maravilloso pero que ha obligado a nuestros jóvenes a emigrar, como hicieron nuestros antepasados en otras épocas de infausto recuerdo.

Actualmente, a pesar de que el desempleo se ha reducido a niveles de 2010 –tras llegar en 2013 a un pico del 27 por ciento– y que la OCDE estime que crearemos más empleo que los países de nuestro entorno, España sigue entre los países con mayor paro de la Unión Europea. El desempleo es, sin lugar a dudas, la mayor lacra social de nuestro país, y sus consecuencias económicas, sociales, políticas e incluso psicológicas alcanzan unas dimensiones monstruosas.

Podemos seguir quejándonos de la crisis, del paro, de la precariedad laboral y de la pérdida de derechos sociales, pero lo cierto es que nada ni nadie parece poner solución a este grave problema, y ello pese a que hay claros indicadores de cuál debe ser el camino a seguir para ello. Así, todos los expertos parecen estar de acuerdo en que España necesita superar la demonización del empresario y el miedo al riesgo, el fomento de la exportación de calidad, el premio a la productividad y la meritocracia, la búsqueda de la creación de valor añadido en lugar de las improductivas subvenciones y el salto de las pymes a grandes empresas. Y todo ello requiere grandes dosis de innovación.

EL RETO DE LA INNOVACIÓN

Otra de las asignaturas pendientes de las empresas españolas es la innovación. La importancia de la innovación tecnológica es más que evidente, y parece estar asumida por todos su necesidad, aunque lo cierto es que, pese a esa evidencia y a la constante incentivación por parte de administraciones e instituciones, no siempre es la punta de lanza de la estrategia de nuestras empresas. Es como si siguiéramos pensando «que innoven otros». A pesar de ello, el nivel tecnológico de nuestras empresas ha experimentado un notable cambio, también en el sector minero, como refleja la fotografía nº 2, que nos hace recordar nuestra explotación de *Las Médulas*.

En cambio, para la mayoría de las empresas y demás organizaciones suele pasar desapercibido otro tipo de innovación que, casi siempre, resulta mucho más determinante en la consecución de los resultados perseguidos. Se trata de la innovación en la gestión: hacer las cosas de otra manera. Y esto atañe no solo a las cúpulas dirigentes de las organizaciones; esto es cosa de todos, también de los técnicos, de nosotros, los ingenieros técnicos de minas, sea cual sea el puesto y la tarea que desempeñemos en nuestro trabajo.

EL ESTIGMA DE LA PROTECCIÓN MEDIOAMBIENTAL

Una empresa (o el conjunto de un sector de actividad económica) sin conciencia resulta indeseable y peligrosa, especialmente en el sector minero, y sus acciones pueden resultar en algunos casos muy negativas para el ecosistema que acoge su actividad extractiva. Pero no es menos cierto que determinadas acciones (normativa promulgada, resoluciones, prescripciones, etc.) de las autoridades, como demuestra cualquier mirada retrospectiva, puede ser igualmente nefasta o, cuando menos, poco o nada efectivas para el objetivo con el que nacieron (ordenación minera y/o protección del medio ambiente), pero siempre con importantes costes a cargo de la empresa explotadora.

Cada vez son más quienes consideran imprescindible el paso de una vieja concepción del mundo basada en el dominio y la explotación desenfrenada de los bienes de la Tierra a posiciones en las que los seres humanos nos reconozcamos como seres dependientes. Pero, si los conservacionistas no admiten esa vieja concepción aduciendo esa dependencia, las empresas mineras no pueden admitir la postura de las administraciones cuando legislan, prescriben y sancionan como a veces lo hacen, haciendo bueno aquel viejo axioma de «la letra con sangre entra».

La importancia de la innovación tecnológica es más que evidente, y parece estar asumida por todos su necesidad, aunque lo cierto es que, pese a esa evidencia y a la constante incentivación por parte de administraciones e instituciones, no siempre es la punta de lanza de la estrategia de nuestras empresas

Foto nº 2: Mineros de oro excavando acantilado erosionado con chorros de agua (en una mina de placer-Dutch Flat_ California-1857_1870).

Con frecuencia las empresas mineras padecen severas condiciones —cuando no restricciones— para operar, invocando para ello las autoridades razones ambientales. Aunque es de todos conocido el actual escenario de crisis ambiental global, por aquello de la incompatibilidad de la finitud de los recursos naturales con la insaciable necesidad del actual sistema económico de crecer indefinidamente, resulta frecuente encontrarse con condiciones y prescripciones administrativas que no son las más adecuadas a la situación planteada, motivado en ocasiones por el papel mal entendido de las partes, que requiere avanzar hacia un cambio de paradigma que necesariamente ha de basarse en un firme compromiso de responsabilidad social. Pero este desafío no es posible sin una firme voluntad de las administraciones públicas de cambio de actitud hacia los administrados, de tal forma que las empresas dejen de ser vistas como el enemigo a batir. El desafío pasa necesariamente por una firme alianza entre empresas y administraciones, de tal forma que los tradicionales papeles de infractor y sancionador se conviertan en una alianza y colaboración entre ambos actores. Si queremos un sector minero pujante, generador de empleo, necesitamos superar este desafío.

Las explicaciones científicas perduran hasta que se descubre otra mejor que la supera. Y ocurre otro tanto con la técnica, lo que nos obliga a los técnicos a actualizarnos y reciclarnos permanentemente, so pena de quedarnos totalmente desfasados. Y esta necesidad, que es obvia en las empresas, no es menos acuciante en las administraciones públicas.

Ese viejo estigma del sector minero, ese por el cual buena parte de la sociedad nos ve como la gran amenaza para el medio ambiente, es inmerecido. Es cierto que en el pasado no siempre se han hecho bien las cosas en nuestro sector, pero no es menos cierto que los errores no son exclusivos del sector minero. Además, no es adecuado juzgar con los criterios actuales, criterios de estricta protección medioambiental, las decisiones adoptadas en el pasado, cuando no existía inquietud por ese problema pero sin que por ello dejaran de existir riesgos medioambientales objetivos. La diferencia es que antes no había, como si hay hoy, demanda social por la

