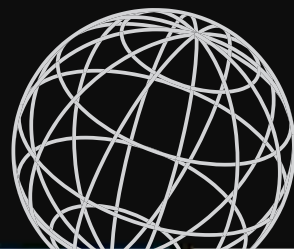


Contacto SPE

Publicación de la SPE de Argentina Asociación Civil



20

ANIVERSARIO

EDICIÓN N° 50 | DICIEMBRE 2016

Entrevista al Secretario Ejecutivo de la Organización Federal de Estados Productores de Hidrocarburos (OFEPHI)

Entrevista al Ing. Emilio Apud, ex secretario de Energía

S U M A R I O

- 2 Carta del Presidente
- 3 Carta del Director
- 4 Entrevista al Secretario Ejecutivo de la Organización Federal de Estados Productores de Hidrocarburos (OFEPHI)
- 6 Desarrollo sostenible en dos décadas
- 8 Entrevista al Ing. Emilio Apud, ex secretario de Energía
- 10 Ciencia de Datos aplicada a procesos de explotación de yacimientos petroleros no-convencionales. Una experiencia.
- 13 De Internet a Big Data un corto y vertiginoso camino
- 14 La geomecánica a partir de mediciones en los recortes de perforación
- 21 “El futuro de la energía - el rol de los hidrocarburos de fuentes no convencionales”
- 38 Conferencias 2016 de la SPE de Argentina
- 39 Misión: ¿Cumplida? Sí. ¿Terminada? No
- 40 Jornada Offshore
- 42 XII Encuentro Anual de Capítulos SPE. El desafío de los no convencionales
- 43 20 años de la Sección Patagonia
- 44 20 años de la Cuenca del Golfo San Jorge, afrontando crisis, desafíos técnicos y cambios empresariales
- 46 Mi paso por SPE

Contacto SPE propiedad de la SPE de Argentina Asociación Civil

Los artículos y sus contenidos así como las opiniones publicadas en la presente Revista son de exclusiva responsabilidad de sus respectivos autores.

Envíenos sus comentarios: contacto@spe.org.ar

POR DANIEL ROSATO

Carta del Presidente

Carta del Presidente

En esta oportunidad tenemos algo muy especial para festejar: celebramos con este ejemplar “**Número 50**” el Vigésimo aniversario de esta revista. La revista CONTACTO, “nuestra revista”, cumple 20 años desde la edición de su primer ejemplar allá por 1996. Veinte años acercando a nuestros socios y a nuestra comunidad. Transmitiendo nuestro quehacer y nuestro sentir. Y tratando de contribuir a nuestra misión como Sociedad de Profesionales en una industria tan importante como la nuestra.

Aprovechando esta celebración, quiero hacer llegar mi afectuoso saludo a todos los miembros de esta prestigiosa institución. Y, en especial, a aquellos que con su esfuerzo voluntario trabajan denodadamente en la actual Comisión Directiva. Ofreciendo su tiempo y su labor, sin pedir nada a cambio. Motivados por la satisfacción de sentir que colaboran a una causa noble, como lo es la difusión del conocimiento en exploración, desarrollo y producción de petróleo y gas, para beneficio de toda la sociedad.

Por supuesto, vaya mi particular reconocimiento a Eleonora Erdmann y a Maria Isabel Pariani por el esfuerzo realizado para festejar con esta edición estos 20 años de la revista, y también a Claudio Barone, valiosa incorporación al Comité de Publicaciones a comienzos de este año.

Quiero también resaltar en esta ocasión los logros del Comité de Reuniones Técnicas, liderado por Carlos Ollier. Sumando también el invalorable apoyo en la labor de Comunicación de Alexis Airala Biurdino y en la faz organizativa de Luján Arias Usandivaras. Durante el 2016 la SPE ha logrado presentar a Disertantes de excelente nivel. Las charlas han sido muy interesantes y han tenido una convocatoria excepcional, batiendo récords en la historia de nuestra institución. Felicitaciones a todos los que de una u otra forma colaboraron para este memorable éxito.

No quiero extenderme en reconocimientos personales, porque estaría siendo injusto con aquellos a quienes no nombro en forma específica. Prefiero entonces un reconocimiento genérico a todos los miembros de la Comisión que determinaron que el 2016 haya sido un año de muchos logros, a pesar de la particular crisis por la que atraviesa nuestro sector. Vaya a todos mi agradecimiento.

Por último, permítanme brindar por el 2017, con mis sinceros augurios de que el próximo año signifique un punto de inflexión desde el cual volvamos a crecer como industria. Que el contexto nos permita desarrollar nuestro potencial y contribuir a proveer a nuestro querido país de la producción y las reservas que decididamente necesita, transformando en riqueza para nuestra gente los cuantiosos volúmenes de gas y petróleo que aún reposan como “recursos” potenciales en nuestro subsuelo.

Daniel Rosato

Presidente SPE Argentina

Carta del Director

Estimados lectores,

Estamos celebrando los 20 años de la Revista, coincidentes con la entrega N° 50. No soy afecta a las reflexiones sobre todo si no se refieren a lo personal pero la situación esta vez lo amerita y no puedo dejar de pensar en la evolución de nuestra revista en estos 20 años, particularmente desde hace 5 años en que formo parte de esta asociación; actualmente como Directora de la publicación. El crecimiento fue pausado pero sostenido, y acompañando esta evolución merece destacarse el cambio de portada de la edición N°43.

Los responsables de esta particular entrega tuvimos como eje central este doble e importante hecho, hito tal vez, de los 20 años y las 50 entregas.

Nuestro primer Director, Oscar Secco, nos hace una pequeña síntesis desde la “**construcción**” de esa primera revista, y como balance nos dice **que la misión fue cumplida pero no terminada**, dejando a los que seguiremos y seguirán trabajando en las próximas ediciones lo que podríamos decir en términos deportivos **final abierta**.

También podrán leer dos relevantes entrevistas una al Secretario Ejecutivo de la OFEPHI, Ing. Carlos Lambré, y otra al Director por el Estado Nacional en YPF SA, Ing. Emilio Apud, ambos profesionales, desde distintas perspectivas, hacen un análisis sobre la evolución de los 20 años del sector, el momento actual de la industria en el contexto nacional y mundial, la

capacidad de atraer inversiones y las condiciones necesarias para lograrlo, el rol de las renovables y la competitividad del sector entre otros puntos de interés.

No quisimos dejar pasar esta edición sin tener una visión del rol del medio ambiente a nivel global debido al impacto que tuvo en nuestro sector, y así el CEADS se hizo presente a través de su Director Ejecutivo, Lic Sebastian Bigorito, marcando la evolución en 20 años del desarrollo sustentable, desde aquella cumbre del 92 en Río de Janeiro.

Nuestros colegas de las Secciones de la Patagonia y del Golfo San Jorge quisieron estar presentes en esta doble celebración, así como los alumnos mostrando su constante trabajo, a través de la excelente capacidad organizativa en el Congreso de Capítulos estudiantiles y el Workshop de off shore.

No quisimos, a pesar de que el motivo sea la celebración, perder nuestra esencia y, en ese sentido, como siempre, ofrecemos a nuestros lectores un artículo científico de excelente calidad **“La geomecánica a partir de mediciones en los recortes de perforación”**.

A principio de los 70 se produjo en la empresa noruega Statoil **“un cambio de Paradigma que se mantiene en el tiempo, La Innovación Tecnológica”**, desde los 2000 hasta la fecha a este paradigma producido en STATOIL se le presenta un nuevo desafío: la tecnología de Big Data. Esta tecnología, que puede apor-

tar mayores beneficios al sector petrolero generando procesos más eficientes mediante el análisis de la información. Por eso les hacemos llegar en esta oportunidad dos artículos vinculados a estos temas. Uno el del Lic. Luis Tognon, que repasa la innovación tecnológica en estos 20 años a través de un interesante artículo **“De Internet a Big Data un corto y vertiginoso camino”**. Por otro lado les acercamos un caso concreto de la aplicación de Big Data en la industria, a través de un artículo conjunto escrito por YPF, YTE-C y Pragma Consultores denominado **“Ciencia de Datos aplicada a procesos de explotación de yacimientos petroleros no-con convencionales. Una experiencia.”**

Un tema que nos preocupa a todos es la energía y el rol que tendrán los hidrocarburos no convencionales en su futuro. Los invito a leer lo que escribió al respecto el Ing. Jorge Ponce haciendo una evaluación minuciosa al respecto.

Mis compañeros de ruta, Isabel y Claudio, y yo los invitamos a recorrer este viaje de doble celebración y esperamos que lo disfruten.

Saluti

Eleonora Erdmann

Campana
SUME UN SOCIO A SPE
NOTA: Solo valido para Argentina y otros paises LAC

Hasta el 31/12/16 la cuota de afiliación a la SPE para el 2017 es de solo 50 USD/año.
Acercá a un colega, te lo va a agradecer.

Entrevista al Secretario Ejecutivo de la Estados Productores de Hidrocarburos

1. Estamos celebrando los 20 años de nuestra revista y nos gustaría saber **¿Cuáles considera que son los hechos más destacados de estas décadas para nuestro sector?**

En realidad como hecho destacado en estos 20 años debo recalcar más que lo-gros la falta de consenso político para de-finir el tema de la política energética como una cuestión de Estado que permita de-sarrollar la misma en el corto, mediano y largo plazo, más allá de los cambios de gobierno.

Hemos vivido distintos enfoques que nos han llevado, desde el logro del autoa-bastecimiento, cubrir nuestra demanda y lograr exportar, a un ciclo en el cual hemos perdido drásticamente producción y reser-vas, no hemos logrado modificar la matriz energética y hemos caído en la dependen-cia para poder llevar a cabo nuestras acti-vidades industriales y el funcionamiento de la vida diaria de nuestro país.

2. **¿Qué opina del momento actual de nuestra industria en el mundo y especialmente en Argentina?**

Considero que la industria petrolera en el mundo se mueve cíclicamente por dis-tintos motivos políticos o intereses, fuera del control de nuestros gobiernos y por su-puesto, nuestra actividad se ve afectada y sufre con esos cambios y variaciones en el precio del crudo y pienso que nuestra al-ternativa en Argentina es que entre todos los actores debemos lograr acuerdos , re-visar nuestros procesos de trabajo y lograr ser eficientes para producir con los precios actuales, aprovechando las épocas de bo-nanza, cuando se dan, para diversificar nuestra matriz energética.

3. **¿Cuál es la mirada de su organi-zación respecto de los desafíos del sector para contribuir a la puesta en valor de los recursos hidrocar-buríferos de nuestro territorio? Cuáles son las expectativas desde la perspectiva de las provincias?**

El objetivo de la Organización es lograr que la actividad hidrocarburífera del país se base en las inversiones, en el desarro-llo y continuidad de la actividad, evitando los períodos cíclicos, que se invierta en la exploración, el desarrollo de reservas y el incremento de la producción.

Al mismo tiempo consideramos que la riqueza que se genera en nuestras regiones debe ser la base para generar cambios y diversificar la actividad o matriz productiva, para evitar justamente los problemas oca-sionados por los cambios cíclicos que ge-nera la actividad. La riqueza producida debe ser la base para generar el desarrollo de nuevas alternativas, nuevas actividades y nuevas fuentes de energía y a la vez lo-grar mejorar la calidad de vida de los habi-tantes de las zonas donde se lleva a cabo la actividad, lo que es un tema pendiente aún después de tantos años de producir re-cursos para todo el país.

4. **¿Considera que están dadas las condiciones para atraer las inver-siones necesarias para desarrollar nuestros recursos energéticos?**

Las condiciones para atraer inversio-nes se basan y se darán siempre que ten-gamos reglas de juego claras, seguridad jurídica, políticas energéticas definidas y no sujetas a los cambios políticos y por parte de las empresas y trabajadores es fundamental que sean eficientes en los procesos de exploración y desarrollo, que las empresas asuman los riesgos de la in-

dustria, con continuidad y criterio, evitando picos de actividad que posteriormente ge-neran los pasivos sociales en los lugares donde se desarrollan las operaciones.

5. Se menciona recurrentemente la necesidad de ser más competitivos **¿Cómo considera que podría lograrse?**

Sin lugar a dudas tenemos que ser competitivos y eficientes en la actividad y en todas las etapas de la industria si que-remos ser opción para los capitales y las inversiones.

Para ello hay muchos detalles que ana-lizar en cada uno de los procesos y son los interesados, tanto los que invierten, las em-presas, como los trabajadores, los que deben lograr la eficiencia en sus empresas mejorando el rendimiento, aplicando tec-nología, capacitando al personal y logrando el compromiso con responsabilidad por parte de aquellos que llevan adelante las operaciones.

6. De cara al futuro, como visualiza a la matriz energética y, en ella, **¿Qué lugar a las renovables?**

De cara al futuro veo una matriz ener-gética donde predominan los hidrocarburos y se van incluyendo lentamente las energías renovables.

Si analizamos la matriz energética de Argentina lo único que hemos logrado desde los años 70 a la fecha es pasar del consumo de petróleo al gas así es que en los 70 la matriz energética dependía en el 89% de los hidrocarburos 71% del petró-leo y 18% del gas y en la actualidad de-pende en el 87% de los hidrocarburos, un 33% del petróleo y un 54% del gas.

El desarrollo y utilización de las ener-gías renovables debe ser una decisión del

Organización Federal de (OFEPHI)



estado ya que las mismas corren en desventaja con la actividad hidrocarburífera, pero al menos su desarrollo debe ser tal que, a largo plazo logre una escala en el consumo que le permita, reemplazar parte del porcentaje de los hidrocarburos en la matriz energética. Es un objetivo muy difícil que necesita una decisión política, porque en sí las renovables no alcanzan a cubrir la gran cantidad de beneficios y derivados que generan los hidrocarburos

El petróleo en general es un recurso que constituye una fuente de energía sumamente eficiente, fácil de extraer, transportar y utilizar y a la vez es un gran generador de subproductos y derivados que podemos encontrar en todas nuestras actividades.

Su disponibilidad genera un estado de dependencia ya que está presente en casi todos los productos que utilizamos y es la fuente de energía clave para el transporte.

Es imposible en la actualidad imaginar un mundo sin recurrir al petróleo y sus derivados.

La migración parcial a las fuentes de energía alternativas debe ser hecha en forma gradual y continua.

El cambio debe estar acompañado por una política de Estado ya que de por sí no se desarrollarán estas fuentes alternativas porque sus ecuaciones energéticas están muy distantes de la del petróleo y muy al límite en lo económico.

Estas energías que no tienen la densidad energética del petróleo y cuya utilización como combustible para el transporte se dificulta deben ser utilizadas en un comienzo con un fuerte respaldo y decisión estatal en escalas limitadas como una forma de iniciar el reemplazo de reservas de petróleo y gas.

Además se deben desarrollar políticas que permitan cuidar y limitar el consumo de combustibles líquidos y gaseosos, facilitar la eficiencia y el reemplazo empujando por las instituciones del estado, incluir a la industria de los hidrocarburos y algunos entes de peso en la producción de insumos industriales claves en el desarrollo de estas nuevas fuentes de energía y desarrollar una generación de técnicos, ingenieros y científicos que se dediquen al desarrollo y perfeccionamiento de estas fuentes alternativas de energía.

Lo que no debemos hacer es ignorar el tema de las energías renovables porque cuanto más se ignore este tema mayores serán las consecuencias, ya que es importante considerar que a futuro la población aumentará, se producirá un aumento y mejora de la tecnología, se producirá un aumento del consumo y demanda de energía per cápita, se producirá un aumento en la extracción de hidrocarburos, se producirá una disminución de las reservas y habrá un aumento en el riesgo de inversión y deberán, necesariamente, aplicarse nuevas técnicas para incrementar el factor de recuperación.

Necesitamos el desarrollo de energías alternativas y a la vez la necesidad de disminuir las pérdidas de energía y el aumento de la eficiencia, es decir gastar menos y mejor, desarrollar una política y una cultura que favorezca el ahorro en el consumo y facilitar el financiamiento y facilidades para llevar adelante proyectos que incluyan el desarrollo de estas diferentes fuentes de energías alternativas.

