

GAS NO CONVENCIONAL: *SHALE GAS*

**Aspectos estratégicos, técnicos,
medioambientales y regulatorios**

Eloy Álvarez Pelegry
Claudia Suárez Díez

ORKESTRA - INSTITUTO VASCO DE COMPETITIVIDAD
FUNDACIÓN DEUSTO

Marcial Pons

MADRID | BARCELONA | BUENOS AIRES | SÃO PAULO

2016

Índice

| | Pág. |
|---|------|
| PRESENTACIÓN, por Emiliano López Atxurra | 15 |
| PREÁMBULO, por Pilar Urruticoechea | 17 |
| PRÓLOGO | 19 |
| 1. EL PAPEL DEL GAS NATURAL. SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS | 23 |
| 1.1. Panorama del gas en el contexto mundial..... | 23 |
| 1.1.1. Demanda de gas..... | 24 |
| 1.1.2. Producción | 25 |
| 1.1.3. Recursos y reservas..... | 29 |
| 1.1.4. Comercio internacional y mercados..... | 30 |
| 1.2. Estados Unidos de América y la revolución del <i>shale gas</i> | 34 |
| 1.2.1. Recursos y producción | 36 |
| 1.2.2. Precios | 42 |
| 1.2.3. Economía y empleo | 45 |
| 1.3. Europa | 50 |
| 1.3.1. Demanda y producción de gas..... | 50 |
| 1.3.2. Precios y mercados | 53 |
| 1.3.3. Costes de exploración/producción..... | 54 |
| 1.4. España | 57 |
| 1.4.1. Infraestructuras y consumo de gas..... | 57 |
| 1.4.2. Precios | 61 |
| 1.4.3. A modo de resumen..... | 62 |
| 1.5. El País Vasco | 63 |
| 1.5.1. La demanda de gas en el País Vasco..... | 63 |
| 1.5.2. Infraestructuras gasistas en el País Vasco..... | 68 |
| 1.5.3. A modo de resumen..... | 70 |

ÍNDICE

| | Pág. |
|--|------|
| 2. ¿QUÉ ES EL GAS NO CONVENCIONAL? | 71 |
| 2.1. <i>Shale gas</i> | 77 |
| 2.2. Otros gases no convencionales..... | 80 |
| 3. RECURSOS Y RESERVAS DE GAS..... | 85 |
| 3.1. Conceptos y consideraciones preliminares | 85 |
| 3.2. Cinco pasos para la evaluación de formaciones y cuencas | 89 |
| 3.3. Definiciones..... | 92 |
| 3.4. Estimaciones de recursos y reservas..... | 94 |
| 3.4.1. Contexto mundial | 94 |
| 3.4.2. Estados Unidos de América | 96 |
| 3.4.3. China, Canadá, Australia, Argentina y México | 97 |
| 3.4.4. Europa..... | 108 |
| 3.4.5. España y el País Vasco..... | 115 |
| 3.5. Conclusiones | 122 |
| 4. TECNOLOGÍAS EN LA EXPLORACIÓN DE GAS..... | 125 |
| 4.1. Exploración | 126 |
| 4.2. Construcción del emplazamiento del pozo | 128 |
| 4.3. Principales equipos y procesos para la perforación de pozos..... | 130 |
| 4.3.1. Sistema de circulación de lodos | 136 |
| 4.3.2. Entubación y cementación..... | 139 |
| 4.3.3. Testigos y registros eléctricos..... | 147 |
| 4.4. Perforación direccional y horizontal | 150 |
| 5. FRACTURACIÓN HIDRÁULICA Y PRODUCCIÓN | 153 |
| 5.1. Fracturación hidráulica..... | 153 |
| 5.1.1. Fluido de fracturación hidráulica, fluido de retorno y agua producida | 161 |
| 5.1.2. Control de la fracturación..... | 167 |
| 5.2. Completación del pozo | 168 |
| 5.3. Producción | 169 |
| 6. ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES RELATIVOS A LA EXTRACCIÓN DE GAS NO CONVENCIONAL | 175 |
| 6.1. Acerca del riesgo | 175 |
| 6.2. Trabajos de perforación y estimulación | 178 |
| 6.3. Agua y fluidos..... | 181 |
| 6.3.1. Extracción de agua | 181 |
| 6.3.2. Efectos potenciales sobre las aguas subterráneas | 185 |
| 6.3.3. Almacenamiento de fluidos..... | 189 |
| 6.3.4. Tratamiento de aguas residuales | 191 |
| 6.4. Sismicidad inducida | 194 |