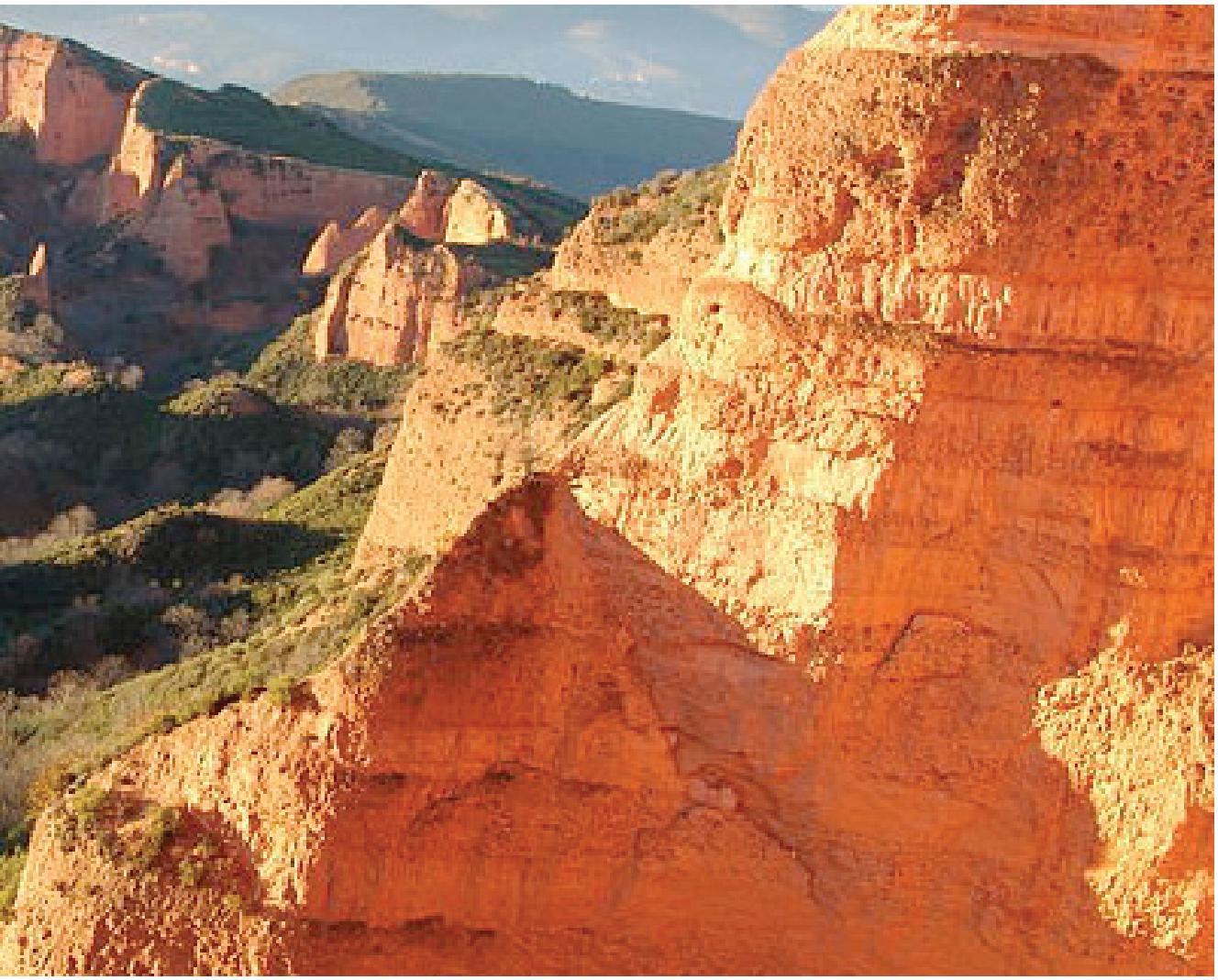
Foto nº 3: Las Médulas. Antigua explotación minera a cielo abierto de oro en la provincia de León, cuyas primeras labores se remontan también a la época romana. Hoy declarada Patrimonio de la Humanidad (Autor: Rafael Ibáñez Fernández).

protección del medio ambiente, y esa demanda y preocupación social ha traído aparejada consigo la legislación ambiental que antes, hasta hace tres décadas, era casi inexistente. Y si no es adecuado juzgar hoy a un sector por algunas posibles malas prácticas del pasado, tampoco lo es cuando, como ocurre con el *Fracking*, la técnica utilizada ha evolucionado tanto que su estado del arte actual en nada se parece, gracias a las radicales innovaciones implantadas a lo largo de los años, al de sus inicios, cuando se produjeron algunos casos de contaminación de las aguas.

Hoy en día sabemos, por ejemplo, cómo restaurar una pequeña cantera a cielo abierto sin que quede rastro de la actividad extractiva y devolviendo el lugar a su estado original o, incluso, mejorándolo, como se aprecia en la fotografía nº 5, superando los estándares de restauración exigidos por la legislación vigente y por las autoridades ambientales.

Actualmente podemos constatar también que es posible restaurar con gran éxito explotaciones a cielo abierto de dimensiones colosales, como es el caso del yacimiento de hierro de la falda de Peña Cabarga, en Cantabria, convertido hoy en el famoso *Parque de la Naturaleza de Cabárceno*. Este Parque, que cumple ahora 25 años, es una realidad gracias a una inversión pública multimillonaria, inversión de dudosa rentabilidad económica pero de una notable rentabilidad social gracias a que constituye un importantísimo polo de atracción turística.

Incluso tenemos interesantísimos ejemplos en nuestro país de cómo una gigantesca explotación minera a cielo abierto puede ser de gran atractivo sin invertir nada en su restauración, hasta el punto de convertirse en Patrimonio de



la Humanidad. Y ese es el caso de *Las Médulas*.

En estos dos últimos casos, actividades mineras que hoy serían objeto –si estuvieran en actividad— de un gran rechazo social, hemos sabido restaurarlas, regenerarlas o incluso convertirlas en Patrimonio de la Humanidad, lo cual demuestra que somos capaces de afrontar cualquier reto medioambiental, incluso aquellos que hoy nos pudieran parecer irresolubles. Solamente necesitamos dos cosas: una firme voluntad y la colaboración de todos.

Necesitamos innovar precisamente es este aspecto. Se trata, no de innovación tecnológica, sino de innovar en la gestión, de cambiar el viejo paradigma de Administración vigilando y persiguiendo al administrado y del administrado tratando de eludir a la acción a la Administración. Necesitamos comprender de una vez por todas que las empresas no son los enemigos a batir, y que las actividades mineras no son necesariamente más perjudiciales para el medio ambiente que otras que gozan de gran aceptación social.

Solamente así podremos salir de esta crisis, entendiendo, unos y otros, que nadie está en posesión de la verdad absoluta, que nadie es tan sabio como para despreciar la opinión y los conocimientos del otro, que todos podemos aprender de todos y que, entre todos, podemos encontrar la solución a cualquier problema que se nos plantee. Porque los problemas ambientales son de todos y nos afectan a todos, y el sector minero no es solamente el que integramos quienes estamos del lado de fuera de la ventanilla de la Administración, es también esa Administración que legisla, vigila y prescribe. La responsabilidad es de todos. Colaboremos, pues, en la búsqueda de soluciones. ■

Historia y evolución de la escuela de minas de Manresa

Lluis Sanmiquel Pera. Departamento de Ingeniería Minera, Industrial y TIC. Universidad Politécnica de Catalunya. Vocal en las áreas de Universidades y formación del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Minas y de Grado en Minas y Energía de Catalunya y Baleares. Graduado en Ingeniería Minera y Doctor por la UPC.