CURRICULUM VITAE

Ingeniero en Petróleo - Universidad Nacional de la Patagonia, San Juan Bosco.

Desde Junio 2010 a la fecha se desempeña como Secretario Ejecutivo de la OFEPHI y Asesor de la Provincia del Chubut en el Ministerio de Hidrocarburos.

Ha ocupado cargos públicos de alta importancia en la provincia de Chubut entre 2000 y 2011.

Dentro de la actividad privada ha ocupado cargos en Pan American Energy (1998-2000), Termap (1993-1998) y Amoco Argentina (1971-1993).

7. ¿Alguna reflexión final que quiera sumar?

Considero que hemos desperdiciado muchas oportunidades a través del tiempo para lograr una política energética que nos permita el logro del autoabastecimiento y no depender ni malgastar nuestros recursos monetarios comprando en el exterior a precios superiores a los que se pagan en el mercado interno, cuando en realidad, tenemos en el país todas las posibilidades para cubrir el consumo interno y satisfacer todas nuestras necesidades.

Desarrollo sostenible en dos décadas



Poco más de 20 años pasaron desde la “Cumbre de la Tierra” -Rio 92- en donde la comunidad internacional reunida en Río de Janeiro debatió sobre los medios para poner en práctica el desarrollo sostenible o sustentabilidad. La llamada “Agenda 21” fue la respuesta de los líderes mundiales en favor de planes de acción orientados a lograr el desarrollo sostenible, concepto fundado en el desarrollo a partir de los pilares económico, social y ambiental. El concepto tenía por entonces un recorrido relativamente reciente; baste recordar que organizaciones empresarias y de la sociedad civil inspiradas en esta mirada –tal el caso del CEADS (Consejo Empresario Argentino para Desarrollo Sostenible) capítulo local del World Business Council for Sustainable Development- dieron sus “primeros pasos institucionales” por aquellos años.

Algún tiempo después, en 1999, el entonces Secretario General de las Naciones Unidas Kofi Annan anunció en el Foro Económico Mundial (Davos) el Pacto Global (Global Compact), una herramienta que buscaba promover el diálogo social para la creación de una ciudadanía corporativa global, que contribuyera a conciliar los valores y demandas de la sociedad civil, organizaciones no gubernamentales (ONG), sindicatos, empresas y proyectos y programas de la ONU, a partir de diez principios en áreas relacionadas con los derechos humanos, el trabajo, el medio ambiente y la corrupción.

Ya en 2000, reunidos en Naciones Unidas en Nueva York, los dirigentes del mundo aprobaron la Declaración del Milenio, una nueva alianza mundial para reducir los niveles de extrema pobreza que comprometió a sus países con los “Objetivos de Desarrollo del Milenio”, objetivos sujetos a un plazo cuyo vencimiento fue fijado para el año 2015.

El debate no ha cesado desde entonces, y veinte años después de aquella histórica “Cumbre de la Tierra” los líderes reunidos nuevamente en Río de Janeiro en la Conferencia más conocida como “Río + 20” junto con representantes del sector privado, las ONG y otros grupos, se unieron para abordar la coordinación internacional en pos del desarrollo sostenible, generando las condiciones para la eliminación de la pobreza a la vez que impulsando la construcción de una economía verde

en un planeta cada vez más poblado. “El Futuro que Queremos” -documento final de esta Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible- aún de este modo el compromiso de Gobiernos con la plena participación de la sociedad civil.

Frente a este escenario, el mundo empresarial está frente a un nuevo horizonte en términos de sustentabilidad. Y dos hitos recientes lo confirman: la Cumbre contra el Cambio Climático de París y la nueva Agenda 2030 que lanzó la ONU.

Si bien todos los acuerdos ambientales tienen implicancias en aspectos comerciales y económicos, el de cambio climático procura la “des-carbonización” de las economías. Vale decir, incrementar las energías renovables a la vez que desacoplar la intensidad energética del crecimiento económico (eficiencia) para diversificar las matrices energéticas. La reducción de emisiones a través de la eficiencia e inversiones tecnológicas en los procesos productivos van a requerir de un diálogo permanente entre gobiernos y empresas hasta que se generen niveles de competitividad adecuados.

En lo que respecta a la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de 2015 de la ONU, los Estados miembro aprobaron una nueva Agenda Global de Desarrollo Sostenible conformada por 17 Objetivos y 169 metas que deberán ser cumplidos de aquí al 2030. Cinco áreas de trabajo concentran los compromisos asumidos en estos Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS): Personas, Prosperidad, Planeta, Paz y Partariado. Estas “cinco P”, incluyen, entre otras cuestiones, el compromiso de los Estados para erradicar el hambre y lograr la seguridad alimentaria; garantizar una vida sana y una educación de calidad; lograr la igualdad de género; asegurar el acceso al agua y la energía sustentable; promover el crecimiento económico sostenido; adoptar medidas urgentes contra el cambio climático; promover la paz; facilitar el acceso a la justicia y fortalecer una alianza mundial para el desarrollo sostenible.

La participación del sector privado es fundamental para el logro de los ODS. Y las empresas cuentan con la capacidad de ofrecer la innovación y mejores prácticas



necesarias para impulsar el progreso.

Es interesante aquí señalar que las agendas de desarrollo (socio-económico) fueron siempre competencia de los gobiernos mientras que el sector empresarial era visto apenas como un agente económico generador de riqueza y empleo que luego el Estado, a través de mecanismos fiscales, distribuía y transfería en función de decisiones políticas. Esta mirada incompleta de la empresa fue mutando a través de acciones que hoy explicamos cómo Responsabilidad Social, Ciudadanía Corporativa o cualquier enfoque de ir “más allá del cumplimiento” de las normas. Y aquí lo disruptivo de este proceso: legítima al sector empresarial en el cuidado y construcción de la cosa pública, tanto local como global. En pocas palabras: los ODS y la agenda climática están involucrando a las empresas – y a los empresarios - para que sean parte de la solución. Y por primera vez, el rol de la empresa en las agendas de desarrollo deja de ser uno de “regulado” para pasar a tener un papel de actor social.

De este modo, las empresas que puedan vincular su actividad y orientarlas hacia los objetivos de desarrollo estarán contribuyendo al bienestar general y también a recuperar la confianza en ellas que tanto necesitan. Y esta renacida confianza promoverá las posibilidades de articulación con los gobiernos.

Allí donde hoy se realizan acciones de RSE o de inversión social existe la posibilidad de dar el salto cualitativo para convertirse en un actor social valorado y no apenas un contribuyente fiscal solamente aceptado en función de aportes y donaciones que, por no estar encuadradas en políticas de desarrollo, suelen ser de bajo impacto aunque onerosas.

Y he aquí la oportunidad histórica de dejar de ser parte del problema para pasar a ser parte de la solución cambiando un paradigma desde agente económico hacia actor social, lo cual requiere y va a requerir de nuevas capacidades y liderazgos de las empresas.

*CEADS: Consejo Empresario Argentino para el Desarrollo Sostenible.

ESCUELA DE
POSTGRADO



INICIO **2017**

ESPECIALIZACIÓN EN TERMINACIÓN DE POZOS NO CONVENCIONALES SHALE & TIGHT

Una propuesta académica única, orientada a la capacitación en el área de Estimulación Hidráulica, aspecto fundamental para una producción económicamente viable.

25 de Mayo 444, CABA
☎ 011 2150 4840

✉ postgrado@itba.edu.ar
🌐 itba.edu.ar

📘 [itbauniversidad](#)
🐦 [@itba](#)

“Trabajamos en acuerdos a largo plazo para previsibilidad que necesita”

Teniendo en cuenta que estamos celebrando los 20 años de nuestra revista; ¿cuáles considera los hechos más destacados de estas décadas para el sector energético?

Podemos decir que, en estos últimos 20 años se identifican dos etapas bien marcadas para el sector energético. Una, que llega hasta 2003, que fue una etapa en la que funcionaba plenamente un marco normativo y regulatorio surgido de la ley de privatizaciones para el sector eléctrico y el gas que estableció reglas de juego para todos los actores de la cadena energética. Las cosas funcionaron bastante bien bajo este esquema hasta la llegada de la crisis de 2001. Fue entonces cuando el gobierno de Duhalde -ya 2002- decide, atendiendo a las circunstancias, promover la ley de emergencia que propone entre otras cosas renegociar todos los contratos con impacto directo en los actores de la cadena energética. Sin embargo en 2003 el entonces presidente Néstor Kirchner hace caso omiso de esta ley y avanza alterando el funcionamiento del sistema. Interviene los entes reguladores estableciéndose arbitrariamente las reglas de juego. Para ese entonces ya no había marco para el funcionamiento del sector energético porque no solo no se renegociaron contratos sino que no se actualizaron las tarifas y se establecieron precios arbitrarios para los insumos energéticos, tal el caso del gas y el petróleo. Estos precios bajos producto de intereses políticos y en los que los valores de mercado estaban ausentes desalentaron la inversión.

Dicho de otro modo, en términos generales desde 2003 hasta ahora las reservas de gas cayeron a la mitad y tanto en petróleo como en gas se redujo significativamente la producción. Hoy contamos con un cuarto menos de la producción que había hace 13 o 14 años, más allá del crecimiento normal de la demanda.

En síntesis, a lo largo de estos 20 años pasamos de una política que a mi criterio y desde el punto de vista de servicios públicos, de generación eléctrica y upstream fue buena. A otra donde ese anda-

miaje se derrumbó al querer aplicar “populismo” al sector energético. Para no entrar en ideologías y a los fines de este tema, podemos decir que el populismo promueve el consumo irresponsablemente desentendiéndose de la forma en generar los recursos necesarios para satisfacerlo.

En definitiva, llegamos después de los últimos 12 años a una situación de un sistema energético que revirtió un punto de partida con saldos exportables a pasar a ser importadores netos, con servicios públicos deficientes y una producción y reservas de petróleo y gas en caída constante. Todo esto condujo a una descapitalización fenomenal del sector.

¿Qué opina del momento actual de nuestra industria en el mundo y especialmente en Argentina?

Crecimiento por un lado y decrecimiento por el otro hicieron que llegáramos al lugar en el que estamos hoy. Nos hemos convertido en derrochones de energía por señales de precio erróneas con una política muy mala que hizo que creciera el consumo y que la oferta cayera.

Se está trabajando fuertemente tratando de revertir esta situación insostenible. El actual gobierno quiere volver a la ley y promover las inversiones en un sistema energético que se ha descapitalizado y que urge recuperar. Para ello hay que conseguir inversiones y ganar la confianza del mundo. Recuperar socios naturales que supimos tener, saneando la balanza energética del país y dando cumplimiento a la ley.

De a poco se están tomando las medidas para revertir esta situación y lograr que vuelvan las inversiones. Es complejo y tomará tiempo pero el compromiso para lograrlo es más fuerte que nunca. Y esto nos lleva al tema de la credibilidad. Para ser un país creíble es necesario que haya políticas de estado que permitan que, venga el gobierno que venga, se sostengan en el tiempo y generen las condiciones necesarias para atraer estas inversiones, tan necesarias. Un ejemplo es el interés en las recientes licitaciones para energías renovables donde se generaron condiciones atractivas.

¿Cuál es la mirada del gobierno para contribuir a la puesta en valor de los recursos hidrocarburíferos de nuestro territorio?

El Gobierno ha convocado al grupo de ex secretarios de energía que venimos trabajando en esto hace 8 años y logramos que en 2014 prácticamente todos los candidatos a presidente firmaran un documento de consenso con acuerdos básicos para promover la sostenibilidad del sector energético.

Hoy nos ha convocado el Gobierno y estamos trabajando adhonorem en esta agenda energética buscando definir los puntos prioritarios para, sobre eso, generar un plan de trabajo consensuado con los principales actores del país articulando de este modo acuerdos que otorguen al sector la previsibilidad que necesita.

Esto significa que se requieren leyes consensuadas con las fuerzas políticas, la industria, los sindicatos. Trabajar estos temas en forma consensuada es la única forma de contribuir a la mejora de la productividad del sector potenciando la creación de puestos de trabajo.

Mantener reglas de juego claras y perdurables es el único camino para que lleguen inversiones. Necesitamos medios financieros para poner en valor los recursos energéticos y la única forma de lograr que vengan capitales es atrayendo a socios que nos ayuden a lograrlo. Pero si pensamos que van a venir estableciéndoles condiciones exigentes no va a suceder. Quienes piensan que habrá cola de empresarios dispuestos a invertir sin estas condiciones, están mal informados.

¿Considera que están dadas las condiciones para atraer las inversiones necesarias para desarrollar nuestros recursos energéticos?

Y... se trata de una carrera contra el reloj. Tenemos que ir al gas rápido porque el petróleo los hidrocarburos se van a dejar de usar intensivamente en algunas décadas. Son decisiones que se están acompañando en el mundo y no



dar al sector energético la

precisamente porque se vaya a acabar sino porque que hay una demanda mundial que, por una cuestión ambiental, está lejos de querer seguir quemando fósiles. Y transporte y generación son la mayor parte en el consumo.

Tenemos el segundo recurso de gas del mundo y lo peor que podría pasar es que quedara bajo tierra. Hay que poner en valor esa riqueza para dejar de importar en las cantidades que lo hacemos hoy y convertirnos en exportadores de primer nivel. Junto con USA, podemos llegar a convertirnos en reguladores del mercado mundial del gas. Porque tenemos que ir al gas ya que en la transición es el combustible de menor impacto y, con la tecnología apropiada, pasara a ser una commodity al permitir establecer precios transables.

El objetivo de este gobierno es traer inversiones, poner en valor las riquezas que tenemos y no me refiero solo a Vaca Muerta. De las cuencas sedimentarias argentinas solo el 30 % ha sido explorado y con nuevas tecnologías quizás se pueda avanzar para tratar de entender mejor con que contamos, lo mismo con el off shore inmenso históricamente desatendido.

Se menciona recurrentemente la necesidad de ser más competitivos. ¿Cómo considera que podría lograrse?

Hoy el principal desafío es la competitividad, la productividad. Las provincias están en condiciones de contribuir a atraer inversiones creando las condiciones apropiadas. Aunque no es un tema de provincias o empresas sino de todos los actores interesados en el desarrollo de los recursos energéticos. Estado nacional y provincial, empresas y trabajadores a través de los sindicatos. Hay costos a lo largo de toda la cadena que deberían revisarse para mejorar la productividad integral del sector. Es más, la gente, la población, tiene que tener conciencia de la crisis y los costos de producir un bien. Diría que aquí estamos acostumbrados a que todo se subsidia pero si queremos que vengan inversiones tenemos que resolver estos temas. Y el esfuerzo con-

junto de todos los actores es el que nos ayudara a ser competitivos.

En lo que hace al sector petrolero, un punto de partida es salir del barril criollo. Es difícil imaginar a una empresa internacional calculando su cash flow sobre la base de referencias locales. Es por eso que el objetivo es hacernos competitivos con valores internacionales y no valores políticos locales. Aquí me pregunto, ¿es justo que estemos pagando para mantener la industria? Yo diría que, en este momento si... acaso que producto no pagamos hoy más caro que el resto del mundo. No es excusa, es un problema de costo país sobre el cual se está trabajando. Pero en este caso necesitamos inversiones

Por otra parte hace falta promover mucho las carreras duras, la ingeniería en petróleo y gas porque con los recursos con los que cuenta nuestro suelo, en la medida que lleguen las inversiones, los profesionales con los que hoy contamos no serán suficientes.

Es fundamental dentro de la política de estado incluir a las carreras energéticas. Hay que hacer algún tipo de benchmarking para ver como se hizo cuando se arrancó en otros países en los que el modelo funciona.

Hay que buscar un camino para mejorar el destino de las regalías. Las regalías deberían usarse para formar otras fuentes para desarrollos en lugar de emplearlas para pagar gastos corrientes.

Al ser un recurso no renovable debemos pensar muy bien, en términos transgeneracionales, que destino le damos al valor generado. Una parte de la renta petrolera debería ir a educación y conocimiento; investigación y desarrollo. Otra parte a infraestructura porque no podemos poner en movimiento a la economía con la infraestructura que tenemos hoy. Y ello debería realizarse con la ayuda de un estado presente y siempre con la ley como política de estado.