ÍNDICE

| | Pág. |
|--|------|
| 6.4.1. Medición de las magnitudes sísmicas | 195 |
| 6.4.2. Sismicidad inducida por el proceso de fracturación hidráulica | 197 |
| 6.4.3. Buenas prácticas..... | 200 |
| 6.5. Radiactividad natural | 202 |
| 6.5.1. Radiactividad en los trabajos de exploración | 204 |
| 6.6. Necesidades de terreno, trabajos en el emplazamiento. Abandono y restauración del terreno | 205 |
| 6.6.1. Necesidades de terreno y trabajos en el emplazamiento ... | 205 |
| 6.6.2. Abandono y restauración del terreno | 207 |
| 6.7. Emisiones a la atmósfera y ruido | 209 |
| 6.7.1. Emisiones a la atmósfera | 209 |
| 6.7.2. Emisiones fugitivas de Metano..... | 211 |
| 6.7.3. Ruido | 213 |
| 6.8. Algunas conclusiones..... | 214 |
| | |
| 7. INVESTIGACIÓN Y EXPLOTACIÓN. NORMATIVA Y ASPECTOS REGULATORIOS..... | 219 |
| 7.1. Normativa española sobre exploración, investigación y explotación de gas no convencional..... | 219 |
| 7.1.1. Regulación para la exploración de hidrocarburos..... | 220 |
| 7.1.2. Regulación para la explotación de hidrocarburos..... | 222 |
| 7.1.3. La nueva Ley de hidrocarburos | 222 |
| 7.1.4. Regulación ambiental relacionada con la exploración y explotación de hidrocarburos..... | 223 |
| 7.2. Marco regulador europeo | 229 |
| 7.2.1. Informe del Comité de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria | 230 |
| 7.2.2. Informe de la Comisión Europea sobre los principios mínimos para la exploración de hidrocarburos no convencionales..... | 231 |
| 7.3. Marco regulador del Reino Unido | 235 |
| 7.3.1. Organismos participantes en la obtención de licencias de exploración..... | 235 |
| 7.3.2. Proceso para obtener la licencia | 236 |
| 7.3.3. Evaluación de impacto ambiental y restauración | 239 |
| 7.3.4. Licencia de exploración..... | 242 |
| 7.4. Algunos aspectos relevantes en torno a cuestiones ambientales relacionadas con el <i>shale</i> gas, en los Estados Unidos | 242 |
| 7.4.1. Restricciones de separación a edificios y fuentes de agua. | 246 |
| 7.4.2. Cementación y revestimiento..... | 246 |
| 7.4.3. Extracción de agua | 248 |

ÍNDICE

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| 7.4.4. Información acerca de los fluidos utilizados en la fracturación | 249 |
| 7.4.5. Almacenamiento de fluidos | 250 |
| 7.4.6. Inyección subterránea de fluidos residuales | 251 |
| 7.5. Algunas conclusiones..... | 253 |
| RESUMEN | 255 |
| BIBLIOGRAFÍA | 261 |
| ANEXO 1. UNIDADES Y CONVERSIONES | 271 |
| ANEXO 2. ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS | 273 |
| ANEXO 3. RECURSOS Y RESERVAS: ALGUNAS DEFINICIONES..... | 279 |
| ANEXO 4. FUNCIONES TÉCNICAS DE LOS FLUIDOS DE FRACTURACIÓN Y EJEMPLOS DE SUSTANCIAS QUÍMICAS | 291 |
| ANEXO 5. ALGUNAS NOTAS SOBRE EL REACH | 295 |
| ANEXO 6. PROYECTOS DE GNL EN NORTEAMÉRICA..... | 301 |