Juan Ignacio Navarro Villanueva. Decano del Colegio de Ingenieros Técnicos y de Grado en Minas y Energía de Catalunya y Baleares. Presidente del Comité Técnico del Gremi Àrids de Catalunya y Vocal de la Junta Directiva. Responsable División de Hormigones y Áridos del Grupo Copcisa. Ingeniero Técnico de Minas en Explotación de Minas y MBA Eada.

PALABARAS CLAVE: Escuela de Minas, Cátedra, Sostenibilidad, Minería de potasa, Matriculaciones.
KEY WORDS: School of Mines, Chair, Sustainability, Potash Mining, Matriculations.

La minería desarrollada en la cuenca salina catalana de las zonas de Cardona, Súria y Balsareny-Sallent ha tenido y tiene una influencia muy importante para la comarca del Bages. Actualmente es claramente uno de los motores económicos más sólidos con los que cuenta la comarca.

Una de las consecuencias positivas debidas a esta minería fue la creación de la «Escuela de Capataces Facultativos de Minas de Manresa» el año 1942. Esta escuela ha experimentado una evolución muy importante a lo largo de los años, y actualmente es una politécnica que imparte varias titulaciones de ingeniería industrial, a parte del grado y el máster en ingeniería de minas. Desde el año 2014 los estudios de ingeniería minera han entrado en una crisis de matriculaciones por lo que los responsables de los estudios de minas han adoptado una serie de medidas que pretenden lograr una recuperación de los niveles de matriculación anteriores al año 2014.

La Escuela de Minas de Manresa se fundó a partir de la Orden del Ministerio de Educación del 27 de octubre de 1942, si bien no empezaría su actividad docente hasta el curso 1943-1944. La escuela fue fundada con el nombre de «Escuela de Capataces Facultativos de Minas de Manresa».

Hubo diversos motivos que influyeron en la creación de la escuela, siendo determinante la situación de proximidad geográfica de Manresa a las explotaciones mineras potásicas que se habían empezado a desarrollar en el primer tercio del siglo XX, en las localidades de Cardona, Súria y Sallent. Así, en el libro «L'Escola Universitària Politècnica de Manresa. 50 anys de l'Escola de Mines (1942-1992)» en la página 27, en el apartado sobre la necesidad de una escuela de minas en Catalunya se indica un artículo que publicó el ingeniero José María López de Azcona denominado «La enseñanza de la minería en España durante el período de la II República». En dicho artículo se dice textualmente lo siguiente:

«Cuando trabajábamos en la zona minera de la cuenca del Cardoner (1931-1933), vimos la enorme falta de Facultativos de Minas, desplazándose sus actividades profesionales a otros titulados. Varias veces cambiamos impresiones con Ingenieros del Distrito Minero de Barcelona y con los destinados en las empresas, sobre la necesidad de crear una Escuela en Cataluña y la buena situación de Manresa, como de acceso más fácil desde las diversas cuencas mineras. En aquellos momentos de continuos conflictos sindicales e intranquilidades sociales, establecimos contactos con la Generalitat, donde expusimos esta idea. En principio fue bien acogida la promoción de la Escuela y por su Delegación de Cultura se vio la posibilidad de su inmediata creación en Manresa, en locales oficiales destinados a otros fines docentes. No insistimos más sobre este asunto por dejar nuestras actividades profesionales en aquella zona.»

Por lo tanto en el artículo indicado se señala la gran necesidad por parte de las minas de potasa de la cuenca del Cardener (Cardona y Súria) de Facultativos de Minas ya a principios de los años 30 del Siglo XX.

EL ORIGEN DE LA ESCUELA DE MINAS DE MANRESA

Tal como se ha indicado, la Escuela inició su actividad docente el curso 1943-1944 en el edificio del Instituto Lluís de Peguera de Manresa, siendo su primer subdirector el señor José Aramburu Luque, ingeniero de minas y director de Unión Española de Explosivos de Cardona. Por lo tanto, el primer cargo directivo de la Escuela fue un ingeniero de minas procedente de la cuenca potásica. En este caso de Cardona.

Los ingenieros que iniciaron las tareas docentes de la Escuela de Minas fueron, a parte del señor José Aramburu, los ingenieros de minas Juan Sánchez Arboledas, Mariano Aguirre Martínez (director-gerente de Unión Salinera Española), Jesús Mir Amorós (director de las minas de Balsareny) y Josep Comella Castell (director de Carbones de Berga, S.A.)

Las empresas mineras, según consta en la orden fundacional de la Escuela, se habían comprometido cada una de ellas con una cantidad que oscilaba alrededor de 6.000 pesetas anuales (36 €/año). Las empresas que daban subvenciones eran: Unión Española de Explosivos S.A. de Cardona, Minas de Potasa de Súria S.A., Potasas Ibéricas S.A. de Sallent, Unión Salinera de España S.A., que tenía representación en Barcelona, Explotaciones Potásicas, S.A. de Balsareny, y Carbones de Berga, S.A.

Por lo tanto, sin el concurso de las diferentes empresas de la cuenca potásica hubiera sido totalmente inviable la Escuela de Minas de Manresa, tanto desde el punto de vista económico como desde el punto de vista docente.

EVOLUCIÓN DE LA ESCUELA DE MINAS DE MANRESA

A continuación se indican las diferentes fases que experimentó la Escuela de Minas de Manresa a lo largo de su historia:

Entre 1942 y 1957 funcionó como una Escuela Técnica para Capataces Facultativos de Minas con el fin de formar personal especializado en el ámbito minero para las minas de la cuenca potásica del Bages y cuenca carbonífera del Alt Berguedà. En el año 1957 con la aprobación de la Ley de Ordenación de las Enseñanzas Técnicas, Escuelas Técnicas tipo la de Manresa pasaron a llamarse Escuelas Técnicas de Peritos. Concretamente, la escuela de minas de Manresa pasó a llamarse «Escuela Técnica de Peritos de Minas y Fábricas Mineralúrgicas y Metalúrgicas». Con esta Ley se hizo una unificación de contenidos acadé-

Sin el concurso de las diferentes empresas de la cuenca potásica hubiera sido totalmente inviable la Escuela de Minas de Manresa, tanto desde el punto de vista económico como desde el punto de vista docente.

micos de todas las enseñanzas técnicas, pasando a depender todas del Ministerio de Educación, y quedando agrupadas por ramas o especialidades en enseñanzas técnicas de grado superior y de grado medio. Las enseñanzas de minas de Manresa quedaron clasificados en estudios técnicos de grado medio en la rama minera.

En 1964 se aprobó la «Ley de Reforma de la Enseñanza Técnica» que profundizaba los cambios de la Ley del año 1957. Con la Ley de 1964 se estableció que para poder acceder a cualquier estudio de peritos, era necesario tener el bachillerato superior. A partir de este año 1964, la escuela pasó a llamarse «Escuela de Ingeniería Técnica Minera». Hubo un nuevo plan de estudios, el cual volvió a ser cambiado en 1972.