CURRICULUM VITAE

FORMACIÓN PROFESIONAL:

Ingeniero Industrial. Facultad de Ingeniería de la UBA. Postgrado en Economía de la Energía. Facultad de Ingeniería, UBA. Postgrado en Análisis Económicos Regionales. Instituto de Desarrollo Económico y Social del Di Tella. Postgrado en Control de Gestión de Grandes Obras. Facultad de Ingeniería, UBA. Postgrado de especialización en Conservación de la Energía. Dupont de Nemours, WL, USA.

ACTIVIDAD EMPRESARIA:

Director de YPF SA. Titular de Apud & Asociados, consultora en energía y medio ambiente (desde 2005). Presidente de BAE SA, constructora-desarrolladora (desde 1990). Socio y Director de AMPAR, consultora Paraguaya (desde 1992). Socio y Director de Ecorient, consultora Uruguay (desde 1994). Presidente de Ambiental S.A. – Consultora en Medio Ambiente (1989-2002). Presidente de ECCE Ingenieros Consultores S.R.L.-Consultora en energía (1978/1990)

ACTIVIDAD PROFESIONAL:

Consejero Académico de la Fundación Libertad y Progreso. Miembro de la Fundación Pensar. Miembro del Club Político Argentino. Consultor de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales, CONAE (2009 - 2013). Director de CAMMESA, 2007-2008. Secretario de Energía y Minería de la Nación, (2001). Vicepresidente de CTM, Salto Grande, (2000-2001). Panelista invitado del Seminario "Regional Economic Blocks and Multilateral Free Trade", Ginebra, Bruselas (1999). Fundador y Ex Vicepresidente del IAE, Instituto de la Energía G. Mosconi (1983-1989). Docencia: Ayudante en la Cátedra de Evaluación de Aprovechamiento Hídricos. Facultad de Ingeniería de la UBA. Profesor invitado en la UCEMA, clases de política energética. Profesor de la Universidad Católica de Cuyo, en Política Energética.

Ciencia de Datos aplicada a procesos de explotación de yacimientos petroleros no-convencionales. Una experiencia.

Las técnicas de *ciencia de datos* (*data science*) aplicada a grandes volúmenes de datos (*big data*) incluyendo técnicas de *análisis*, *minería de datos* y *analítica predictiva* han sido aplicadas a diferentes industrias con el objetivo de identificar patrones de comportamiento de algunos procesos. La industria petrolera no es una excepción.

Los cambios en el mercado petrolero mundial han empujado a las empresas a observar estas técnicas con mayor interés para aplicarlas a procesos más complejos y con objetivos orientados a la toma de decisiones de negocio. La explotación no-convencional de yacimientos de *shale oil* y *shale gas* es uno de los sectores más sensibles a los vaivenes del mercado, y ahí se ve la aplicación de estas técnicas de ciencias de datos con mayor frecuencia. Alineada con esta tendencia, la empresa Y-TEC respondió positivamente a la propuesta de Pragma para realizar una “prueba de concepto” de estas tecnologías de ciencia de datos en el entorno de yacimientos petrolíferos de YPF S.A. Este trabajo presenta la metodología utilizada, las principales técnicas aplicadas y las conclusiones alcanzadas.

El objetivo del estudio fue realizar una *prueba de concepto* de las tecnologías y algoritmos de ciencia de datos, aplicados a un conjunto de datos del mundo real.

Para esto se consideró el análisis de datos relacionados con el proceso de **estimulación por fracturación hidráulica** (*fracking*), con el objetivo de identificar patrones que vinculen la **producción de hidrocarburos** con características particulares de la técnica y materiales empleados para la fractura.

La pregunta planteada como disparador inicial fue: *¿Es posible, observando sólo los datos disponibles, deducir una correlación entre la producción a me-*

diano o largo plazo y los tipos de estimulación utilizados?

El proyecto se extendió por un período de 8 semanas, lo que demuestra que la aplicación de las técnicas puede probarse en períodos relativamente cortos y con recursos limitados. El proceso de trabajo fue eminentemente iterativo, siguiendo un ciclo de tareas definido de antemano, e in-

cluyó las siguientes actividades:

1. Descubrimiento de datos: identificación de las fuentes de datos, evaluación de calidad y disponibilidad, armonización y consolidación de denominaciones y notaciones, normalización de los sistemas de unidades que se presenten.

2. Reconocimiento del contexto y

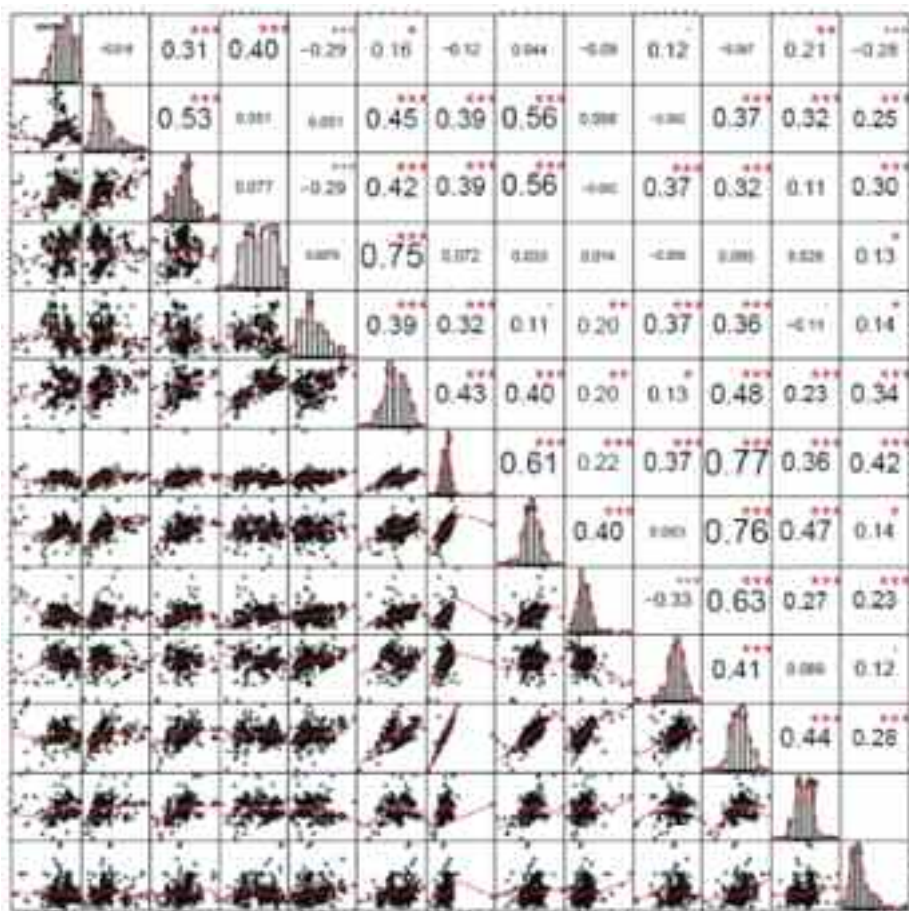


Figura 1. Matriz de correlación. Scatter plots de variables, coeficientes de Pearson, soporte y confianza.

dominio técnico: fue fundamental la interacción del equipo de científicos de datos, especialistas en las técnicas usadas, con los expertos del dominio y especialistas en el negocio.

3. Fase central del proyecto: modelado del problema, usando técnicas estadísticas y de *machine learning* adecuadas, para utilizar y diseñar los experimentos que se aplicaron a los datos. Las técnicas utilizadas fueron seleccionadas teniendo en cuenta los datos con los que se contaba, el problema a resolver y la presentación de resultados. No existe una única técnica o “bala de plata” que permita resolver todos los problemas automáticamente.

4. Reuniones de validación con los expertos del dominio: se presentaron los resultados de los análisis que refutaban u ofrecían evidencia sobre las hipótesis ensayadas junto con características del modelo (*outliers*, soporte del modelo, etc.) y otras relaciones encontradas. En algún caso, estas relaciones fueron inmediatamente comprendidas y explicadas por los expertos del dominio. Por ejemplo: en un caso se encontró una correlación que a priori resultaba extraña entre la “antigüedad” del pozo y el uso de un determinado fluido para la estimulación, fácilmente explicada por las características de determinadas campañas realizadas en las fechas que surgían del análisis.

En otros casos, frente al hallazgo de

correlaciones no técnicamente explicables, los expertos del dominio plantearon nuevas preguntas de negocio (refinamientos de la pregunta anterior), las que dispararon nuevos ciclos de selección de técnicas y construcción de nuevos modelos. Cada nuevo ciclo o iteración se resolvió en no más de dos días de trabajo del equipo de científicos de datos.

El uso de técnicas iterativas y la metodología de validación mediante reuniones y generación de nuevas hipótesis está fuertemente relacionada con la motivación de acercar el método científico al análisis de datos y toma de decisiones de negocio. La pregunta inicial es una hipótesis a validar, y a partir de experimentos (en este caso, sobre los datos, y no sobre una realidad física) se refuta o se generan nuevas preguntas (hipótesis) que a su vez deben disparar nuevos experimentos. A diferencia del método científico popperiano clásico, en este caso se puede conseguir evidencia positiva de los experimentos, lo que llamamos “soporte” a una hipótesis (sea una correlación o pregunta de otro tipo). En otras palabras: si en los datos existentes se valida una correlación muy fuerte entre A y B en la gran mayoría de los casos, esta evidencia positiva puede dar un soporte para tomar una decisión basada en esta relación (que luego podrá validarse o no en la realidad). Correlación no implica causalidad, pero la toma de decisiones de negocio no es una teoría científica.

La principal limitación de esta expe-

riencia fue que, por motivos de mantener sencillo el experimento, no se incorporaron datos de otros dominios técnicos como por ejemplo geología, petrofísica o geomecánica, lo que sin duda hubiese permitido alcanzar resultados de mayor valor agregado.

Los datos con los que se trabajó en este proyecto corresponden a pozos verticales y dirigidos, con objetivo en la formación Vaca Muerta, incluyendo información geográfica, planes de fractura y datos de estimulación, comentarios en texto, datos de producción (agua, gas y petróleo), cambios de choke, entre otros.

Uno de los objetivos de este piloto fue analizar un abanico de técnicas de ciencias de datos disponibles y entender si las mismas, aplicadas a los datos disponibles, mejoraban los resultados obtenidos y optimizaban la forma de trabajo.

El análisis de datos más común que se realiza en la mayoría de las organizaciones es el análisis de correlaciones entre dos variables. Es decir, tomar A y B y estudiar su grado de correlación para intentar deducir relaciones. Esto ofrece un rápido, pero muy limitado, acercamiento a los datos. En nuestro caso, esto se realizó utilizando un único reporte de correlaciones con toda la información de cruces de variables (ver figura 1). Se continuó con un análisis multivariado, utilizando la técnica llamada clustering, que permite agrupar datos por similitud.

Se realizó un análisis utilizando la técnica de “Componentes Principales”. Esta es una técnica multivariada de reducción de la dimensionalidad que busca la proyección de los datos del estudio en un conjunto reducido de vectores. Se utilizó esta técnica para representar gran cantidad de datos en forma reducida y simplificada. El uso conjunto de la técnica de componentes principales (PCA por su sigla en inglés) con la visualización mediante gráficos biplot (ver figura 2) fue de particularidad utilidad para presentar los resultados a los expertos del dominio. Esta forma de presentar los gráficos permitió resumir una gran cantidad de variables para poder presentar en dos dimensiones todos los datos, usando además de los vectores información codificada de colores y “agrupamientos” mediante elipses de datos relacionados, tal como se presenta en la figura. La graficación de pozos en espacios dimensionales no geográficos (es decir, gráficos donde las dimensiones x e y no son las dimensiones geográficas y la cercanía entre dos pozos es cercanía en un espacio diferente) permite visualizar en forma resu-

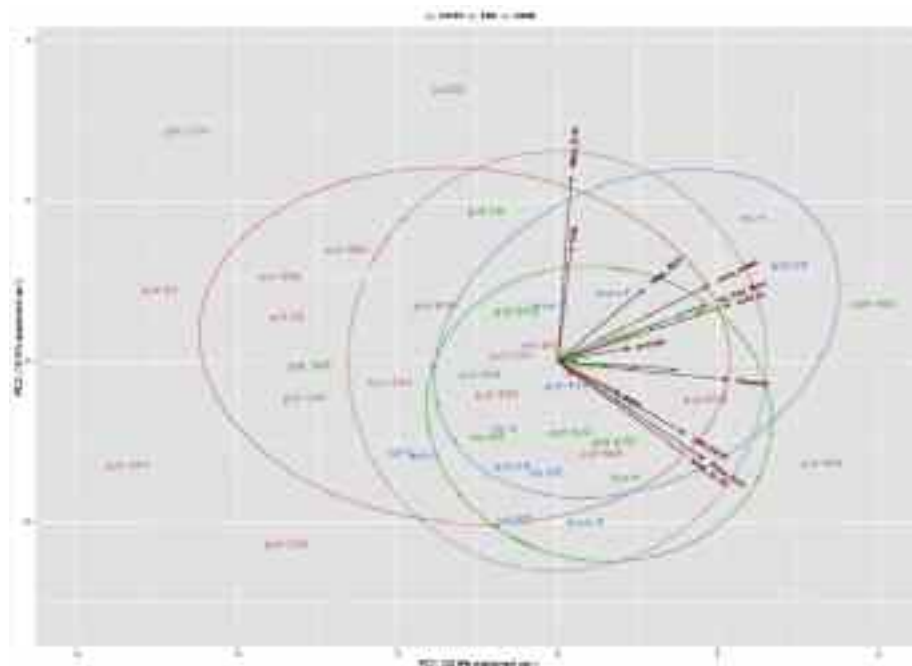


Figura 2. Biplot agrupado por zona del pozo. Se observan vectores de cada variable y pozos. Ángulo entre vectores indica correlación. Distancia entre pozos indica similitud, pozos pueden proyectarse sobre vectores para conocer la magnitud sobre ese coeficiente. Datos y nombres perturbados.

mida información que de otra forma queda oculta en un conjunto de datos.

Los **árboles de clasificación y regresión** son una categoría de algoritmos predictivos, que dados ciertos datos (p.ej. el plan de fractura) arma una estructura binaria que modela la información de forma jerárquica (ver figura 3). El uso de estas técnicas posibilitó la predicción de una categoría de los datos (“pozo bueno”, “pozo malo”) o un valor numérico (producción a 120 días) en función de los datos analizados.

Los árboles de regresión permiten, además, realizar una predicción de tendencia o valor numérico además de una clasificación.

En pocas palabras, con un conjunto de datos históricos “se entrena” el modelo y luego, al agregar un nuevo pozo se pide que el modelo indique alguna tendencia. Para entender cuán buena o mala es esta predicción se separa un subconjunto de los datos, que no es usado para el entrenamiento, y se usa para validar el modelo. Esta verificación o testeo del modelo es un estándar en la construcción de modelos predictivos, y se completa con el análisis mediante matrices de confusión o rectas de regresión (ver figura 4). En nuestro caso, usamos una proporción de 80/20: 80% de los datos usados para construir el modelo y 20% para el testeo.

Es importante mencionar que, desde el punto de vista tecnológico, para todas las actividades de este análisis se utilizaron herramientas open source y de licenciamiento libre.

Conclusiones

1. La técnica de la explotación no-convencional exige un análisis moderno y robusto del inmenso y variado volumen de datos involucrados. Como comentó un experto, “es necesario superar el Excel”. La utilización de técnicas más modernas y avanzadas permite al experto de dominio identificar tendencias e ideas, que luego planteen nuevas hipótesis a validar.

2. Los resultados del análisis puro de datos (ciencia de datos) fueron consistentes con el conocimiento experto corroborado por otras vías.

3. Para consolidar las respuestas y responder a nuevas preguntas, es necesario incorporar nuevos conjuntos de datos.

4. El uso mixto de modelos PCA y árboles de decisión para no convencional son una innovación en el área que se demostró de utilidad para el análisis.