Presentación

Emiliano López Atxurra

Presidente del Comité de Patronos de la Cátedra
de Energía de Orkestra

Es para mí una satisfacción presentar el libro *Gas no convencional: shale gas. Aspectos estratégicos, técnicos, medioambientales y regulatorios* elaborado por la Cátedra de Energía del Instituto Vasco de Competitividad-Orkestra de la Universidad de Deusto. Un libro pionero en este país, por la forma de abordar y analizar el tema del gas no convencional.

Creo que el libro es muy oportuno, ya que la revolución del *shale gas* y del *shale oil* en los Estados Unidos está explicitando una transición energética que no se ha manifestado a través de políticas energéticas ni industriales, pero que inicia y estimula movimientos similares en otras partes, en particular en Europa.

El *shale gas* ha resaltado y puesto de manifiesto el papel del gas como energía clave en un contexto energético diferente; donde como consecuencia de su flexibilidad, de sus ventajas medioambientales y de la competitividad cobra un rol protagonista, como puente hacia un futuro, que aunque no lo conozcamos de antemano con precisión, será más eficiente y menos intensivo en carbono.

Por otra parte, la producción doméstica de gas no convencional, se revela como un activo para la transición energética, entre otras razones, por su decisiva contribución a la seguridad de suministro, al conocimiento tecnológico avanzado y al desarrollo industrial.

El libro de la Cátedra de Energía, a mi entender, realiza dos aportaciones, que creo hay que destacar. Primero es que trata el tema del gas no convencional, incluyendo los aspectos estratégicos, normativos y regula-

torios; examinando los aspectos técnicos de la perforación y fracturación hidráulica, con detalle suficiente como para poder entender las tecnologías implicadas en la exploración de *shale gas*. El segundo, y no menos importante, es que aborda las implicaciones medioambientales de la misma, desde diferentes puntos de vista: agua y fluidos, sismicidad, radiactividad, necesidades de terreno, emisiones y ruido. El enfoque conjunto de los capítulos técnicos y medioambientales creo que permite al lector formar criterio propio sobre el tema.

La Cátedra de Energía ha logrado consolidar, en sus cuatro años de andadura, un equipo de trabajo con conocimiento de las cuestiones energéticas, atrayendo a investigadores y a profesionales expertos; y ha analizado y estudiado temas de actualidad e interés para los decisores políticos.

El enfoque y los métodos de investigación y análisis buscan el rigor y la calidad en los trabajos y contribuyen, en mi opinión, a que los resultados aporten valor, lo que creo que es el caso.

La Cátedra trabaja en «nodos», con otros centros de investigación, *think tanks* y/o expertos. En este caso, esto se ha traducido en colaboraciones fructíferas con los destacados miembros del Grupo Asesor y del Grupo Revisor, a los que desde aquí transmito mi más sincero agradecimiento, al igual que al equipo de trabajo de la Cátedra de Energía, así como a los Patronos de la misma y, en particular, al Ente Vasco de la Energía, ya que gracias a su colaboración la publicación de este libro es una realidad.

Preámbulo

Pilar Urruticoechea

Directora general, Ente Vasco de la Energía

Este estudio nace con el objetivo de arrojar luz sobre el denominado gas no convencional y su extracción mediante las técnicas de estimulación hidráulica. Un tema de gran trascendencia ya que el aprovechamiento de este gas ha transformado completamente el mercado mundial de la energía, las perspectivas de producción y el abastecimiento energético a largo plazo, así como la capacidad de influencia, que, hasta hace pocos años, han ostentado los países productores frente a aquellos consumidores con relativamente escasos recursos propios.