En 1972 la Escuela de minas de Manresa se integró en la Universidad Politécnica de Barcelona que en el año 1984 se convertiría en Universidad Politécnica de Cataluña. En 1976, la escuela se convirtió en una politécnica al comenzar a impartir también titulaciones de ingeniería técnica en el ámbito industrial. La Escuela paso a llamarse «Escuela Universitaria Politécnica de Manresa».

La aplicación de la Ley de Reforma Universitaria del año 1983 supuso la organización de la universidad en departamentos, convirtiéndose en las unidades nucleares de la organización universitaria. Uno de los departamentos más significativos para la Escuela de Manresa fue el Departamento de Ingeniería Minera y Recursos Naturales, con sede exclusiva en la Escuela. Este departamento se creó en el año 1988 por la singularidad de los estudios de minas y de las ciencias de la tierra, peculiares de la escuela, que hizo que varios profesores tuvieran interés en la creación de este departamento dentro de esta área temática. Actualmente, el Departamento de Ingeniería Minera y Recursos Naturales dispone de profesorado especializado para impartir docencia en los ámbitos de explotación de minas, investigación y prospección minera, química aplicada e ingeniería química. Se ofrecen cuatro titulaciones distintas, de primero y segundo ciclo.

Respecto a la docencia de tercer ciclo, el Departamento ha organizado el programa de doctorado «Recursos Naturales y Medio Ambiente» con mención de calidad, renovada de forma ininterrumpida desde el año 2005.

En 2006 la Escuela pasó a llamarse Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Manresa (EPSEM), al comenzar a impartir los estudios de segundo ciclo de minas en el curso académico 2005-2006.

En octubre del año 2007 se creó la Cátedra empresa en minería sostenible entre la empresa Iberpotash, S.A. y la Universidad Politécnica de Catalunya. Fue creada en octubre de 2007 por iniciativa conjunta de la empresa Iberpotash y la Escuela Politécnica Superior de Manresa de la UPC, para promocionar el conocimiento sobre temas de innovación y sostenibilidad en el ámbito de la ingeniería minera. Su actividad está orientada a la formación, la transferencia de resultados de la investigación, al asesoramiento y a la divulgación científica en el ámbito de la ingeniería de minas sostenible

A partir del curso 2008-2009 se puso en marcha también, el Máster en Ingeniería de los Recursos Naturales. Ampliándose el abanico de especialización de los profesores e investigadores del Departamento, abarcando áreas tan variadas como la explotación de minas, la ingeniería cartográfica y geodésica, la fotogravimetría, la prospección minera, la mineralogía, la petrología, la paleontología, la química aplicada, la química orgánica, la química analítica, la ingeniería química y el medio ambiente.

A partir del «Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales», y de la «Orden CIN/306/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Minas»; en el curso 2009-2010 empezó el primer curso del Grado en Ingeniería de Minas en la Escuela de Minas de Manresa. Asimismo, en el curso 2013-2014 se empezó a impartir el Máster Universitario en Ingeniería de Minas basado en la «Orden CIN/310/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Minas».

Entre los años 2011-2013 varios profesores de la sección de minas de la EPSEM participaron en el proyecto europeo WIRELESS INTELLIGENT SYSTEM FOR ENVIRONMENTAL EVALUATION, SAFETY MONITORING AND GUIDANCE FOR RECREATIONAL AND ECOTOURISM UNDERGROUND.

A partir del año 2010 ha habido un gran incremento de la producción científica del profesorado de la sección de minas de la EPSEM fruto de la participación de los mismos en numerosos proyectos y trabajos de investigación.

A partir del año 2014 un profesor del área de explotación de minas de la EPSEM es el coordinador del proyecto europeo Increasing yield on Tungsten and Tantalum ore production by means of advanced and flexible control on crushing, milling and separation process, con una duración de 3 años, un presupuesto de 5.5 millones de euros y la participación de empresas e entidades públicas y privadas de 4 países de la UE.

En febrero de 2016 tuvo lugar la inauguración del punto informativo del Colegio de Ingenieros Técnicos y Grado en Minas y Energía de Catalunya y Baleares en la Escuela de Minas de Manresa.

En cuanto a la evolución del número de alumnos matriculados en el primer curso en la tabla 1 y gráfica 1 puede observarse la evolución que ha experimentado la escuela en los últimos 14 años.

Puede verse que la matriculación media en primer curso hasta el curso 2012/2013 es de 26.2. En el curso 2013/2014 se produce una caída y la matriculación se sitúa por debajo de los 20 alumnos; y por debajo de los 10 a partir del curso 2014/2015. Varias son las razones que pueden ayudar a explicar este destacable descenso en los últimos 3 años, tales como:

- La oferta universitaria ha aumentado mucho en los últimos 10 años. En consecuencia los alumnos pueden elegir en primera opción la mayor parte de las titulaciones ofertadas. Esto hace que no vengan alumnos que provengan de segundas o terceras opciones.
- La titulación es poco atractiva para los jóvenes. Existe la percepción errónea generalizada de que se trata de una titulación con un campo de acción limitado y en recesión. Efectivamente, y este es un tema que merece un capítulo aparte, la nuestra es una profesión que, en el imaginario de los jóvenes, llega con unas connotaciones negativas.

Gráfica 1. Evolución matriculación primer curso de Ingeniería Técnica de Minas hasta el curso 2008/2009, y de Grado en Ingeniería Minera a partir del curso 2009/2010.