5. La metodología iterativa utilizada, de validación/refutación de hipótesis en ciclos cortos, resultó adecuada y práctica, y demuestra que en proyectos cortos se pueden lograr resultados.

6. El uso de tecnología abierta se demostró satisfactorio e indica que es posible realizar estos análisis sin la necesidad de costosas herramientas propietarias.

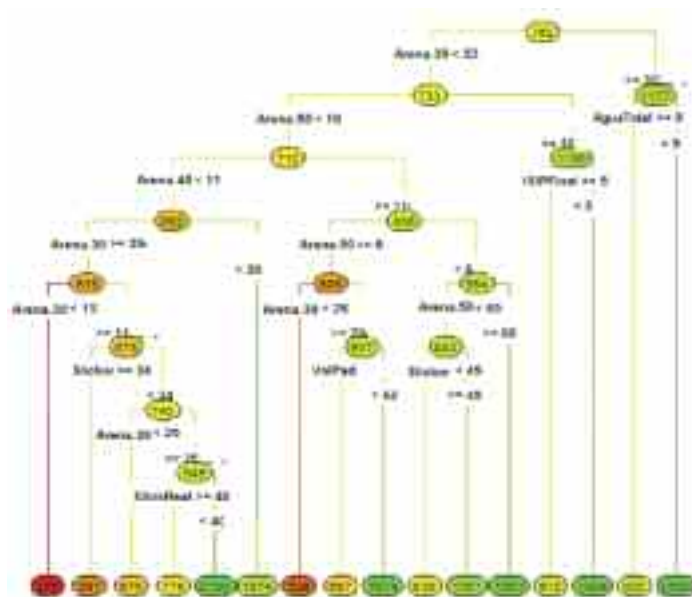


Figura 3. Árbol de decisión con todas las variables disponibles.

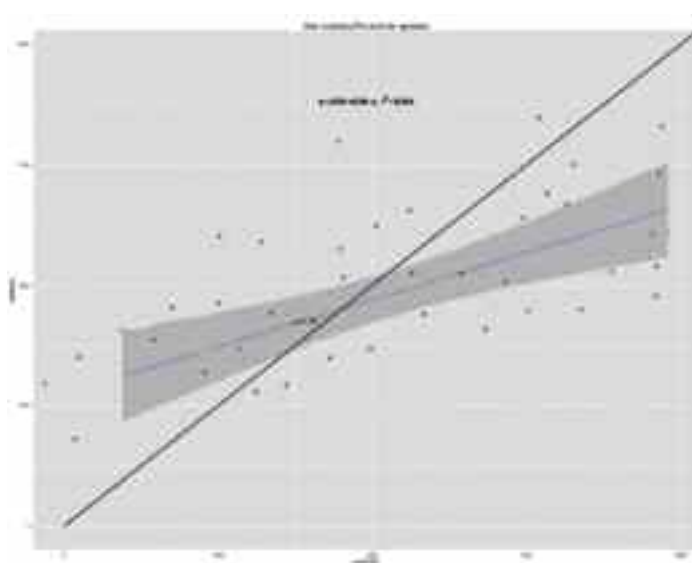
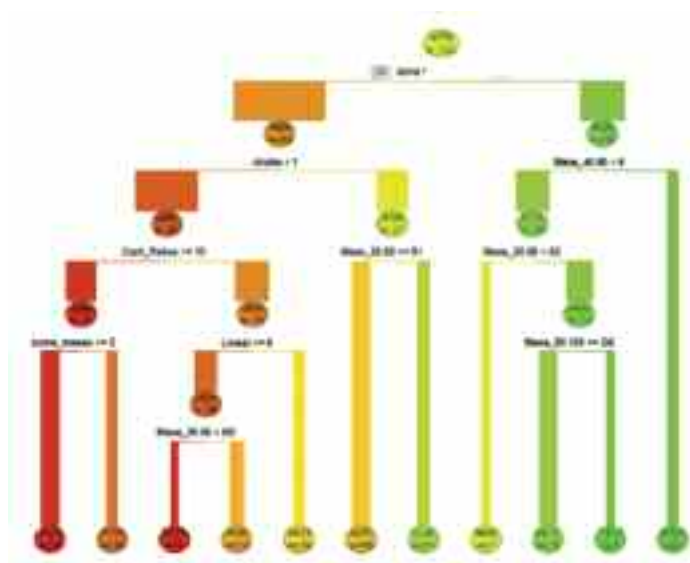


Figura 4. Árbol de clasificación (izquierda) realizado con las variables Masas de arena, Líquidos, cambios de choke, punzados y zona utilizando el 80% de los datos. Verificación del modelo (derecha) utilizando rectas de regresión con el 20% de datos restantes.

De Internet a Big Data un corto y vertiginoso camino

En 1997 anunciábamos en **ContactoSPE** la presencia de la **página de la Sección Argentina de la SPE en la WWW**, dando así inicio a la presencia en Internet y posibilitando acceder a la información generada por la Sección y también de sus socios, un año antes de la creación de Google el artefacto buscador que a partir del 2000 se convirtió en el más usado y actualmente nos facilita la tarea de obtener información, tanto es así que solemos decir **“googlealo”** en vez de **“búscalo”** en Internet.

Hoy, dos décadas después, hemos evolucionado junto con la industria en la utilización de las tecnologías de comunicación e información. Durante el transcurso de **nuestros 49 números**, los avances en información compartida debida a la utilización de los buscadores en Internet, a la telefonía móvil y especialmente los teléfonos inteligentes (que son verdaderos dispositivos computacionales y de acceso y procesamiento de datos) permitió el desarrollo de las redes sociales de intercambio, como Facebook, Twitter, Skype, LinkedIn, YouTube (todo esto soportado por supuesto en internet de banda ancha y las tecnologías inalámbricas, como Wi Fi y Bluetooth). Y entre otras aplicaciones menos difundidas, permitió contar con información al instante (tiempo real) de perforaciones, plantas, emergencias ambientales, decisiones de negocios, resultados comerciales, siniestros, o situaciones operativas en general.

Pero detrás de este fuerte avance de las comunicaciones y aplicaciones de distribución y uso la de información, hay una también impactante evolución de la computación. El desarrollo comercial de los microprocesadores multinúcleo, el grid computing, las grandes capacidades de almacenamiento conectado en red y los sistemas operativos de red que permitieron procesar volúmenes de datos cada vez más grandes en menor tiempo. Estas capacidades sumadas a la liberación al uso civil del sistema de posicionamiento global GPS han hecho posible que **“naveguemos”** en tiempo real en cualquier región geográfica, recolectemos datos, los

transmitamos y procesemos en algún sitio de **“la nube”** sin demoras sustanciales.

Estos avances basados en el rápido desarrollo y la continua miniaturización de los componentes electrónicos, por el desarrollo de la micromecánica y la nanotecnología son acompañados por el impulso del paradigma conexionista que están en la base del procesamiento paralelo y distribuido, se pasa del léxico de la **“programación”** al del **“entrenar”** al sistema (algoritmos).

¿Cómo ha impactado en nuestra industria esta evolución? Mucho, ahora se puede medir resistividad a través del entubado **“midiendo”** diferencias de potencial eléctrico del orden de los nanoVolts; **“ver”** la roca construida por las mediciones de la herramienta de resonancia magnética nuclear; obtener datos tradicionales de perfilaje al momento de perforar con las herramientas de LWD; o aprovechar las capacidades de procesamiento e interpretación simultánea de datos geofísicos y geológicos y modelado dinámico del reservorio.

En otras palabras, la industria hoy tiene la posibilidad de manejar su gran cantidad de datos, que siempre generó y tuvo que esforzarse en mantener, y su gran variedad, desde los datos geográficamente extensos a los de la roca en su nivel molecular, con velocidad, **ya que hoy el soporte tecnológico computacional de la geo información permite que sus conocimientos y técnicas implementados en las aplicaciones de interpretación permitan asegurar que la época del “big data” está siendo aprovechada como hace veinte años aprovechamos la WWW.**

Pero aún hoy permanece la preocupación en la industria por el manejo y preservación de los datos de base, su confiabilidad. La

gran cantidad de herramientas y útiles de interpretación de los datos de geociencias genera más datos aún y estos de forma muy dispersa. Y esto plantea el desafío de preservarlos. En nuestro país la puesta en funcionamiento estable de un Banco de Datos de Geociencias es una tarea aún pendiente, pese a los esfuerzos de la industria y los gobiernos, y esto no se resuelve aplicando algoritmos de análisis de datos, sino con voluntad ejecutiva.

En la Argentina actual los desafíos que tenemos por delante son claros, desarrollar la exploración de frontera, avanzar en la producción de los hidrocarburos no-convencionales, incrementar el factor de recuperación final de petróleo, o en otras palabras “mantener activa la industria” como fue durante más de cien años.

Además con respecto a lo expresado en este artículo creo importante destacar que, si bien hoy en día tenemos a nuestro alcance una muy amplia gama de tecnologías para facilitar nuestro trabajo cotidiano, **ellas son útiles en la medida en que resuelvan y encuentren conocimiento relevante para los objetivos que nos proponemos. En un plano más general, sería como hallar una estrategia que delimite de forma no arbitraria la búsqueda de evidencia seleccionando únicamente la evidencia relevante.**

Y pensando en nuestro país, considero que la competitividad de nuestra economía depende de la capacidad para crear o asimilar innovaciones tecnológicas, y esta depende en buena medida del potencial científico de que dispongamos como país.

Por eso, o gestionamos nosotros a la tecnología o ella nos gestionará.

CURRICULUM VITAE

Luis Alfredo Tognon, es consultor especialista en Gestión de información de Geociencias. Ha desarrollado su actividad como geocientista en empresas como YPF, Geosource, Halliburton, Bidas y Total Austral.

La geomecánica a partir de mediciones en los recortes de perforación

Resumen

Las áreas prospectivas de lutitas tales como Vaca Muerta son geológicamente complejas y heterogéneas. Para producir, los pozos deben fracturarse hidráulicamente. Los caracteres estructurales, las propiedades de los materiales y los esfuerzos locales influyen significativamente en el tratamiento de estimulación. Cuando no se dispone de perfiles en los tramos laterales, es posible utilizar mediciones de los recortes de perforación (recortes) para estimar la anisotropía de las propiedades elásticas y los esfuerzos locales. El método propuesto aquí consta de dos fases. En la fase uno se utilizan datos de pozos piloto con juego completo de perfiles, datos de coronas y ensayos de esfuerzos locales para definir y calibrar las propiedades físicas de las rocas y desarrollar los modelos geomecánicos. El modelo de física de rocas provee las relaciones necesarias entre los volúmenes petrofísicos

(mineralogía, contenido orgánico y fluidos) y los módulos elásticos, y el modelo geomecánico provee la relación entre los módulos elásticos y los esfuerzos. En la fase dos se registran la mineralogía y el contenido orgánico en muestras de recortes de tramos laterales de pozos vecinos. Esto se realiza utilizando la técnica de espectroscopía infrarroja de reflectancia difusa por transformada de Fourier (DRIFTS). Luego se aplican los modelos para computar las propiedades elásticas y los esfuerzos locales. Este artículo ilustra la metodología utilizando dos pozos piloto que atraviesan las formaciones Quintuco y Vaca Muerta, en Neuquén, y un tramo lateral perforado en Vaca Muerta. El método es práctico y teóricamente robusto. En primer lugar, los modelos determinísticos de física de rocas y los modelos geomecánicos son calibrados utilizando datos de perfiles de alta resolución obtenidos en los pozos piloto, para vincular los vo-

lúmenes petrofísicos con los esfuerzos. En segundo lugar, el uso de los perfiles de espectroscopía en los pozos piloto y las mediciones espectroscópicas en los recortes del tramo lateral permiten una muy buena estimación de los esfuerzos, utilizando mediciones efectuadas en recortes cuando no se cuenta con suficientes datos de perfiles.

Introducción

Los pozos horizontales destinados a explotar las formaciones de lutitas gasíferas y petrolíferas requieren fracturamiento hidráulico. Las producciones óptimas se obtienen diseñando las terminaciones en base a datos de perfiles y de un modelo geomecánico. A falta de perfiles, se utilizan los recortes que están siempre disponibles. Los geocientíficos pueden utilizar las mediciones efectuadas en los mismos como datos para el diseño de las terminaciones.

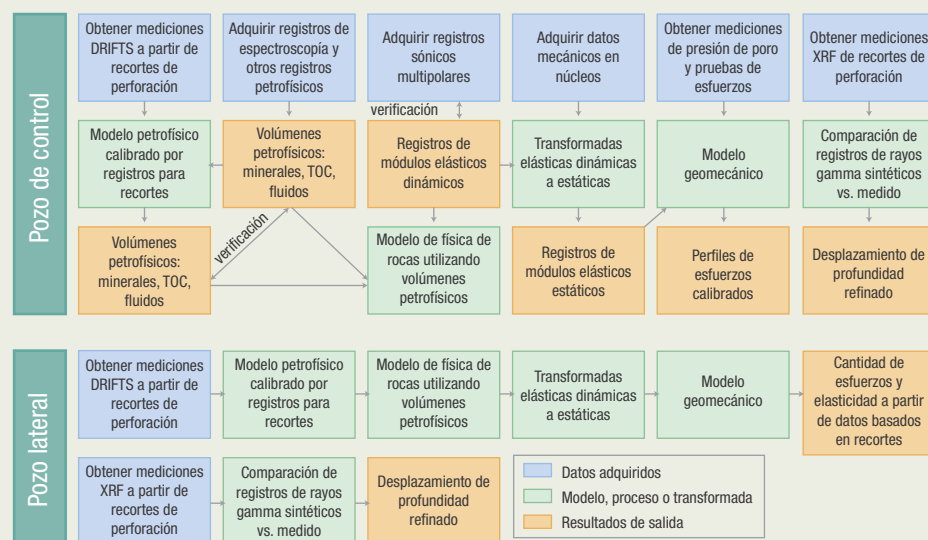


Figura 1. Flujo de trabajo desde la recolección de los recortes de perforación (izquierda) hasta la generación de un modelo geomecánico (derecha) de propiedades elásticas estáticas y esfuerzos. Este modelo se usa en la determinación de la calidad de la terminación y el diseño de las terminaciones con fracturamiento hidráulico. Los especialistas en física de rocas y geomecánica desarrollan los modelos para los recortes utilizando un pozo de control (extremo superior) y aplican los modelos a los recortes del pozo lateral objetivo (extremo inferior).

Referencias

1. Glaser KS, Miller CK, Johnson GM, Toelle BE, Kleinberg RL, Miller P and Pennington WD: "Seeking the Sweet Spot: Reservoir and Completion Quality in Organic Shale," *Oilfield Review* 25, no. 4 (Winter 2013/2014): 16-29.
2. La física de rocas surge de un estudio interdisciplinario de las pro-

piedades físicas de las rocas, sus relaciones empíricas y teóricas, y su representación en datos geofísicos y petrofísicos. La disciplina se basa en información proveniente de varias disciplinas tales como geología, geofísica, geoquímica, física, acústica, perfilaje de pozos, análisis de coronas e ingeniería en petróleo y mecánica.

3. Prioul R, Frydman M and Caniggia J: "Estimating Anisotropic Mechanical Properties and Stress Based on Measurements on Cuttings

Dos factores que determinan la viabilidad económica de un yacimiento no convencional son la calidad del yacimiento y la calidad de la terminación.¹ La calidad del yacimiento (RQ) es una evaluación geológica, técnica y económica de un recurso de petróleo y gas, sus reservas y su producibilidad. Se trata de una característica de predicción colectiva regida en gran medida por la mineralogía, la porosidad, la saturación de hidrocarburos, el volumen de formación, el contenido orgánico y la madurez térmica.