Un tema de actualidad no exento de polémica, con posturas encontradas entre los defensores de su aprovechamiento, que lo consideran un elemento de importancia vital para la economía y la competitividad, y sus detractores, que estiman los proyectos de prospección como una amenaza real para el medio ambiente y las personas.

Euskadi consume energía de forma intensiva debido al peso e importancia de su industria, así como del transporte y del sector terciario. Las políticas energéticas desarrolladas sucesivamente, durante los últimos treinta años, han permitido reducir considerablemente la dependencia del petróleo y han diversificado las fuentes de abastecimiento. El uso del carbón es residual, a día de hoy, y otras fuentes de energía han crecido en presencia y en importancia, principalmente energías mucho más limpias como el gas natural y las energías renovables.

Es muy importante destacar la doble ventaja ofrecida por el gas natural, tanto como sustituto directo del petróleo, con menores emisiones y capacidad de abastecimiento continuo (imprescindible para garantizar la

competitividad); como para introducir en la industria tecnologías productivas de gran eficiencia, cuya implantación no hubiera sido posible con el uso de fuel. Tampoco es menos importante la gasificación doméstica, cuyo despliegue generalizó paulatinamente el acceso a una energía continua y segura a la mayoría de la población, alcanzando con ello las cotas de bienestar que hoy disfrutamos.

Y todo lo anterior, sin perjuicio de la apuesta decidida por la investigación y el máximo aprovechamiento de los recursos autóctonos renovables. Más si cabe en un país como Euskadi, que cuenta con un limitado espacio para sus emplazamientos; recurso éste tan necesario para las renovables, intensivas en la ocupación de terreno; y con tecnologías con diferentes grados de madurez ya que, como es sabido, no todas tienen la misma eficiencia ni capacidad de producción. Pero ésta es una carrera de fondo, y no cabe duda de que las renovables serán las protagonistas del futuro.

Siendo éste el contexto actual, estimo imprescindible todo esfuerzo encaminado a la difusión del conocimiento científico y tecnológico, capaz de presentar información contrastada y veraz que ponga al alcance de todos los agentes implicados los datos necesarios para la toma de decisiones, tan trascendentes para toda la sociedad como son, sin duda alguna, todas aquéllas relacionadas con la energía. Es también la labor divulgativa que mueve a una agencia energética como el Ente Vasco de la Energía, que tiene, entre sus fines, dar a conocer a la sociedad las tecnologías y las fuentes energéticas que utiliza para su abastecimiento.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad, y especialmente a los investigadores de la Cátedra de Energía que han participado en el proyecto de elaboración de este libro, por el esfuerzo realizado para aportar conocimiento sobre una materia tan compleja. La solvencia acreditada y el rigor académico de Orkestra nos sitúan ante un documento alejado de cualquier sesgo, que nos adentra en una realidad mundial como es el aprovechamiento del gas de *lutitas* o *shale gas*, su papel en la geopolítica internacional, las reservas disponibles, las diferentes tecnologías de exploración, así como amplias consideraciones medioambientales y normativas. Sin duda, se tratará de una de las obras de referencia en esta materia.

Prólogo

El libro que el lector tiene en sus manos se enmarca en los trabajos de la Cátedra de Energía de Orkestra, y en una de sus líneas, cubriendo el tema del gas no convencional.

Entre las materias abordadas en los estudios realizados por la Cátedra de Energía, se encuentran la electricidad y el gas, tanto desde el punto de vista de los mercados como de la energía e industria. Igualmente, se han estudiado e investigado temas desde la óptica de la política energética y la regulación.

En línea con los trabajos relacionados con el gas, se ha llevado a cabo un estudio sobre los mercados organizados de gas (*hubs*) en Europa, y se ha organizado una jornada sobre gas no convencional (*shale gas*) cuyas ponencias se publicaron en un *report* de Orkestra titulado *Gas no convencional: «shale gas»*, en el año 2012.