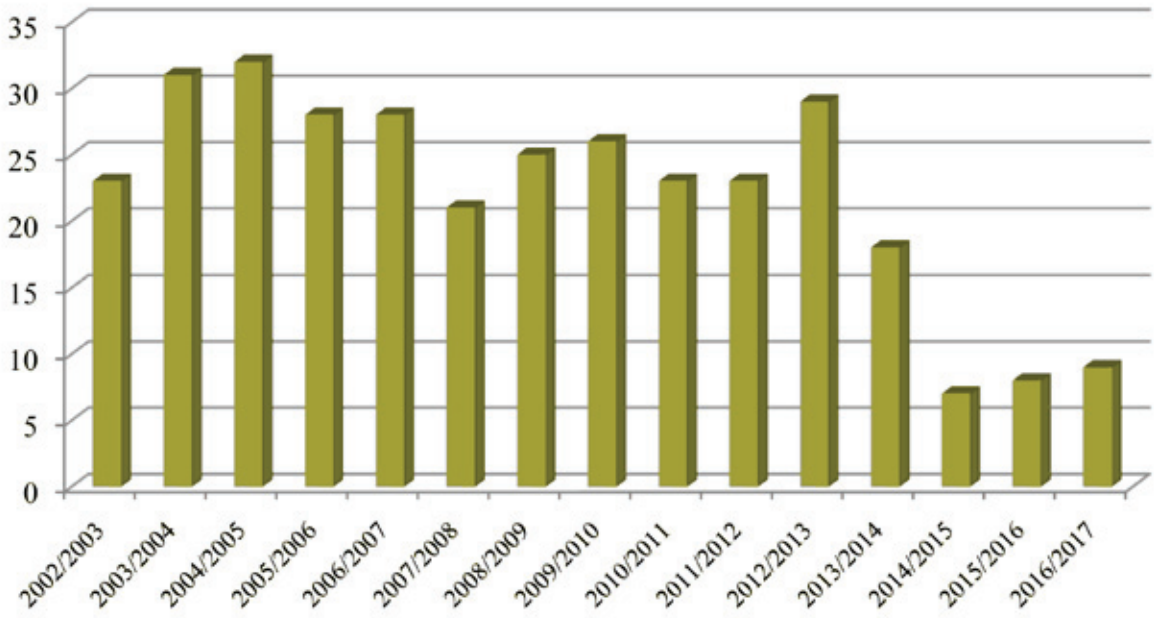


Tabla 1. Evolución matriculación primer curso de Ingeniería Técnica de Minas hasta el curso 2008/2009, y de Grado en Ingeniería Minera a partir del curso 2009/2010. Fuente: Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Manresa.

Curso Académico	Nº alumnos	Curso Académico	Nº alumnos
2002/2003	23	2010/2011	23
2003/2004	31	2011/2012	23
2004/2005	32	2012/2013	29
2005/2006	28	2013/2014	18
2006/2007	28	2014/2015	7
2007/2008	21	2015/2016	8
2008/2009	25	2016/2017	9
2009/2010	26		

Sin embargo, teniendo en cuenta la crisis, varias ingenierías del ámbito civil y de la construcción en la UPC, se han comportado igual o peor en número de matriculaciones de primer curso, una razón parece ser la más probable de este fuerte descenso: la gran crisis que está azotando Catalunya en el ámbito del sector de la construcción (edificación, obra pública,…).

En el curso 2015/2016, al ser el segundo año que se producía una matriculación en primer curso por debajo de los 10 alumnos se planificaron desde la sección de minas de la EPSEM una serie de medidas internas y externas que se han empezado a aplicar en el curso 2015/2016. Así destacan las siguientes medidas:

INTERNAS

- Implantación de un nuevo plan de estudios en el grado más atractivo para el alumno. Se ha empezado a impartir en el curso 2016/2017. Este plan de estudios se caracteriza por una disminución de materias científicas y un aumento de materias técnicas (en especial de materias del sector minero, de geología aplicada, modelización del terreno y de gestión territorial). Asimismo, se ha llevado a cabo la introducción de la aplicación de varios softwares de modelización geológica, minera y del terreno.
- Nombramiento de 2 tutores del profesorado de minas de cara a atender cualquier queja o anomalía de los estudiantes de grado y máster.
- Realización de 2 asambleas de estudiantes de minas. Una en cada cuatrimestre.
- Aumento de visitas a empresas del sector de la minería, construcción, gestión ambiental y/o territorial, industria del sector energético, etc.
- Publicidad de todas las actividades de la sección de minas de la escuela en las redes sociales.
- Incremento de charlas y conferencias en asignaturas de grado y máster por parte de profesionales de materias afines a la minería, construcción y energía.
- Hacer una extensión de minería de las geolimpiadas en las que la escuela participa en su organización cada año.

EXTERNAS

- Hacer un cuadro de convalidaciones de diferentes ciclos formativos relacionados directa o indirectamente con el sector de la minería, edificación, obras públicas, energía, etc. e informar de ello a los diferentes institutos de Cataluña que imparten alguno de estos ciclos formativos.
- Coordinar servicio de marketing de la escuela en el tema de minas, con campañas de marketing del gremio de áridos, ICL, etc.
- Establecer contactos con empresas de minería, construcción, ingeniería ambiental, territorial, voladuras, aguas minerales, colegios profesionales, Dirección General de Energía, Minas y Seguridad Industrial, ICGC, etc., de cara a incrementar los convenios de educación educativa, becas del primer cuatrimestre de la carrera, realización de proyectos finales de carrera, etc.
- Incrementar las colaboraciones con el Colegio de Ingeniería Técnica y de Grado en Minas y Energía de Catalunya y Baleares.
- Asistir a ferias de temas de educación donde quepa la enseñanza universitaria. Buscar recursos en empresas.
- Potenciar la realización de jornadas anuales de minería. El año que viene en especial al ser el 75 aniversario de la escuela. Se está gestando un Foro Catalán de la Minería.

Es probable que pocas o ninguna de las medidas indicadas empezarán a tener efecto en la matriculación de forma inmediata (curos 2017/2018), necesitándose un período de 2-3 años. Ello se debe esencialmente a que, aunque haya indicios de que el sector de la construcción en Catalunya empieza a recuperarse, este efecto aún tardará en consolidarse e influir en la población.

Entonces, teniendo en cuenta lo que se ha indicado, y con la voluntad de poder hacer frente a esta crisis por la que está pasando la Escuela de Minas de Manresa, se ha considerado la posibilidad de declarar los estudios de minas de Manresa en estratégicos por parte de la UPC, al igual que otras ingenierías de Catalunya. Para ello es imprescindible que se cumplan algunos de los siguientes requisitos:

1. Estudios de única impartición en Catalunya como es el caso de los estudios de ingeniería de minas de la UPC en Manresa.
2. Aceptación de la declaración de estudios estratégicos por parte de la Generalitat con el consiguiente apoyo económico a la UPC para mantener los estudios.
3. Apoyo económico de empresas del sector minero, construcción y energético en forma de becas a estudiantes de primer curso de cara los costes de matriculación, residencia o transporte.
4. Apoyo económico de empresas del sector minero, construcción y energético para laboratorios y otros conceptos de la universidad.
5. Elaboración de un informe en el que se demuestre que el ámbito de los estudios que se quieren declarar estratégicos (minería en este caso) tiene una importancia mínimamente adecuada para la economía del país, en cuanto a número de trabajadores, actividades, problemáticas, investigaciones, % de influencia en el PIB, etc. que justifiquen la existencia de una escuela de ingeniería minera en el ámbito de Catalunya.

La gran ventaja de la declaración de unos estudios como estratégicos con el consiguiente apoyo económico de la administración pública y/o el sector privado, es que automáticamente esos estudios quedan excluidos de los que se encuentran en peligro de desprogramación por baja matriculación de los mismos.

Efectivamente, e independientemente de la consideración que sobre este aspecto adopte la Generalitat de Catalunya juntamente con la UPC, los estudios de minería y energía que actualmente se pueden cursar en la EPSEM, se han convertido ya en estratégicos para el desarrollo sostenible del país.