La calidad de la terminación (CQ) es una evaluación técnica de los factores que determinan la efectividad de los tratamientos de fracturamiento hidráulico e incluye la capacidad para iniciar y crear una red de fracturas inducidas, el contacto con el yacimiento, el nivel de conexión de esas fracturas creadas con el sistema de fracturas naturales y la capacidad para llevar el gas o el petróleo hacia el interior del pozo. La CQ depende principalmente de las magnitudes, orientaciones y anisotropía prevalecientes de los esfuerzos locales. Sin embargo, las propiedades de las rocas, tales como las propiedades elásticas y la resistencia, que dependen de la mineralogía y los caracteres estructurales de las rocas, también inciden en la CQ. La calidad de la terminación incorpora además factores tales como densidad y orientación de las fracturas naturales,

anisotropía intrínseca y anisotropía del material fracturado.

Los recortes contienen información valiosa y son económicos. Las mediciones DRIFTS pueden proporcionar información cuantitativa obtenida de los recortes para la determinación de la mineralogía, especialmente la tipificación de las arcillas, el carbono orgánico total (TOC) y la madurez térmica, la cual agrega un valor significativo para la interpretación respecto de la utilización de los perfiles de rayos gamma (GR) solamente.

El pozo de control

Para estimar las propiedades mecánicas para un pozo del cual sólo existen datos MWD básicos y datos de recortes, los analistas utilizan un modelo de física de rocas basado en un modelo mecánico del subsuelo (MEM) que incorpora varios datos de un pozo de control cercano.² Los analistas desarrollan el modelo de física de rocas para los recortes del pozo de control y luego lo aplican a los recortes del pozo horizontal que será fracturado hidráulicamente (ver Figura 1).³

Los geocientíficos seleccionan un pozo de control que cuente con recortes, coronas y un amplio conjunto de perfiles —espectroscopía, sónico, densidad, neutrón y rayos gamma— y ensayos de esfuerzos lo-

cales. Los recortes son luego sometidos a mediciones DRIFTS para determinar el contenido de minerales, de arcillas y el TOC.

Se seleccionan muestras pequeñas de las coronas para las pruebas mecánicas de las rocas a fin de obtener los módulos elásticos estáticos y para las pruebas de velocidad ultrasónica que proveen los módulos dinámicos. La selección de muestras pequeñas se lleva a cabo en intervalos estratigráficos clave que representan las litologías existentes en el pozo. En cada intervalo, los técnicos cortan muestras pequeñas en la dirección vertical y horizontal y con una inclinación de 45° para garantizar el muestreo de la anisotropía elástica de cada litología.

Los petrofísicos analizan el conjunto de perfiles y obtienen la mineralogía, el TOC y las arcillas del perfil de espectroscopía.⁴ Además, combinan el perfil sónico con el de densidad para estimar los perfiles de los módulos elásticos dinámicos: los de ondas P y ondas S.⁵

Construcción del modelo de física de rocas

El modelo de física de rocas reúne todos los datos provenientes del pozo de control y es la base para desarrollar un perfil de CQ y un plan de terminación para el tramo lateral, para el cual existe un conjunto mínimo de datos de recortes y un perfil GR MWD.⁶

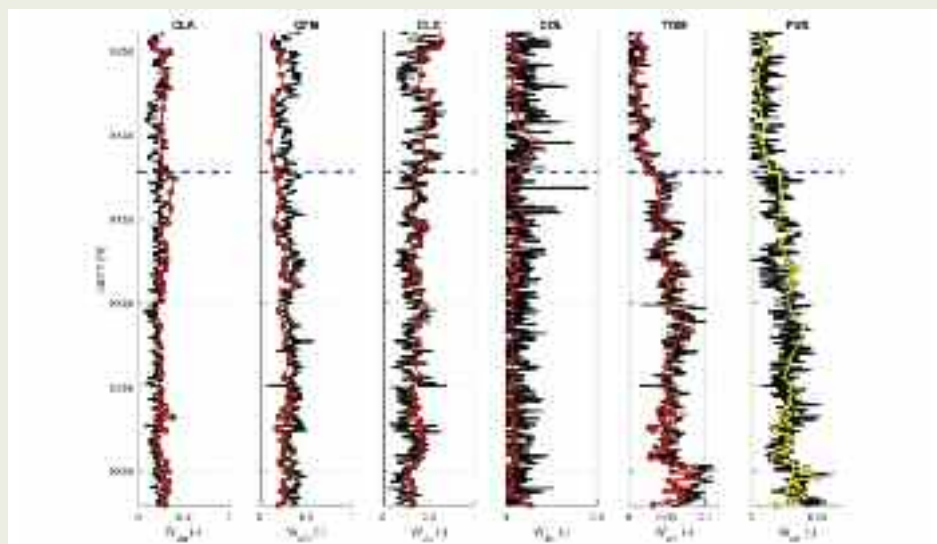


Figura 2. Espectroscopía y análisis DRIFTS en el pozo B. La fracción en peso de minerales y materia orgánica fue estimada utilizando el perfil de espectroscopía (curvas negras) y las mediciones DRIFTS (puntos y curvas rojas). La fracción de pirita (carril 6) se obtuvo de los recortes (amarillo) estimando el azufre en base al contenido orgánico total derivado de las mediciones DRIFTS. La línea de guiones azul indica la transición entre Quintuco (extremo superior) y Vaca Muerta (extremo inferior). Las abreviaturas para los minerales son CLA = arcilla, QFM = cuarzo + feldespato + mica, CLC = calcita, DOL = dolomía, TOM = materia orgánica total y PYR = pirita.

for Completion Quality: Methodology and Case Study in Vaca Muerta,” Artículo SPE 180969 presentado en el Simposio de Exploración y Producción de Recursos no Convencionales de la SPE de Argentina, Buenos Aires, Argentina, 1 a 3 de junio de 2016.

4. Aboud M, Badry R, Grau J, Herron S, Hamichi F, Horkowitz J, Hemingway J, MacDonald R, Saldungaray P, Stachiw D, Stoller C and

Williams RE: “High-Definition Spectroscopy—Determining Mineralogic Complexity,” Oilfield Review 26, no. 1 (Spring 2014): 34–50.

5. Lei T, Sinha BK and Sanders M: “Estimation of Horizontal Stress Magnitudes and Stress Coefficients of Velocities Using Borehole Sonic Data,” Geophysics 77, no. 3 (May–June 2012): WA181–WA196.

Donald JA and Prioul R: “In Situ Calibrated Velocity-to-Stress

Después de alinear las profundidades de los recortes y los perfiles de pozos utilizando el perfil GR, se comparan las mediciones de la mineralogía DRIFTS con la mineralogía derivada del perfil de espectroscopía, que se calcula aplicando el modelo de cierre de óxidos a las fracciones elementales en peso determinadas por espectroscopía.⁷ Esta comparación del control de calidad (QC) determina si las mediciones DRIFTS se aproximan a las del perfil y se adecuan para el desarrollo de un modelo de física de rocas basado en las mismas.

Luego, los expertos en física de rocas (especialistas) convierten las fracciones volumétricas de mineralogía, materia orgánica total (TOM) y fluidos en perfiles de módulos elásticos para el componente sólido puro de los estratos geológicos atravesados por el pozo.⁸ Cada mineral posee módulos elásticos característicos. Para cada punto de profundidad del perfil de espectroscopía, un grupo de minerales y sus proporciones componen la matriz de roca. Combinando los módulos elásticos con la porosidad y la proporción de minerales, los especialistas derivan los perfiles sintéticos de módulos elásticos que luego comparan con los perfiles de módulos elásticos medidos, obtenidos de los perfiles sínicos y de densidad. Después de algunos ajustes a la matriz de roca, los especialistas obtienen un modelo calibrado de física de

rocas para los módulos elásticos dinámicos a aplicar a los recortes del pozo.

A fin de validar el uso del modelo para los recortes, los especialistas aplican los cálculos desarrollados para los perfiles de pozos a los datos de los recortes y efectúan una segunda verificación de QC, comparando los cálculos de los módulos elásticos basados en los recortes con los valores calibrados de los perfiles y las mediciones de los módulos del perfil sínico.

A continuación, se desarrolla una relación para convertir los valores dinámicos de los perfiles de velocidades y módulos en valores estáticos de módulos de mecánica de rocas. Éstos proporcionan la relación con el modelo geomecánico de la respuesta de las rocas a los esfuerzos locales y el fracturamiento hidráulico. Los especialistas desarrollan la relación dinámico-estático, comparando las determinaciones de los módulos elásticos de laboratorio derivadas de las mediciones dinámicas de velocidad ultrasónica con las derivadas de la mecánica de las rocas obtenidas de pruebas de esfuerzo-deformación estáticas. Estas determinaciones provienen de las mismas muestras de rocas o de muestras adyacentes de la misma profundidad estratigráfica. Normalmente, los módulos elásticos dinámicos son mayores que sus módulos

estáticos asociados. Los especialistas utilizan la relación dinámico-estático para convertir los valores de los módulos de los perfiles en estáticos.

Finalmente, los geomecánicos utilizan los módulos estáticos para construir un modelo geomecánico de la región de influencia que rodea el pozo de control y el tramo lateral.⁹ Luego, verifican el modelo comparando los cálculos del modelo con las mediciones del esfuerzo local del pozo y con los datos de deformación asociados de las imágenes de la pared del pozo, que acompañaron la construcción del pozo y los ensayos de esfuerzos.¹⁰ Los ingenieros de terminación de pozos pueden utilizar el modelo geomecánico para calcular un esfuerzo mínimo y un perfil de CQ a lo largo del tramo de interés del pozo de control.

El tramo lateral

Los especialistas en registros de lodo recolectan los recortes a intervalos regulares (3 a 10 m) del tramo lateral para luego aplicar el análisis DRIFTS a los recortes, a fin de determinar su contenido de minerales, de las arcillas y el TOC.

Los especialistas utilizan los cálculos del pozo de control y los aplican a la mineralogía de los recortes del tramo lateral obteniendo una serie de conjuntos de módulos elásticos dinámicos y estáticos para el tramo lateral. A

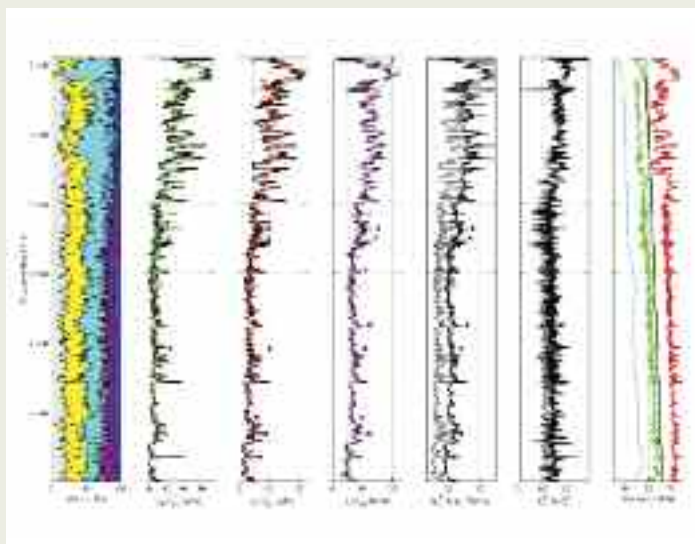


Figura 3. Aplicación del modelo de física de rocas y geomecánica al pozo vertical A. El carril 1 muestra el perfil de espectroscopía y es un dato para los modelos de física de rocas y geomecánica. Utilizando el modelo de física de rocas, los especialistas calcularon el módulo dinámico de ondas P verticales (carril 2, verde) y los módulos dinámicos de corte vertical (rojo) y horizontal (magenta) (carril 3), que luego compararon con las mediciones derivadas del perfil de pozo (negro). Posteriormente, los geomecánicos calcularon los módulos de Young estáticos calibrados (carril 4) vertical (gris) y horizontal (negro), los esfuerzos medidos y calculados (carril 5) y las relaciones de Poisson vertical y horizontal (carril 6). Las curvas de esfuerzos (carril 7) corresponden a la presión de poro medida (cian), el esfuerzo vertical calculado (negro), el esfuerzo horizontal mínimo (verde) y el esfuerzo horizontal máximo (rojo); los círculos amarillos son mediciones del esfuerzo horizontal mínimo en el pozo A para calibrar el modelo geomecánico. Los carriles 2 y 6 incluyen los datos de laboratorio obtenidos de las coronas.

Transforms Using Shear Sonic Radial Profiles for Time-Lapse Production Analysis," The Leading Edge 34, no. 3 (March 2015): 286–294.

6. Prioul et al, referencia 3.

7. Aboud et al, referencia 4.

8. El carbono orgánico total (TOC) es la relación entre la masa de todas las formas de carbono orgánico y la masa de la muestra. La mate-

ria orgánica total (TOM) incluye los elementos carbono y los no carbono; especialmente el hidrógeno, el nitrógeno, el azufre y el oxígeno. Si se asume que la materia orgánica consiste en un 83% de elementos carbono y un 17% de elementos no carbono, la conversión de TOC a TOM es $TOM = 1,2 \times TOC$.

9. Frydman M, Pacheco F, Pastor J, Canesin FC, Caniggia J and Davey H: "Comprehensive Determination of the Far-field Earth Stresses

su vez, los geomecánicos y los ingenieros de terminación de pozos utilizan el modelo geomecánico desarrollado para el pozo de control y los módulos estáticos derivados del tramo lateral para calcular un esfuerzo mínimo y un perfil de CQ a lo largo del tramo lateral de interés y para planificar la ubicación de las etapas de fracturamiento, los conjuntos de disparos y las fracturas hidráulicas para la terminación del tramo lateral.

Obtención del parámetro CQ a partir de los recortes

El campo de interés corresponde al bloque Aguada Federal ubicado en el sector noreste de Neuquén. Los pozos A y B son dos pozos piloto verticales del campo con un apartamiento de casi 3 km. Para cada pozo, se dispone de un juego completo de perfiles —rayos gamma, densidad-neutrón, resistividad, RMN, dieléctricos, sónicos y de espectroscopía— adquiridos a través de Quintuco y Vaca Muerta.

En esta área, Vaca Muerta posee un espesor promedio de 240 m. En los perfiles de pozos, el tope de Vaca Muerta se reconoce por la separación de las curvas de resistividad y sónica, lo cual es consistente con el incremento de los valores de TOC en la transición de los carbonatos de Quintuco a las fangolitas de Vaca Muerta.

En el pozo B, los geocientíficos seleccionaron 86 muestras de recortes de Quintuco y Vaca Muerta. Los analistas prepararon los recortes para el análisis DRIFTS triturándolos hasta convertirlos en polvo fino y lavándolos con un solvente orgánico para remover el fluido de perforación residual y los hidrocarburos solubles de la formación: petróleo y bitumen.

El primer paso consiste en alinear los recortes con los perfiles y luego comparar los datos de espectroscopía con los datos DRIFTS. De acuerdo con los perfiles de espectroscopía, la mineralogía —arcilla, cuarzo + feldespato + mica (QFM), calcita, dolomía y pirita— de Quintuco y Vaca Muerta expuesta en los pozos A y B es similar.¹¹ Quintuco contiene más minerales de carbonatos —calcita más dolomía— y un nivel prácticamente cero de TOC en comparación con Vaca Muerta, que corresponde a una fangolita y contiene 5% de TOC o 6% de TOM.

El método DRIFTS analiza las concentraciones de nueve minerales (cuatro arcillas: esmectita, illita, caolinita y clorita; dos silicatos: cuarzo más feldespato y moscovita; dos carbonatos: calcita y dolomía; y un sulfato: anhidrita) y materia orgánica. Los analistas estimaron la concentración de pirita a partir de la relación constante carbono orgánico-azufre de pirita observada en los sedimentos marinos modernos.¹²

En general, se observó una buena concordancia entre la mineralogía y los valores de TOC derivados del análisis DRIFTS y los de los perfiles de espectroscopía para el pozo B (ver Figura 2). En detalle, las mediciones DRIFTS sobrestimaron el contenido de calcita y subestimaron los niveles de QFM y TOC. La sobrestimación de la calcita conduce a una subestimación recíproca del contenido de cuarzo y feldespato. El error de cierre de la mineralogía, entre el perfil de espectroscopía y las mediciones DRIFTS, se tradujo en una subestimación de la densidad de la matriz derivada de las mediciones DRIFTS del 0,4% en promedio, lo cual produce un impacto insignificante en los cálculos relacionados con la física de rocas. Dicha subestimación se produjo porque los recortes habían sido lavados previamente y el TOC sólo incluyó kerógeno. Por el contrario, las mediciones de los niveles de TOC derivadas de los perfiles de pozos incluyen la presencia de kerógeno, bitumen y petróleo. El contenido de TOC derivado del análisis DRIFTS fue un 20% menor que el derivado de los perfiles. Por consiguiente, los analistas definieron un factor de corrección de los niveles de TOC en el que TOC_{LOG} es igual a $1,25 \times TOC_{DRIFTS}$.