Por otra parte, en los estudios realizados en colaboración con *Notre Europe-Jacques Delors Institute* sobre la política energética en España en el contexto de los países del sur de Europa, o en el informe sobre la transformación del sector energético del País Vasco, se llamaba la atención sobre la conveniencia de abordar el tema del gas convencional desde diferentes puntos de vista, incluyendo el estratégico.

En efecto, el gas es una energía clave para España y para el País Vasco. Con menores emisiones de gases de efecto invernadero que otros combustibles fósiles, la demanda de gas ha aumentado, tanto a nivel nacional como autonómico, a lo largo de las últimas dos décadas, adquiriendo cada vez mayor peso no sólo en el sector terciario, sino también en el industrial, donde en 2012 supuso más de un 25% del consumo energético total.

Esto ha sido posible gracias al importante desarrollo de infraestructuras (redes de transporte y distribución, plantas de regasificación, almacenamiento, etc.), que han supuesto elevados volúmenes de inversión.

Como es sabido, la dependencia de las importaciones de gas es prácticamente total, procediendo, en gran medida, de países de fuera de la OCDE. Este libro aborda el tema del gas no convencional, desde diferentes enfoques, todos ellos importantes, con el objeto de dar una visión lo más completa posible.

Así se comienza examinando los aspectos estratégicos del gas natural y del gas no convencional. Como no podría ser de otra manera, por su relevancia, se analiza la revolución del *shale gas* en Estados Unidos, aunque también se tratan los desarrollos en otros países y, en particular, en Europa; donde se examina desde el punto de vista general y de los países relevantes para el caso.

Igualmente se analiza la importancia estratégica, por su peso en el *mix* energético, y el futuro que tiene el gas natural en España y en el País Vasco; como consecuencia, entre otras razones, del desarrollo de infraestructuras gasistas, del alcance en la industria, de la mejora del medio ambiente y de la competitividad.

Se tratan también los aspectos económicos tanto de costes como de precios, ya que se entiende que son parte fundamental de un examen sobre el futuro del gas y, en particular, del gas no convencional.

Tras definir lo que es el gas no convencional y hacer referencia a las diferencias entre los conceptos de recursos y reservas, en este libro se examinan, con cierto detalle, las tecnologías, tanto de perforación como de fracturación, entendiendo que los aspectos medioambientales que ocupan una parte sustancial del presente trabajo no se pueden entender ni evaluar correctamente, si previamente no se han tratado estos procesos.

Los temas medioambientales se han desarrollado a lo largo del siguiente capítulo, cubriendo un amplio abanico de aspectos relativos a la extracción de gas no convencional. Los recursos hídricos han sido analizados desde diferentes puntos de vista (extracción, impactos sobre aguas subterráneas, almacenamiento y tratamiento). Se hace también referencia a la sismicidad inducida y a las buenas prácticas que se deben de emplear. Finalmente, se examinan los temas relacionados con la superficie requerida, donde se incluye la recuperación de la misma; las emisiones a la atmósfera y el ruido así como la radioactividad.

No menos importante, para tener la información necesaria y, por tanto, para poder formar el mejor criterio sobre el desarrollo del gas no convencional, es tener en cuenta la normativa relativa a las autorizaciones de exploración, permisos de investigación y concesiones de explotación de hidrocarburos, junto con la regulación ambiental relacionada con las mismas, lo que se trata en el último capítulo.

Por tanto, entendemos que este libro aborda el tema del *shale gas* desde una perspectiva amplia, identificando los factores que deberían tenerse en cuenta por los agentes decisores a la hora de definir estrategias y políticas energéticas e industriales.

Naturalmente, al ser un tema sobre el que se escribe tanto, no resulta factible abordar la totalidad de las publicaciones pero se ha tratado de realizar un esfuerzo por incluir y examinar referencias, más de 200, que a nuestro juicio son suficientes, para aportar un rigor, que se espera haber conseguido.