Por todo lo indicado, los responsables de los estudios de ingeniería minera de la EPSEM han iniciado los trámites necesarios para la declaración de los estudios indicados como estratégicos. Se han llevado a cabo reuniones con el rectorado así como con empresas y gremios del sector minero, y se ha empezado a recabar información con el objetivo de elaborar el informe del sector minero de Catalunya. Con este informe se quiere demostrar que en Catalunya son necesarios estos estudios de ingeniería minera de cara a que el sector minero, parte del sector energético y de las obras públicas puedan desarrollar sus actividades de una forma adecuada desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y de seguridad laboral.

Efectivamente, e independientemente de la consideración que sobre este aspecto adopte la Generalitat de Catalunya juntamente con la UPC, los estudios de minería y energía que

La Comisión Europea, en el marco del Programa de Ayudas a la Investigación e Innovación denominado Horizonte 2020, establece ya la iniciativa Raw Materials, como estrategia para responder a los diferentes retos de acceso a las materias primas no energéticas.

actualmente se pueden cursar en la EPSEM, se han convertido ya en estratégicos para el desarrollo sostenible del país. Si tenemos en cuenta, que ningún territorio puede permitirse el lujo de no aprovechar los recursos mineros y energéticos que se encuentran en su subsuelo, y a esto le añadimos, que toda sociedad moderna y ambientalmente sostenible, debe ser capaz de explotar sus recursos con las mejores técnicas disponibles y con el menor impacto en el medio en el que se desarrollan, la consecuencia lógica de dichas afirmaciones, es la necesidad de disponer de técnicos titulados y capacitados para llevarlas a cabo.

No obstante, si bien es cierto que la afirmación anterior está plenamente interiorizada por el sector industrial y minero, es necesario que reconozcamos que no sucede lo mismo con la sociedad en general. Efectivamente, la nuestra es una profesión que en los últimos años, ha sufrido un deterioro en la percepción que la población ajena a la misma tiene de ella. A menudo, y casi siempre fruto del desconocimiento, se cataloga al sector extractivo como depredadores del territorio. Se nos considera una actividad que no tiene respeto por el medio ambiente, cuando en realidad planificamos y ejecutamos nuestros proyectos con la vista siempre puesta en la eliminación o minimización de los impactos generados.

La Comisión Europea, en el marco del Programa de Ayudas a la Investigación e Innovación denominado Horizonte 2020, establece ya la iniciativa Raw Materials, como estrategia para responder a los diferentes retos de acceso a las materias primas no energéticas. Es decir, que la propia Comisión Europea entiende y legisla sobre la importancia de proteger y asegurar el acceso a las materias primas existentes en el subsuelo del territorio europeo. Lo que está haciendo la Comisión Europea es declarar la relevancia estratégica de la industria extractiva, para asegurar su continuidad, y por añadidura de la profesión y de sus profesionales.

Así que nuestros esfuerzos, los de todos, universidades, sectores empresariales afectados y también los colegiospProfesionales, deben ir encaminados a la dignificación de la profesión, para conseguir que la sociedad nos perciba como un sector estratégico y en consecuencia imprescindible para el desarrollo sostenible del país.

CONCLUSIONES

La Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Manresa debe su origen a la minería desarrollada en la cuenca potásica de las zonas de Cardona, Súria y Sallent-Balsareny. Se ha comentado como su fundación fue debida en gran parte a las necesidades de esta minería. Su soporte financiero y docente fue básico los primeros años de la escuela. El hecho que existiera una Escuela de Minas en Manresa desde el año 1942 fue decisivo para que en el año 1976 la Escuela pasara a ser Politécnica.

En octubre de 2007 se inició la Cátedra empresa «Iberpotash» en minería sostenible que ha comportado importantes beneficios económicos, técnicos, docentes y de investigación, a la Universidad Politécnica de Catalunya y la Escuela de Manresa. Los resultados en estos 8 años de funcionamiento de la Cátedra empiezan a ser importantes con perspectivas sólidas de un incremento de la componente investigadora.

Desde el año 2010 ha aumentado la participación de los profesores de la Escuela de Minas de Manresa en diversos proyectos de investigación relacionados directamente con la minería con el consiguiente incremento de publicaciones en revistas internacionales indexadas en la «Journal Citation Report».

Desde el año 2014, las matriculaciones de primer curso han caído a valores preocupantes para la viabilidad de los estudios de minas de la EPSEM. Para ello se han iniciado una serie de medidas que deben conllevar un aumento de la matriculación a medio plazo. Asimismo, se han iniciado los trámites para conseguir que los estudios de Grado en ingeniería minera de la EPSEM sean considerados por la Generalitat de Catalunya y por la UPC como estratégicos. Ello conlleva que la viabilidad de dichos estudios dejan de depender directamente de las matriculaciones de primer año. Sin embargo, cabe resaltar que todo el conjunto de medidas que se han iniciado, se han pensado e implementado con la intención de llevar los estudios indicados a su sostenibilidad en el tiempo, independientemente de si son estratégicos o no.

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos dar las gracias a todas las personas que a lo largo de los ya 74 años de funcionamiento de la Escuela de Minas de Manresa han contribuido de forma directa o indirecta en su fundación, desarrollo y consolidación. También a las empresas e instituciones siguientes: Colegio de Ingenieros Técnicos y de Grado en Minas y Energía de Catalunya y Baleares, ICL Iberia, Gremi d'àrids de Catalunya, Anhefop, Ciment Català, Dirección General de Energía, Minas y Seguridad Industrial de Catalunya y Confedem; por su soporte y confianza en la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Manresa. ■

BIBLIOGRAFÍA

PUIG ROVIRA, Francesc Xavier; L'Escola Universitària Politècnica de Manresa. 50 anys de l'Escola de Mines (1942-1992). Servicio de Publicaciones de la UPC. 1993.

http://www.epsem.upc.edu/

José Javier Medina, nuevo presidente del INGITE

El 29 de noviembre han tomado posesión de sus cargos los nuevos miembros electos de la Junta de Gobierno del INGITE (Instituto Nacional de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España), siendo José Javier Medina Muñoz, Presidente del Colegio y la Asociación de Graduados e Ingenieros Técnicos de Telecomunicación, el nuevo Presidente del INGITE.

Fueron reelegidos como Vicepresidente, Andrés Díez Galilea, Presidente del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Topógrafos y como vocal económico, José Luis Leandro Rodríguez, Presidente del Consejo General del Colegio de Ingenieros Técnicos de Minas. El cargo de Secretaria General lo sigue ocupando Mª Ángeles de Blas.

José Javier Medina, Andrés Díez y José Luis Leandro, después de la toma de posesión, agradecieron y resaltaron la labor del anterior Presidente del INGITE, Emilio Viejo. Se comentaron los resultados y avances alcanzados en los últimos cuatro años, tanto a nivel institucional, mediante las entrevistas y los encuentros con políticos y responsables de la Administración Pública española, como a nivel interno cohesionando actividades de proyección de la ingeniería técnica y el grado, obteniendo el reconocimiento nacional e internacional en el MECES y en el EQF europeo, poniendo en marcha las certificaciones para profesionales, con el reconocimiento a través de ENAC, aportando un cambio radical al rigor presupuestario y obteniendo mejoras en la administración, tesorería, etc.