En base a los contenidos de minerales y TOC derivados de las mediciones DRIFTS y de las mediciones del perfil de espectroscopía

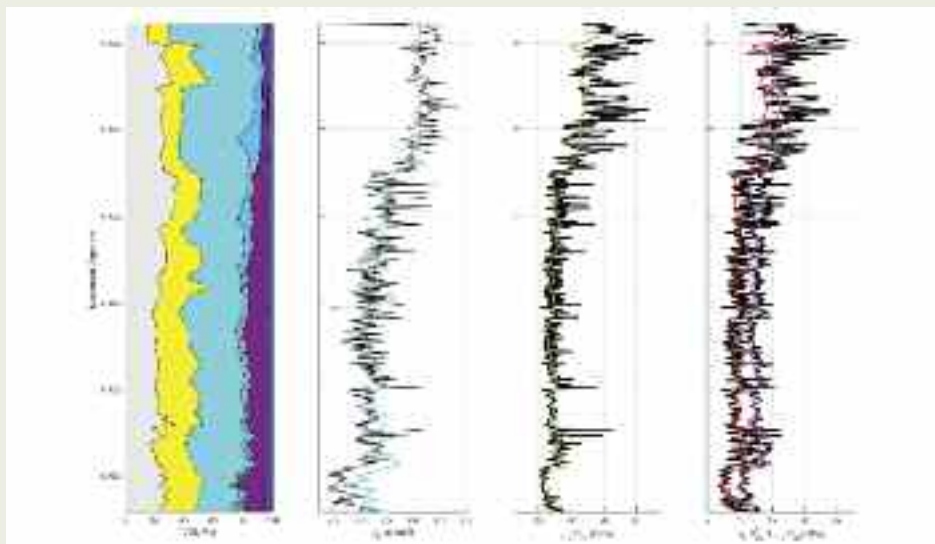


Figura 4. Validación del modelo de física de rocas en base a los recortes de perforación del pozo B. El modelo de rocas fue desarrollado utilizando un conjunto completo de perfiles del pozo B. El contenido de minerales, materia orgánica y porosidad (salmuera) fue calculado a partir de los resultados DRIFTS (carril 1). Los especialistas calcularon la densidad volumétrica (carril 2, cian), el módulo de ondas P (carril 3, verde) y los módulos de ondas S vertical (rojo) y horizontal (magenta) (carril 4) y los compararon con las mediciones derivadas de los perfiles de pozos (negro).

for Rocks with Anisotropy in Tectonic Environment.”. Artículo de la SPE 180965 presentado en el Simposio de Exploración y Producción de Recursos no Convencionales de la SPE de Argentina, Buenos Aires, Argentina, 1 a 3 de junio de 2016.

10. Savage WZ, Swolfs HS and Amadei B: “On The State of Stress in the Near-Surface of the Earth’s Crust,” *Pure and Applied Geophysics* 138, no. 2 (June 1992): 207–228.

Thiercelin MJ and Plumb RA: “A Core-Based Prediction of Lithologic Stress Contrasts in East Texas Formations,” *SPE Formation Evaluation* 9, no. 4 (December 1994): 251–258.

Thiercelin MJ, Plumb RA, Desroches J, Bixenman PW, Jonas JK and Davie WR: “A New Wireline Tool for In-Situ Stress Measurements,” *SPE Formation Evaluation* 11, no. 1 (March 1996): 19–25.

pía, los especialistas calcularon los perfiles de densidad volumétrica y módulos elásticos basados en los recortes para su comparación con las mediciones derivadas de los perfiles de pozos.¹³ El operador corrió la herramienta Sonic Scanner en los pozos A y B.¹⁴ Los analistas procesaron los datos para obtener las velocidades de las ondas de corte dipolares y las velocidades de las ondas compresionales monopolares, además de la velocidad de ondas de corte horizontales derivadas de la onda de Stoneley.¹⁵ De acuerdo con los datos, las propiedades elásticas de Vaca Muerta y Quintuco exhiben isotropía transversal vertical (VTI); esta anisotropía es moderada en Vaca Muerta y débil en Quintuco.

Los especialistas desarrollaron el modelo de física de rocas anisotrópicas para los perfiles de los pozos A y B y luego lo aplicaron a los recortes del pozo B. El modelo desarrollado a partir de la mineralogía derivada por medio de la espectroscopía representó con exactitud el comportamiento elástico medido con los perfiles sínicos (ver Figura 3). El contenido de TOM de Vaca Muerta ejerció un control significativo sobre su comportamiento elástico. El módulo de corte horizontal decrece linealmente con el incremento del contenido de TOM, en tanto que módulo de corte vertical decrece en forma no lineal. Esta variación entre ambos módulos se traduce en una anisotropía de ondas de corte de aproximadamente 20%.

Luego, los analistas aplicaron el modelo de física de rocas al contenido de minerales y TOM derivado de las mediciones DRIFTS basadas en los recortes. Se observó una buena concordancia entre los módulos elásticos calculados y las mediciones derivadas de los perfiles de pozos en Vaca Muerta (ver Figura 4). Los módulos elásticos calculados mostraron una subestimación leve con respecto a los resultados de los perfiles de pozos en Quintuco.

Los perfiles sínicos de los pozos verticales que atraviesan formaciones geológicas con anisotropía elástica VTI caracterizan

los módulos dinámicos de ondas de corte y compresionales verticales y el módulo de ondas de corte horizontales. La caracterización completa de los medios VTI requiere información acerca del módulo dinámico de ondas compresionales horizontales y del módulo de dilatación vertical inducida por la compresión horizontal. Para completar el modelo de física de rocas, se obtuvieron mediciones de la velocidad ultrasónica en el laboratorio a partir de 13 muestras de coronas del pozo A, utilizando el método de medición de tres submuestras. Se cortaron tres submuestras —en sentido perpendicular, en sentido paralelo y con una inclinación de aproximadamente 45° con respecto a la estratificación— de cada corona.¹⁶ Luego, midieron las velocidades de las ondas compresionales y de corte a lo largo del eje de cada submuestra y obtuvieron los cinco módulos elásticos requeridos para la caracterización completa de la anisotropía VTI de cada muestra de corona. Estas mediciones se utilizaron para calibrar y convertir el modelo de física de rocas derivado de los perfiles de pozos en un modelo dinámico completo para determinar la anisotropía VTI en Vaca Muerta y Quintuco (ver Figura 4).¹⁷

Los geomecánicos convierten el modelo dinámico de física de rocas en un modelo elástico estático para estimar los esfuerzos locales presentes a lo largo del pozo, especialmente el perfil del esfuerzo principal mínimo.¹⁸ Para ello, los técnicos de laboratorio obtuvieron mediciones de esfuerzo-deformación basadas en las tres submuestras de cada una de las 13 muestras de corona, las que arrojaron cinco constantes elásticas estáticas independientes, los módulos de Young perpendicular y paralelo a la estratificación (E_H y E_V), relaciones de Poisson (ν_H y ν_V), y el módulo de corte vertical (G_V). A partir de estas mediciones, los especialistas calibraron y convirtieron el modelo dinámico de física de rocas en uno estático.¹⁹ Luego, pudieron calcular los esfuerzos, que son utilizados por los geomecánicos para calcular el perfil del esfuerzo principal mínimo,

factor importante para determinar el perfil CQ a lo largo del pozo.

El modelo aplicado al tramo lateral

El operador perforó el pozo C con una sección horizontal de 1 400 m dentro de Vaca Muerta. Los geocientíficos efectuaron análisis DRIFTS en 117 muestras de recortes, extraídas cada 12 m aproximadamente, y aplicaron los procedimientos de cálculo y el modelo de física de rocas de los perfiles de los pozos A y B, los recortes del pozo B y la corona del pozo A. Posteriormente, computaron los perfiles de los módulos elásticos estáticos y dinámicos y luego el esfuerzo mínimo a lo largo del pozo C utilizando el modelo geomecánico calibrado (ver Figura 5).

En el pozo C, se observa la variación horizontal de la mineralogía y el contenido de TOM dentro de Vaca Muerta. Además, los cálculos de la anisotropía elástica y el esfuerzo mínimo varían a lo largo del tramo lateral. En particular, la anisotropía elástica (E_H/E_V) es proporcional al TOM más el contenido de arcilla e inversamente proporcional al contenido de calcita.

Estas variaciones de la mineralogía, de los módulos elásticos y de la anisotropía afectan la separación de los componentes gravitacionales y tectónicos de los esfuerzos en el cálculo del esfuerzo mínimo (σ_{Hmin}). A medida que se incrementa la fracción de TOM más el contenido de arcilla, la estructura de la roca se debilita y E_H y E_V se reducen, pero E_H/E_V aumenta. Esto se traduce en una reducción del componente tectónico, un incremento del componente gravitacional y una reducción acumulada de σ_{Hmin} . Un incremento de la fracción de calcita aumenta E_H y reduce E_H/E_V , lo que resulta en un aumento del componente tectónico, en una reducción del componente gravitacional y en un incremento acumulada de σ_{Hmin} . El efecto de la calcita en la separación de los esfuerzos se manifiesta como zonas en las que σ_{Hmin} se incrementó de 100 a 200 psi.

La anisotropía elástica moderada, el alto gradiente de presión de poro y las grandes

11. Para mayor información acerca de métodos espectroscópicos, consulte: Aboud et al, referencia 10.

12. Berner RA: "Burial of Organic Carbon and Pyrite Sulfur in the Modern Ocean: Its Geochemical and Environmental Significance," *American Journal of Science* 282, no. 4 (April 1982): 451–473.

Berner RA: "Sedimentary Pyrite Formation: An Update," *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48, no. 4 (April 1984), 605–615.

13. Sobre los cálculos de física de rocas, consulte: Prior, referencia 9.

14. Arroyo Franco JL, Mercado Ortiz MA, De GS, Renlie L and Williams S: "Sonic Investigations In and Around the Borehole," *Oilfield Review* 18, no. 1 (Spring 2006): 14–33.

Haldorsen JBU, Johnson DL, Plona T, Sinha B, Valero H-P and Winkler K: "Borehole Acoustic Waves," *Oilfield Review* 18, no. 1 (Spring 2006): 34–43.

15. Para más detalles sobre el procesamiento de perfiles sínicos, consulte: Sinha BK, Vissapragada B, Renlie L and Tysse S: "Radial Profiling of the

fuerzas tectónicas se traducen en un gradiente de esfuerzo mínimo promedio alto para esta zona de Vaca Muerta. Los ingenieros pueden utilizar el esfuerzo mínimo como dato para el diseño del fracturamiento hidráulico y para determinar el perfil CQ a lo largo del pozo C.

Una mejora futura sería la utilización del servicio acústico a través del trépano Thru-Bit Dipole, para registrar las propiedades elásticas dinámicas en el pozo horizontal.²⁰ Los ingenieros podrían utilizar estas propiedades dinámicas para recalibrar los modelos de física de rocas y geomecánica de acuerdo con la geología y las condiciones existentes en el pozo horizontal.

Conclusiones

Se ha propuesto un método alternativo de caracterización cuando no se dispone de perfiles en tramos laterales. Las mediciones efectuadas en los recortes se utili-

zan para estimar la anisotropía de las propiedades mecánicas y los esfuerzos locales, siempre y cuando la física de rocas y el MEM se construyan y calibren en pozos piloto utilizando datos de perfiles, datos de coronas y ensayos de esfuerzos locales. Los recortes tienen la ventaja de que siempre se coleccionan durante la perforación y son económicos. El método consiste en utilizar la tecnología DRIFTS para medir con exactitud la mineralogía y el TOM en muestras de recortes.

Este método fue ilustrado utilizando dos pozos piloto que atraviesan Quintuco y Vaca Muerta y un tramo lateral en Vaca Muerta. Se demostró que los módulos derivados del perfil sísmico pueden ser reconstruidos con gran exactitud utilizando un modelo de física de rocas y datos de los volúmenes petrofísicos. El modelo de física de rocas resalta el impacto del alto TOC en Vaca Muerta y de la mineralogía en Quin-

tuco. A fin de demostrar la tecnología, se utilizaron las mediciones DRIFTS efectuadas en los recortes de los pozos piloto para predecir los módulos derivados del perfil sísmico. Se demostró que un paso clave en la metodología se apoya en la habilidad para reconstruir los datos de volúmenes petrofísicos faltantes utilizando las mediciones DRIFTS. A pesar de que el muestreo de los recortes es efectuado a intervalos de metros y el de los perfiles cada 15 cm, se observa una excelente concordancia entre ambas mediciones. El modelo se aplicó luego a datos DRIFTS obtenidos en el tramo lateral y se computaron los índices de esfuerzos derivados de los recortes.

Esta metodología abre perspectivas promisorias para estimar esfuerzos de forma exacta utilizando mediciones derivadas de los recortes en ambientes con escasos perfiles.

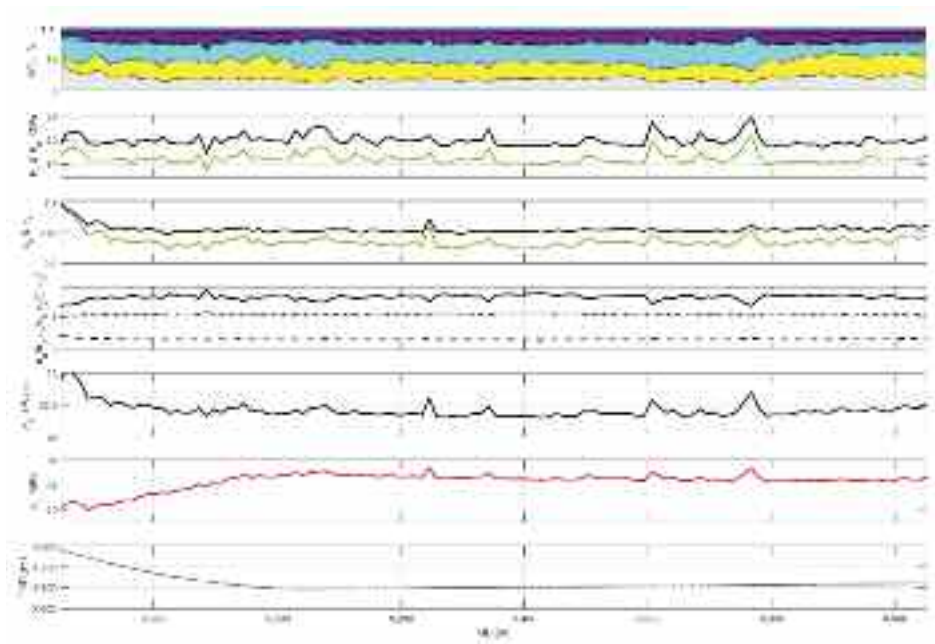


Figura 5. Aplicación de los modelos al pozo lateral C. Los resultados de las mediciones DRIFTS (extremo superior) fueron incorporados en los modelos de física de rocas y geomecánico desarrollados y validados utilizando los pozos de control verticales A y B. Los analistas calcularon los módulos de Young estáticos (segundo desde el extremo superior), las relaciones de Poisson en las direcciones vertical y horizontal (tercero desde el extremo superior), las relaciones E_H/E_V , y ν_H/ν_V and $\nu_V/(1-\nu_H)$ (centro), el gradiente de esfuerzo horizontal mínimo (tercero desde el extremo inferior) y el esfuerzo total (segundo desde el extremo inferior) en cada ubicación de muestras de recortes a lo largo del pozo C; el espaciamiento de las muestras de recortes fue de 12 m. Se incluye también la trayectoria del tramo horizontal (extremo inferior). Los ingenieros utilizan los esfuerzos y los módulos estáticos para determinar la calidad de la terminación y planificar las terminaciones con fracturamiento hidráulico —ubicaciones de los disparos y etapas de fracturamiento— a lo largo del tramo lateral.