Los autores son conscientes de que el tema que se trata se encuentra en debates específicos y, en muchas ocasiones polarizados, que requieren, en nuestra opinión, que se les conceda la relevancia correspondiente a los análisis técnicos y a los intereses generales, contribuyendo así a un análisis más racional y a una correcta toma de decisiones con altura de miras.

En el capítulo de agradecimientos, deseamos resaltar la contribución de Macarena Larrea Basterra y de Nerea Álvarez Sánchez, miembros del grupo de estudio de la Cátedra que han colaborado en este trabajo.

A la doctora Macarena Larrea, miembro del equipo de la Cátedra de Energía de Orkestra, agradecemos su aportación en las sucesivas revisiones de este trabajo, proporcionando datos, información y numerosas sugerencias y mejoras al conjunto del trabajo y, en particular, en los capítulos primero y séptimo.

A Nerea Álvarez, ex-investigadora de la Cátedra de Energía de Orkestra, deseamos agradecer su gran aportación mediante la elaboración de un primer borrador en inglés, que sirvió como documento de base.

Una mención especial merecen los miembros del Grupo Asesor (Olivier Appert, Ángel Cámara, Jorge Civis, Miguel Gómez, José María Guibert, Cayetano López, Jorge Loredó, Mike Paque, Luis Eugenio Suárez Ordóñez y Barry Smitherman) y del Grupo Revisor (Didier Bonijoly, M.^a del Mar Corral, Gurcan Güllen, Maximilian Khun, Yolanda Lechón, Roberto Martínez, Mariano Marzo, Amy Myers, Javier Oyakawa, Andrew Pickford, Grzegorz Pienkowski, Fernando Recreo y Benito Reing), por su contribución a este estudio, mediante sus sugerencias y comentarios, que han aportado perspectiva y rigor a este proyecto. Los autores se sienten muy agradecidos por el tiempo que han dedicado a guiarlos y a aconsejarlos.

Igualmente desean agradecer el esfuerzo de un numeroso grupo de personas que también han realizado aportaciones a este estudio. A Luis Felipe Mazadiego, Antonio Hurtado y Sonsoles Eguilior, por sus contribuciones en el apartado del agua; a Pablo Cienfuegos, por asesorarnos en el capítulo de recursos y reservas; a Graciano Rodríguez Mateos y José María Moreno, por aportar su conocimiento y experiencia a la revisión de los capítulos cuatro y cinco y a Fernando Pendás por su revisión y mejoras en los capítulos dos y tres. También deseamos agradecer a Rosa Domínguez-Faus, Virginia Ormaetxea, Marina Serrano, Luis Gorospe, Ramón Gavela, Jeff Maden, Raphael Anchia, Fernando Maravall y Vicente Luque-Cabal.

Finalmente, queremos agradecer el apoyo recibido del Ente Vasco de la Energía, por hacer posible la publicación de este libro.

De acuerdo con la convención habitual, que suscribimos, los errores son únicamente atribuibles a los autores.

Eloy Álvarez Pelegry
Claudia Suárez Díez

1. El papel del gas natural. Situación y perspectivas

Este capítulo pretende ofrecer, en primer lugar, una visión global del gas natural. Para ello, se pasa revista a la situación y perspectivas de la demanda y suministro de gas en el contexto mundial, prestando especial atención a los países de mayor relevancia en gas no convencional. Se continúa con datos generales de los recursos y reservas mundiales, así como los patrones comerciales surgidos a raíz del desarrollo del gas no convencional.

El segundo apartado de este capítulo se dedica a examinar diferentes aspectos de lo que hoy se denomina «la revolución del *shale gas*» en los Estados Unidos. Posteriormente, se estudia el papel que este tipo de recurso¹ podría desempeñar en Europa, para pasar, por último, a analizar la situación en España y el País Vasco².

El objetivo es mostrar, dentro del marco general del gas natural, las posibles implicaciones del *shale gas* desde un punto de vista estratégico.