El nuevo Presidente del INGITE, José Javier Medina, comentó que uno de los objetivos que tiene para esta legislatura es aumentar la visibilidad e influencia del INGITE en las relaciones con las autoridades españolas y europeas, junto con la renovación y demostración palpable del servicio a los ciudadanos por parte de los profesionales de los grados, ingenierías técnicas y arquitectura técnica. Asimismo, crecer, promover la mejora de perfiles en posgrados y abrir la institución a nuevos colectivos de Graduados en Ingeniería.

Instó para ello a sus compañeros de Junta a organizar una sesión urgente de trabajo en el próximo mes de diciembre para elaborar un Plan Estratégico del INGITE, en el cual diseñar, asignar y delegar funciones clave a encabezar por distintos presidentes de las entidades de ingeniería para continuar así con la modernización de esta institución clave en el tejido social y productivo de la economía española.

Por su parte el Vicepresidente, Andrés Díez y el Vocal Económico, José Luis Leandro, que han trabajado estos últimos cuatro años con Emilio Viejo, solo tuvieron palabras de agradecimiento por la intensa labor realizada por este, en defensa de los intereses de la Ingeniería Técnica española y se comprometieron en hacer crecer el equipo que conduzca a los más de 300.000 ingenieros y arquitectos técnicos que representan, a su mayor éxito profesional y rigor al servicio de la sociedad. ■

Regreso a Unión Profesional

Tras casi cuatro años alejados de la Unión Profesional como miembros de pleno derecho, en la última reunión del Consejo se aprobó prácticamente por unanimidad volver al seno de ésta Asociación de Colegios Profesionales, de donde salimos por falta de recursos para poder hacer frente a su cuota. En el mes de abril de este año se mantuvo una interesante reunión con algunos responsables de U.P. donde quedó patente la necesidad de pertenecer a estas organizaciones sobre todo cuando no sabemos qué ocurrirá con la futura Ley de Colegios y también de la posibilidad de compartir con el resto de colectivos profesionales nuestros problemas, máxime cuando pertenecen a ella 34 Instituciones colegiales, incluida toda la Ingeniería Técnica española. Y, finalmente, el pasado 12 de julio, se celebró una Asamblea Extraordinaria en Unión Profesional donde se aprobó por unanimidad la incorporación del Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos de Minas y Grados de Minas y Energía a esta institución. ■

Celebrada la Asamblea de la FEANI 2016

El pasado 14 de octubre de 2016 se ha celebrado en Estocolmo (Suecia) la Asamblea General de la FEANI, federación en la que están representados asociaciones nacionales de ingenieros de 34 países. Por parte del Comité Español de la FEANI asistieron el Presidente, José Javier Medina Muñoz, la vocal, María Nuño y en sustitución del Vicepresidente del Comité, Luis Manuel Tomás Balibrea. También asistieron Juan Blanco, miembro del Executive Board y David Sedano, miembro español en el EMC.

A esta Asamblea acudieron 27 países representantes de esta Federación y también, se contó con la presencia de los presidentes de ENAEE (European Network for Accreditation of Engineering Education), EYE (European Young Engineers), BEST (Board of European Students of Technology) y SEFI (European Society for Engineering Education).

Entre los muchos temas que se trataron destacan:

- La presentación de un programa evolutivo, para compartir en un solo registro programas universitarios en ingeniería, lo que será la unificación de la base de datos del INDEX y la del registro EUR ACE. Este será el primer paso para la plataforma «Engineers Europe».
- La presentación, para su aprobación, del documento «The Professional Status of the Engineer in Europa», elaborado por los Sres. Fredrik Edman (Swedish National Committee FEANI), Lars Funk (VDI Association of German Engineers); Thomas Kiefer (VDI Association of German Engineers); Vjera Krstelj (Croatian Engineering Association); Juan Blanco Lino (Spanish National Committee FEANI); Damien Owens (Engineers Ireland); Hannes Treier (Swiss National Committee FEANI).
- El Proyecto CTP (Common Training Principles) para ingenieros, habiendo participado 27 países miembros.
- La presentación del presupuesto para el año 2017, en el que se han ajustando algunas partidas, debido a los resultados negativos por el impago de cuotas de algunos países, así como por la bajada de los Eur. Ings.
- La aprobación de la entrada de Turquía TMMOB – Union of Chamber of Turkish Engineers and Architects en la FEANI.
- La expulsión de Azerbaiyán y Hungría de la FEANI, así como pasar a ser miembros suspensos Luxemburgo y Rusia.
- La reelección del tesorero Ulf. Bengtsson – Suecia.

El día anterior a la celebración de la Asamblea, tuvo lugar la reunión de NM Forum, National Member Forum, donde se reunieron presidentes y secretarios de los diferentes comités nacionales, así como miembros del Ex. Board para debatir los temas que se trataran en la Asamblea General. ■

¿CÓMO CONSEGUIR EL TÍTULO EUR ING?

El EUR ING es un título otorgado por la FEANI, diseñado como una garantía de competencia para los profesionales de la ingeniería que, además, contribuye a facilitar la movilidad, tanto dentro de la zona geográfica que conforman los países miembros de la FEANI, como fuera de ella en un elevado número de terceros países en donde dicho título es altamente reconocido. Así mismo permite establecer un marco de reconocimiento mutuo que, teniendo en consideración los diferentes niveles formativos y las cualificaciones profesionales, facilite su libre circulación.

Para ser poseedor del título de EUR ING se debe alcanzar una formación mínima de siete años en el conjunto de los ámbitos de la formación universitaria y la experiencia profesional en ingeniería, requiriéndose un mínimo de tres años en formación universitaria y dos años en experiencia profesional. Ello implica que, con carácter general, para el caso español, en función del título universitario del que se disponga, se requerirá acreditar un número mínimo de años en ejercicio profesional (ver tabla).

Todo EUR ING, precisa ser contrastado y acreditado como tal por dos diferentes comités de reconocida autoridad dentro de los ámbitos del conocimiento y de la práctica de la ingeniería, tanto en el país de pertenencia como a nivel europeo:

- En su propio país, donde el Comité Nacional de la FEANI a través del Comité Español de Acreditación da fe de la validez de las certificaciones otorgadas: 1º) Por la universidad y 2º) Por la/s empresa/s en que ha venido desarrollando su ejercicio profesional.
- A nivel internacional, donde el Comité de Acreditación EMC (European Monitoring Committee), organismo de rango supranacional de la FEANI que certifica la validez de la acreditación académica y profesional del EUR ING, conforme con los criterios vigentes aprobados por la Asamblea General de la FEANI.