Three Formation Shear Moduli and Its Applications to Well Completions," *Geophysics* 71, no. 6 (November–December 2006): E65–E77.

Donald and Prioul, referencia 11.

16. Para obtener mayor información sobre mediciones ultrasónicas de la anisotropía elástica en muestras de coronas, consulte; Hornby BE: "Experimental Laboratory Determination of the Dynamic Elastic Properties of Wet, Drained Shales," *Journal of Geophysical Research* 103, no. B12 (December 10, 1998): 29,945–29,964.

17. Prioul et al, referencia 3.

18. Frydman et al, referencia 9.

19. Prioul et al, referencia 3.

20. Bammi S, Walsh JJ, Kinoshita T, Endo T, Velez E, Gates B and Pullin C: "Measuring Completion Quality and Natural Fracture Indicators in Horizontal Wells Using a New Slim Dipole Sonic Memory Tool Conveyed Through the Drillstring and Bit." *Resúmenes extendidos, 85o Exhibición y Reunión Internacional Anual de la SEG, Nueva Orleans, Luisiana (18 al 23 de octubre de 2015):341-345.*

#MakeThingsBetter
total.com.ar

COMPROMETIDOS CON EL GAS NATURAL

Total invierte en gas natural para reducir la huella de carbono
de la matriz energética global



TOTAL

COMMITTED TO BETTER ENERGY

COMMITTED TO BETTER ENERGY = Comprometidos con una mejor energía

“El futuro de la energía - el rol de los hidrocarburos de fuentes no convencionales”



Una visión al futuro en base a hechos, estadísticas y tendencias en el mundo actual con un foco especial en Argentina. El análisis con base técnica busca entender si existe un espacio para los hidrocarburos de fuentes no convencionales en la matriz de energía actual y futura. Asimismo presenta una visión del mapa de ruta hacia el futuro de la transición de las diferentes fuentes de energía y el por qué se debería ir en dicha dirección mostrando los desafíos técnicos, políticos y económicos.

“La predicción es muy difícil, especialmente si es acerca del futuro”. Niels Bohr, Nobel en Física

Desde que nos levantamos hasta que nos acostamos nuestra vida transcurre de alguna u otra manera consumiendo energía ya sea a través de los alimentos que ingerimos, los medios de transporte que usamos para trasladarlos del hogar al trabajo, las utilidades de nuestro hogar, el funcionamiento de nuestra ciudad, los medios de comunicación y la fabricación de cada uno de los elementos que usamos a diario desde un simple cepillo de dientes, pasando por la computadora, el teléfono o el avión. No cabe duda que es impensable una sociedad moderna que no consuma energía.

Mientras el mundo debate el rol de los hidrocarburos como fuentes de energía y su impacto en la vida moderna debemos tratar de entender las razones detrás del debate que son motivados por diferentes intereses. Recientemente un amigo que no está relacionado con nuestra industria me preguntaba de manera sincera el porqué de las discusiones acaloradas alrededor de este tema y qué hay de cierto en lo que se lee en la prensa. Sin tener respuesta a todas las preguntas cada vez que lo hago trato de basarme en hechos más que en opiniones y de enfatizar que los que trabajamos en la industria del gas y petróleo vivimos en la misma tierra, respiramos el mismo aire, tomamos la misma agua y pagamos por la energía que consumimos de igual manera que lo hace cualquier individuo por lo que no somos ajenos a los efectos que se le puede causar a nuestro ecosistema. El desafío es el consumo responsable y sustentable de la energía que disponemos en nuestra madre naturaleza. No hay soluciones mágicas sino soluciones que minimizan el potencial impacto que puedan causar y buscan el beneficio de la mayoría y no el de unos pocos.

Antes de avanzar en un análisis de la situación actual, es extremadamente importante contar con estadísticas ciertas, reales y con mínimas o nulas influencias para poder tener un panorama claro que permita tomar las decisiones adecuadas para todo el conjunto de los habitantes. Se sigue cumpliendo el axioma que establece que no se puede controlar lo que no se mide. Hay múltiples países en el mundo que son ejemplo de la cantidad y calidad de la información que recolectan, lamentablemente Argentina se ha movido como un péndulo en este sentido a lo largo de los años.

Como todo análisis que mira hacia el futuro está la incertidumbre en muchos factores que a su vez están fuertemente interrelacionados o acoplados. El negocio de la energía no escapa a estos fundamentos y entender los factores que la impactan es crucial para minimizar dicha

incertidumbre. Los factores principales son la geopolítica, las políticas, la sustentabilidad, el progreso tecnológico, el crecimiento económico y el desarrollo de la población mundial. En cierto punto se deben hacer asunciones y escenarios que muestran sensibilidades a los diferentes factores. Finalmente, en este ambiente de incertidumbre se deben tomar las decisiones que impactan directamente en dichos factores. (ver figura 1)

Existe una alta interrelación entre diferentes componentes críticos como por ejemplo energía, suelo, agua, alimentos, emisiones, costos, y población entre otros.

La modificación de uno o varios de ellos causa inmediata reacción en los restantes por lo cual cada vez que se hace un análisis no se puede hacer sesgado y se debe hacer de manera integral. Las potenciales soluciones no son la suma de los

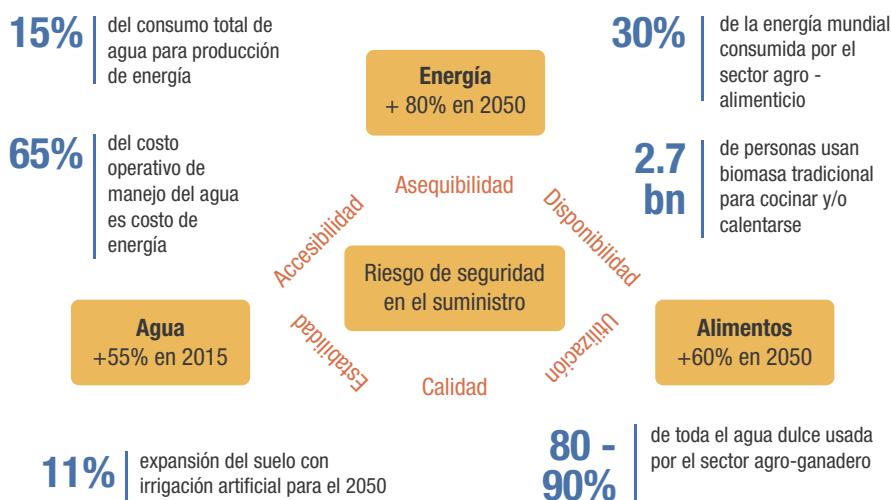


Figura 1: Fuente IRENA, Renewable Energy in the Water, Energy and Food Nexus

Acceso a la electricidad (% de la población)

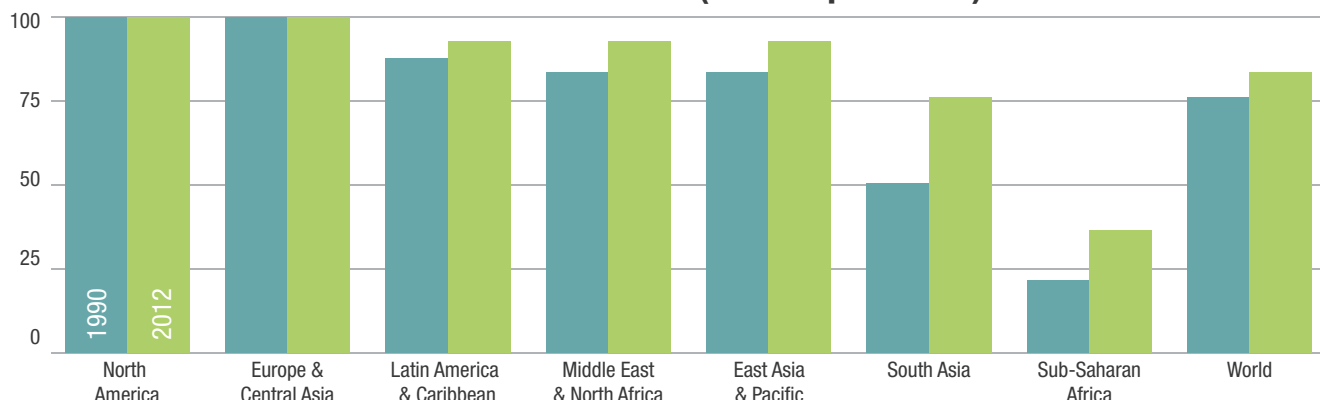


Figura 2: Fuente Sustainable energy for all. Global tracking database. World development indicators.

óptimos de cada componente sino un óptimo combinado que minimiza los impactos totales causado por cada uno de ellos.

El mundo actual enfrenta un sinnúmero de realidades (hechos) sin distinción de raza, religión o idea política que afectan directa o indirectamente el consumo de energía. Las fuentes son diversas pero coincidentes en los números y conclusiones.

Es innegable que la sociedad en su conjunto demanda energía de distintos tipos y maneras. A su vez, la energía alimenta el desarrollo humano con lo que se da un proceso de retroalimentación. Es impensable parar el desarrollo humano a fin de reducir el consumo de energía, se necesita otra manera de encarar este difícil desafío que afronta la raza humana.

Qué impulsa la demanda de energía? Podemos decir que la necesidad de energía es gobernada por el crecimiento de la población mundial y los ingresos per cápita crecientes catalizados por la cultura de vida moderna. Siendo que ambas se incrementan con el paso del tiempo y que es difícil actuar sobre la tasa de crecimiento de la población, nos resta actuar sobre como reducimos el consumo energético sin afectar o aun mejorando constantemente el estándar de vida.

En forma resumida la mayoría de la energía que se necesita es energía eléctrica y combustible como derivados de hidrocarburos para transportes o maquinaria de todo tipo. A su vez gran parte de la energía eléctrica es generada a partir del carbón o de combustibles que también provienen de los hidrocarburos. (ver figura 2).

Para el año 2050 se estima que el mundo tendrá una pobla-

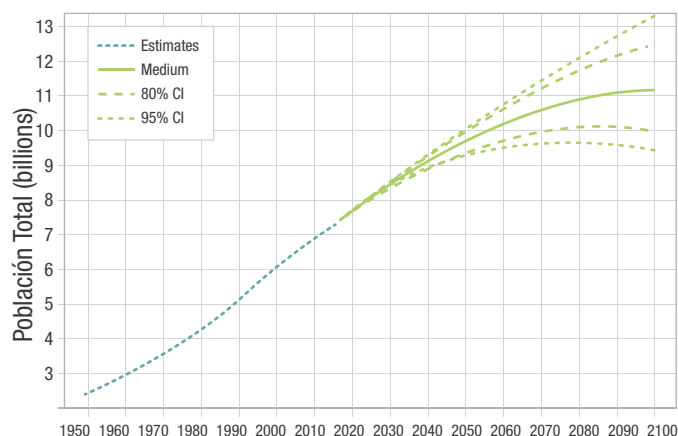


Figura 3: Fuente Naciones Unidas, revisión 2015.

ción total de alrededor de 9.7 billones de personas (+ 30 % con respecto al 2016) y se estima que llegara a los 10 billones alrededor del 2056 de las cuales un 65 % estará viviendo en ciudades o centros urbanos que en general se desarrollan cerca de fuentes de agua dulce como ríos y lagos de la misma manera que lo hemos hecho desde el inicio de la vida en sociedad hace miles de años atrás. (ver figura 3).

Actualmente Asia y África representan el 76 % de la población total siendo China e India los países con mayor población del planeta. Las estimaciones muestran que esta distribución se acentuará más en el futuro. Diferentes fuentes acuerdan en los números pronosticados. Dicha gente demandará alimentos, vestimenta y todo aquello que le brinda la vida moderna altamente ligada al consumo de energía. Se estima que para el 2030 un 60 % de la población mundial vivirán en grandes urbes. Esta transformación demográfica será compleja ya que cada cambio en un sector impacta al resto produciendo impactos en lo económico, político y religioso de los países.

El producto bruto en general se ha ido incrementando en el tiempo y cada vez más personas tienen acceso a bienes de consumo que a su vez demandan mayor cantidad de energía. Esta tendencia se ve magnificada en los países en vía de desarrollo los cuales mayormente están localizados en Asia y África a una tasa del doble que los países desarrollados. Asimismo dentro de estos países se dan migraciones del campo hacia los centros urbanos lo cual hace que se cambien radicalmente los hábitos de vida que es fuertemente basada en consumo de energía (ver figura 4).

El empleo genuino y el acceso al mismo son la roca fundacional en la que se basa la economía y el desarrollo social del individuo y de un país en su conjunto. El empleo sostenido es el camino a la reducción de la pobreza y al crecimiento económico de un país pero no es algo que surja por sí solo. Las condiciones de estabilidad políticas, legales y sociales son fundamentales para que se tenga un ambiente propicio para la generación de empleo a lo cual hay que agregarle la necesidad de la competitividad interna y externa a partir de la productividad de manera de que haya un flujo real de la economía. Cada uno de estas condiciones por sí sola no pueden asegurar el empleo, se necesitan todas ellas a la vez lo cual marca lo complicado que puede ser el tema. Como ejemplo en el 2015 en el mundo había alrededor de 200 millones de personas sin empleo y más aún en condiciones de subempleo. Se estima que para el 2030 será necesario crear alrededor de 600 millones de nuevos empleos para hacer frente al crecimiento de la población y la mayoría de estos deberán ser de empresas del sector privado. Le queda al mundo una tarea monumental que es la de regular o legislar los mercados laborales y las protecciones a

la producción de manera tal que todos los países manejen las mismas reglas, esto unido a un sistema único y global impositivo podría ser una solución elegante a los problemas que enfrenta el mundo actualmente en cuanto a la economía y los empleos. El estándar de vida está relacionado con la calidad de vida o bienestar social general. Es la facilidad con la cual las personas pueden satisfacer sus necesidades y/o deseos. Si bien el dinero no asegura la felicidad es un medio importante para lograr estándares de vida más elevados. Incluye diversos factores tanto materiales como otros aspectos menos tangibles tales como ingresos, patrimonio, calidad y disponibilidad de empleo, acceso a vivienda, servicios de salud, alimentación, educación, infraestructura, vestimenta, transporte, bienes y servicios y confort en sus diferentes expresiones. Tienen influencia directa y a la vez son parte de dicha calidad de vida el crecimiento económico nacional, la estabilidad política y económica, la libertad política, cultural, de géneros y religiosa, la calidad del ambiente y la seguridad general. El quiebre en el modo de vida occidental se da en los años 50 fundamentalmente debido a la introducción de tecnologías desarrolladas durante la segunda guerra mundial a la vida cotidiana como por ejemplo refrigeración, radio y televisión, aviación, automovilismo, etc. Este hecho unido a la mayor capacidad de poder adquisitivo por una gran parte de la población hizo que se produzca un crecimiento de las industrias que hace que se requiera mayor cantidad de energía para la fabricación como para el funcionamiento de los equipos.

Dado que abarca muchos aspectos se la suele medir con indicadores como por ejemplo capacidad adquisitiva, inflación, ingreso per cápita, índice de pobreza, esperanza de vida, que tratan de capturar el grado de acceso a dichos bienes, necesidades o deseos. Sin embargo como todo indicador debe ser analizado con cuidado y en contexto para no arribar a conclusiones equivocadas ya que en general son inherentemente subjetivos. Es conveniente analizar varios indicadores antes de concluir una tendencia.