1.1. PANORAMA DEL GAS EN EL CONTEXTO MUNDIAL

A lo largo de la última década, el uso del gas natural como energía primaria ha aumentado en cuota y volumen, con el consecuente incremento de la producción. A futuro, se prevé que esta tendencia continúe y se estima que la tasa de crecimiento de gas natural será mayor que la de cualquier otra energía primaria.

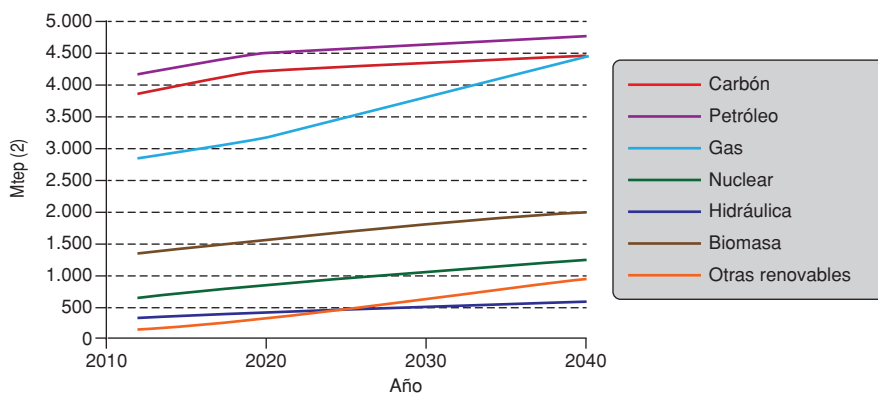
¹ Las denominaciones «gas no convencional» y «*shale gas*» se definen y precisan en el capítulo 2. En algunos epígrafes, estos dos conceptos se emplearán indistintamente por ser el ámbito de aplicación idéntico para ambos.

² En el capítulo 3 se ofrece un repaso más detallado de los recursos que existen en España.

1.1.1. Demanda de gas

En la siguiente figura (véase figura 1), se muestran datos históricos y tendencias de la demanda de energía primaria. Según estos datos, la demanda de gas aumentaría de 2.844 Mtep³ (3,4 tcm) en 2012 a 3.182 Mtep en 2020 y a 4.418 Mtep en 2040 (5,4 tcm), mientras que su aportación al consumo total de energía primaria pasaría del 21 al 24%, OECD/IEA (2014b).

FIGURA 1
Demanda de energía primaria mundial según la fuente de energía en el Escenario de Nuevas Políticas⁽¹⁾



⁽¹⁾ El Escenario de Nuevas Políticas supone una continuada aplicación de las políticas legislativas promulgadas hasta mediados de 2014, junto con la aplicación razonable de los compromisos y planes anunciados. Estas nuevas propuestas incluyen objetivos y programas de apoyo a la energía renovable, la eficiencia energética y combustibles y vehículos alternativos, así como el compromiso de reducir las emisiones de carbono. El PIB mundial aumentará un 3,6% en el periodo (2012-2040); la población mundial se incrementará de los 7.000 millones de habitantes en 2012 a 9.000 millones en 2040, con un crecimiento del 0,9% anual. Los precios del crudo alcanzarán los 132 \$/bl en 2040, momento en el que habrá una gran convergencia entre los mercados regionales de Norteamérica, Asia y Europa (OECD/IEA, 2014b).

⁽²⁾ Millones de toneladas equivalentes de petróleo.

Fuente: elaboración propia a partir de OECD/IEA (2014b).

Cabe esperar que la demanda de gas aumente debido a su empleo en la generación de electricidad y calefacción; pero también en la industria y en la edificación. Asimismo, se espera que la penetración del gas en el transporte contribuya a un crecimiento de la demanda a medio y largo plazo, especialmente en el sector de los vehículos pesados y, posiblemente, en el transporte ferroviario y marítimo. Este desarrollo impulsará una mayor penetración del gas natural a nivel mundial (véase figura 2).

³ Mtep = Millón de toneladas de petróleo equivalente.