Procedimiento que garantiza que cada EUR ING se encuentra avalado como profesional reconocido, tanto a nivel nacional como internacional, siendo poseedor de una preparación y experiencia suficiente, en cantidad y en calidad, para su acreditación e intercambio en 35 países europeos.

Tramitado y aprobado el expediente, el profesional EUR ING recibe un certificado y un diploma.

La acreditación EUR ING representa para el profesional de la ingeniería un reconocimiento como recurso humano de alta competitividad por su «saber hacer» profesional actual, pero también por su capacidad de adaptación a las nuevas tendencias tecnológicas y de gestión. La fiabilidad que ofrece un Euroingeniero se basa en el contraste de los niveles de formación y experiencia presentes en su currículum.

Además, el hecho de estar incluido dentro de las asociaciones que forman parte de la FEANI, permite a sus miembros la participación plena en las distintas actividades de cooperación e intervención en temas de interés, propios de la comunidad científico-tecnológica y cultural que organiza FEANI en colaboración con las diferentes ramas de la ingeniería europea. ■

Título Universitario	Duración	Experiencia profesional mínima
Ingeniero	6 o 5 años	2 años
Ingeniero Técnico	3 años	4 años
Grado	4 años	3 años
Máster Habilitante + Grado	–	7 años (años de duración de los estudios de Grado más Máster); como mínimo 2

NORMAS PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS EN LA REVISTA

1. Los artículos enviados para su publicación deberán ser inéditos. No obstante si hubieran sido publicados en algún encuentro científico o profesional deberá indicarse tal circunstancia, a fin de que el comité editorial valore la idoneidad de su publicación.
2. El presentación del artículo será en formato digital en dos tipos de archivo: uno en formato .pdf donde el autor habrá maquetado a su gusto el artículo con la posición de las fotografías, tablas e ilustraciones que lo acompañan; y otro donde irá el texto en formato Word editable. Las fotografías, tablas o ilustraciones, irán en formato .jpg.
3. El título del artículo no sobrepasara los 60 caracteres, contando los espacios. Se podrá hacer un subtítulo de igual extensión. Se valorará positivamente que se adjunte la traducción al inglés del título y el subtítulo.
4. Tras el titulo deberá adjuntarse el nombre y apellidos del autor/autores, con la titulación, empresa o entidad donde trabaja y datos de contacto: teléfono y e-mail. Los datos de contacto no serán publicados en la revista y únicamente son por si el comité editorial debe ponerse en contacto con el/ los autor/es.
5. El artículo irá precedido de un resumen de entre 50 y 150 palabras con una relación de palabras clave. Se valorará positivamente que se adjunte la traducción al inglés.
6. La extensión del texto del artículo no será superior, sin fotografías ni tablas, o ilustraciones, a los seis páginas DIN A4, con tipo de letra Arial 12 y márgenes: superior 2,5 cm; inferior 2,5 cm; derecho 3 cm.; izquierdo 3 cm. El espaciado será 1,5.
7. Si el artículos va dividido en apartados, éstos tendrán un titulo apropiado al contenido, serán concisos, menos de 60 caracteres contando los espacios, y se harán en Arial 14 negrita.
8. Las referencias bibliográficas en el texto se harán con los apellidos del autor y año de publicación. En caso de varios autores se indicará solo el nombre del primero seguido de “et al”.
9. La bibliografía se presentará al final en orden alfabético, indicando apellido e inicial del nombre de cada autor, año, título del trabajo, publicación, número de volúmenes: primera-última página.
10. Los trabajos se acompañarán de, al menos, tantos documentos gráficos (fotografías, tablas, ilustraciones,…), como páginas tenga el artículo. Los pies de fotos, tablas e ilustraciones, estarán perfectamente identificados. En el caso de las tablas, las unidades y símbolos serán los del Sistema Internacional.
11. Los documentos gráficos tendrán la calidad suficiente para su publicación, y no deberán requerir una reducción mayor del 50% del tamaño que se acompañe.
12. Los artículos se presentarán vía Colegio Territorial al que pertenezca el/los autor/es. En caso de pertenecer a más de un colegio, bastará con la presentación en uno de ellos.
13. Los artículos publicados quedarán en propiedad del Consejo. Los no publicados se devolver al colegio de procedencia.
14. Los autores, con la presentación del artículo para su publicación, aceptan las correcciones de textos y revisión de estilo que decida el comité editorial, así como lo dispuesto en las presentes normas.

PRIMAS MENSUALES 2017

De 0 - 44 años	De 45 - 59 años
39,70 €	43,73 €

Para edades superiores consultar

MAPFRE

EL MEJOR CUADRO MÉDICO
INCLUIDA LA CLÍNICA UNIVERSIDAD DE NAVARRA

Las mejores garantías para tu familia

* Asistencia Primaria para tu familia
* Hospitalización médica y quirúrgica, así como hospitalización de día
* Medicina Preventiva
    * Planificación Familiar
    * Preparación al parto
    * Diagnóstico precoz enfermedades mama, ginecológicas, coronarias, próstata
    * Diagnóstico precoz de la diabetes y segumiento del enfermo diabético
* Rehabilitación cardíaca
* Reproducción Asistida y Crío-conservación de células madre del cordón umbilical
* Prótesis e implantes
* Estudio biomecánico de la marcha
* Osteopatía
* Acceso a la red hospitalaría en EEUU
* Ayuda hasta 12.000 € para adopción nacional e internacional

Cobertura Dental opcional

*** Asistencia odontológica completa gratuita (salvo Ortodoncia) para menores de 15 años.**

* Franquicias reducidas y servicios básicos gratuitos (consultas, RX, limpieza de boca y extracciones simples) para mayores de 15 años

91 781 51 28

prevision@adartia.es

El contenido del presente folleto publicitario es un resumen meramente informativo de las condiciones del seguro ofrecido, no teniendo en ningún caso carácter contractual alguno. Las coberturas y condiciones de adhesión al seguro, en cuanto a carencias y resto de requisitos serán facilitadas por el corredor, previamente a la contratación, a los asegurados que deseen concertar el seguro, así como toda la información y asesoramiento requerido en cumplimiento de lo establecido por la Ley de Mediación.
La efectividad de la contratación dependerá de la valoración realizada por las compañías aseguradoras en función del cuestionario de salud aportado por el solicitante del seguro.

Adartia Global Correduría de Seguros, S.A.
Inscrita en el registro Mercantil Tomo 4.575, libro O, Folio 139, Hoja BI-42981 CIF A-95374971.Inscrito en el Registro especial de Corredores de Seguros y de sociedades de Correduría de Seguros con la clave J-2428 y concertado Seguro de Responsabilidad Civil conforme a lo previsto en la legislación vigente.

CONSEJO GENERAL DE COLEGIOS OFICIALES DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS Y GRADOS EN MINAS Y ENERGÍA

www.consejominas.org