A pesar del crecimiento global hay en el mundo personas que viven en diferentes estados de pobreza. En 2012 un 13 % de la población total vivía por debajo de la línea internacional de pobreza de 1.90 USD/día. El porcentaje ha caído un 37 % desde el año 1990 y continúa con esa tendencia. Los dos países con pobreza más extremas son China e India que a la vez comparten las características de ser los países más poblados, con gran demanda

de energía, crecimiento económico alto, escasez de agua y contaminación importante por excesivo uso del carbón. A pesar de los infructuosos esfuerzos se estima que la pobreza global será del orden del 4 a 6 % para el año 2030. Se requerirán medidas muy drásticas o revolucionarias para eliminarla por completo. La reducción de la pobreza conllevará a que mayor cantidad de personas tengan acceso a los alimentos y a nutrirse en forma adecuada lo cual alargará la expectativa de vida al tener una salud física y emocional adecuada. Asimismo tendrán acceso a una diferente calidad de vida que requerirá de mayor demanda de energía. Desafortunadamente se da la coincidencia que en los lugares en donde se concentra la mayor pobreza son las zonas donde la agricultura tiene la menor productividad a causa del suelo y de la escasez de agua.

Pero no solo se trata de poder adquirir

electricidad por cuestiones de capacidad económica sino de tener acceso a la misma de forma económica, confiable y moderna que a su vez permitirá no solo mejorar la calidad de vida sino que es el motor que mueve a las sociedades y a las economías de los países. Se da aquí un efecto de sinergia que se repite en otros tantos factores. El uso de la electricidad disminuye la emisión de gases como el CO₂ debido al dejar de lado la quema de carbón, madera y otros productos de origen vegetal y animal. Si bien para el año 2012, el 85 % de la población mundial disponía de electricidad hay zonas del mundo como el sub Sahara africano en donde apenas un 40 % la puede disfrutar.

No es un secreto que gran parte de la humanidad no cubre la cuota alimenticia diaria. Una de cada diez personas actualmente en el mundo padece de hambre. Para el 2050 se estima que se necesitarán un 60

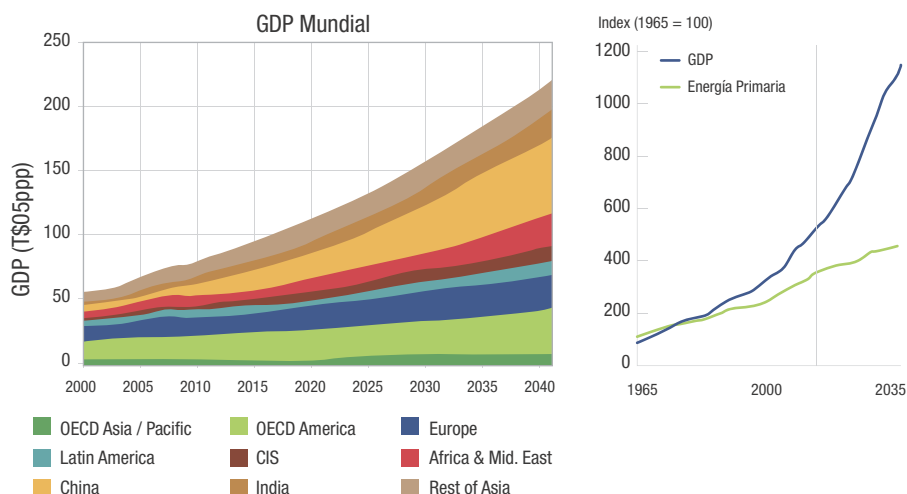


Figura 4: Fuente IMF Outlook 2014 y BP Statistical Review of World Energy 2016

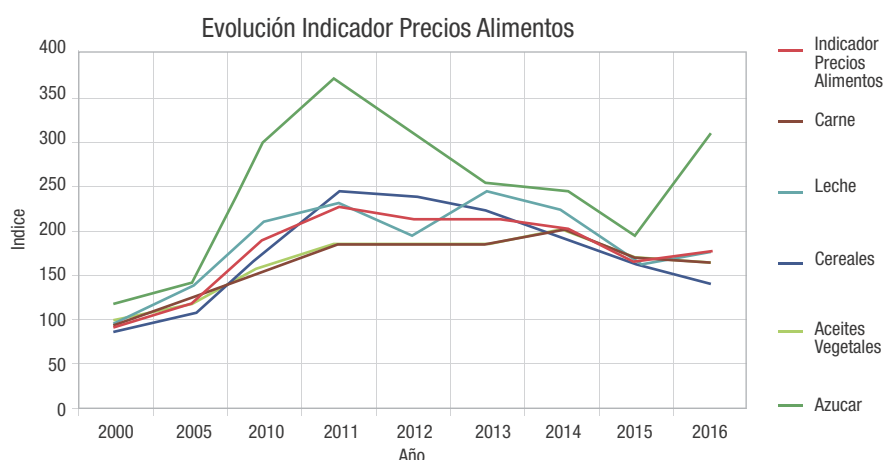


Figura 5: Fuente FAO, Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas, 2016

% más de alimentos que actualmente para alimentar a la población que estará cerca de los 10 billones de habitantes. El costo de los alimentos ha ido en aumento como consecuencia de una mayor demanda que está insatisfecha (ver figura 5).

Crece mucho más rápido la población y la capacidad de compra de la misma que la disponibilidad de alimentos.

Un tercio de la energía usada globalmente es consumida por el sector alimenticio pero un tercio de los alimentos producidos se pierde o se tira a la basura. Se estima que si un cuarto de lo perdido se podría salvar se podrían alimentar unos 870 millones de personas. Reducir las pérdidas y lo que se tira a la basura es crítico para disponer más alimentos cuando el crecimiento de la población lo demande. Asimismo la concientización sobre las ventajas de una alimentación saludable pueden optimizar la demanda de energía por parte del sector alimenticio. Si es claro que una menor demanda de alimentos puede repercutir en la generación de empleos y en la economía tanto regional como de un país, balance complejo que se debe manejar a través de políticas claras.

Cómo hacer para alimentar a todos los habitantes del mundo en el 2050 no solo reduciendo el impacto negativo al medio ambiente sino también manteniendo un desarrollo económico sustentable? La respuesta parece estar en una solución balanceada que primeramente cierre la brecha entre la necesidad de alimentos actual y la futura teniendo en cuenta la minimización de la hambruna, luego la agricultura, suelo y agua deben estar a la par para contribuir a dicha demanda alimenticia manteniendo un desarrollo inclusivo social y económico y por último se necesita reducir el impacto de la agricultura sobre el medioambiente de manera de no agotar los recursos y explotarlos de manera sustentable.

La superficie arable disponible a nivel mundial para plantaciones ha variado poco en los últimos años y la tendencia se mantendrá o amesetará aún más (ver figura 6).

Si se observa el gráfico en los países desarrollados ha ido decreciendo lenta-

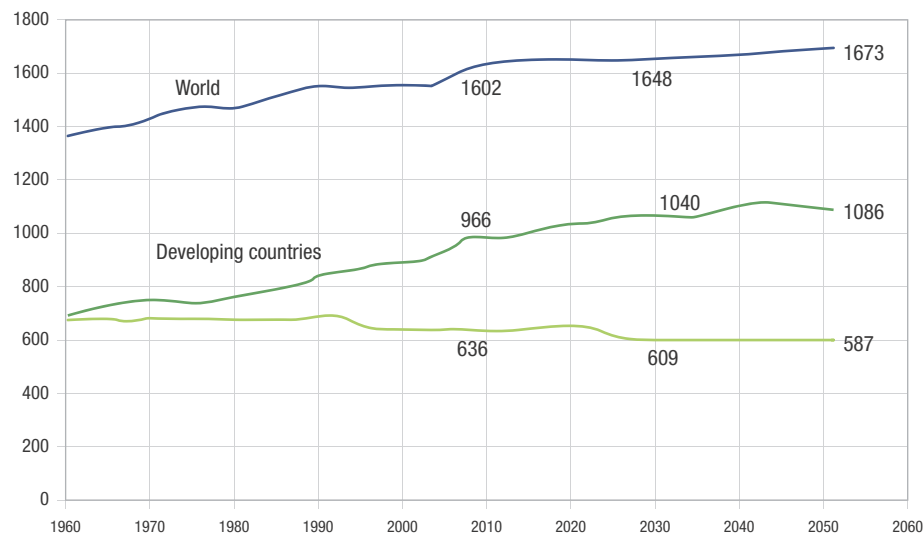


Figura 6: Fuente Ausubel y otros, 2016

mente mientras que en los países en vías de desarrollo ha ido aumentando a costa de tala de recursos naturales más que de incorporación de suelos disponible o recuperación de áreas de bajo potencial. Siendo simplista las nuevas áreas agregadas para cultivo son compensadas por áreas que se pierden por erosión, desertificación o pérdida total o parcial de las capacidades de sostener un cultivo debido a sobreexplotación, manejo inadecuado del suelo, contaminación, etc. Se estima que el crecimiento neto en las superficie arable será solo de un 0.1 % por año. A nivel relación superficie arable por habitante el indicador es aún más grave ya que dado la tasa de crecimiento de la población con superficie casi fija los números muestran que cada vez hay menos suelo disponible por persona para cultivar. Argentina es el décimo país con mayor superficie de tierra disponible para cultivo en el mundo. De las últimas estadísticas disponibles entre el 85 y el 90 % del suelo arable está continuamente con cultivos. Se estima que en el futuro este valor llegará al menos al 95%. El hecho de que el suelo disponible sea finito y que el disponible para cultivo no pueda seguir creciendo para no seguir alterando el medio ambiente hace que para poder obtener mayor cantidad de ali-

mentos el rendimiento debe crecer a cifras muy importantes aumentando la intensidad de cultivo y consiguiente desgaste del suelo. La creación de semillas transgénicas ha permitido aumentar el rendimiento y mitigar en cierto grado la tolerancia a ciertas plagas y tipos de suelo pero a la vez ha causado una dependencia de los fabricantes de semilla ya que dichas especies no pueden ser usadas para cultivo una vez cosechadas con impacto directo en el costo y acceso a las mismas. Pareciera entonces que la estrategia lógica y de aseguramiento de los alimentos nos indica que el suelo debe ser exclusivamente reservado para alimentos y no para actividades relacionadas a obtener productos que sean usados directamente para otros objetivos como por ejemplo la fabricación de combustibles como fuentes de energía. Por supuesto quedan descartados de este análisis aquellos productos que son resultado del descarte o subproductos de uno primario y que no tienen una potencial aplicación alimenticia tanto para el ser humano como para los animales.

Si bien ciertos cultivos como los cereales han logrado importantes avances en cuanto a mejora de rendimiento por área plantada, dichos resultados no son libres de efectos sobre la tierra y el agua usada para riego.

Mundo	Prom	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17
Área cosechada (miles acres)		83,305	89,196	85,052	81,027	84,073	76,658	77,203
Rendimiento (ib/acre)	678	678	686	699	713	680	636	655

Tabla 7: Fuente estadísticas de producción de algodón, 2016.

Demanda Total Fibras (MM Ton)

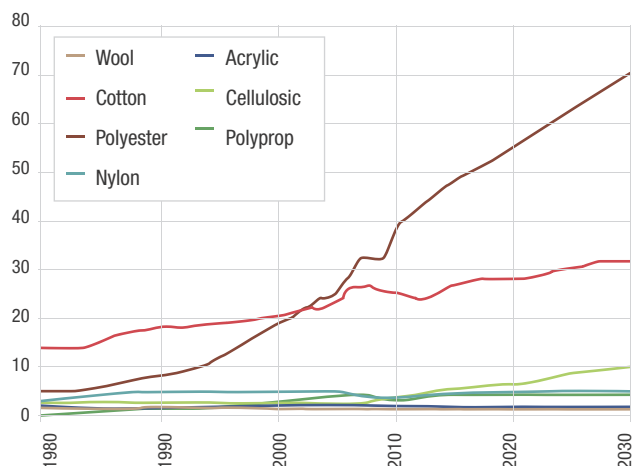


Figura 8: Fuente Textil World, 2016

Otros cultivos mayormente usados para la confección de vestimenta (fibras naturales como el algodón) no han logrado mejoras significativas y la única manera de aumentar el volumen producido es a través de la sustitución de otro cultivo que puede ser una potencial fuente de alimento. (ver tabla 7).

La tabla muestra no solamente menor área cosechada de algodón sino también rendimiento estancado. La sustitución de fibras naturales en forma parcial o total por fibras artificiales ha paleado la situación y ha permitido que se cumplan con las necesidades de vestimenta y otros requerimientos. Si la población actual del mundo quisiera vestirse solo con prendas manufacturadas con fibras naturales tanto de origen vegetal o animal no alcanzaría el área cultivable mundial ni la ganadería disponible. A su vez no habría área cultivable para otros alimentos con lo cual la solución no es sostenible. Las fibras artificiales hechas principalmente a partir del gas natural han cubierto dicha demanda y permitido a la vez contar con materiales más apropiados y confortables para distintas actividades y climas. La demanda por fibras sintéticas seguirá creciendo en el futuro (ver figura 8).

Solo como ejemplo final destaco que un celular de última generación, Tablet o aviones como el Dreamliner tienen en su construcción más del 50 % de materiales sintéticos provenientes del gas y petróleo. El reemplazo de materiales naturales como aluminio, acero, fibras naturales ha permitido hacerlos más livianos y más eficientes. Esta tendencia seguirá incrementándose en el futuro dada las múltiples ventajas que presenta. A la par de este cambio, el desafío futuro será como hacer para que cada vez más los materiales de origen sintético puedan ser reciclados

para otros usos con un objetivo del 100 %.

Las materias primas para la fabricación de alimentos como para la fabricación de otros insumos (vestimenta, construcción, etc.) demanda recursos naturales que si no son manejados en forma sustentable pueden llevar a un desarrollo que no se puede sostener en el tiempo. La preservación de los bosques, la mitigación de la desertización y de la degradación de suelos y la protección de los mares, océanos y fuentes de agua dulce con la biodiversidad que contienen son críticos para la continuidad de la vida en la tierra. La industria y la vida cotidiana generan desechos de origen químico como plásticos, subproductos de proceso, etc. que se deben tratar de minimizar o reutilizar de manera que no impacten negativamente en nuestro medio.

Toda actividad humana requiere agua ya sea para consumo, riego, actividades industriales, etc. El preservar las fuentes de agua dulce para consumo es crítico si queremos que las generaciones venideras puedan seguir disfrutando de una vida saludable y moderna.

Por lejos la agricultura es el mayor usuario del agua llegando aproximadamente al 70 % del consumo total. El resto es usado en consumo humano, industrias y uso doméstico. ¿Se están nuestros alimentos y vestimenta comiendo nuestra naturaleza y gastando el medioambiente (ver figura 9).

Se estima para el futuro que este consumo siga creciendo al menos un 15 % al 2030-2035.

Basados en un nivel de nutrición de 2,700 Kcal/día por persona y con una dieta basada en el 85 % de cereal se necesitan

% de utilización de agua para Agricultura, 2014

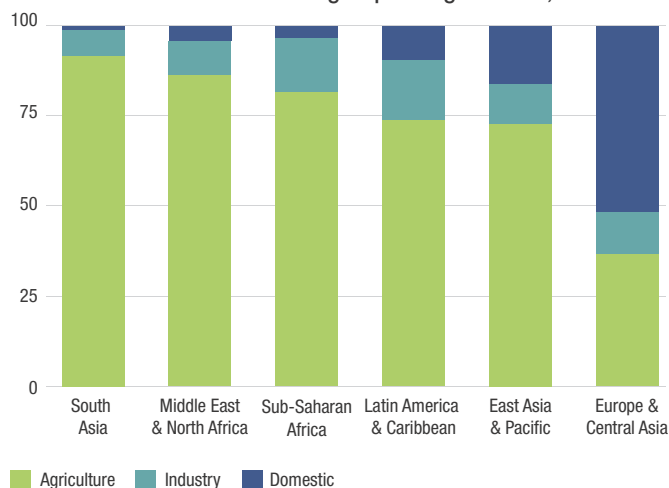


Figura 9: Fuente: FAO, Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas, 2014

aproximadamente 4.4 m3 de agua por día. Con la población reinante y constantemente creciente será un desafío proveerlos a todos con fuentes de agua dulce aceptables para todas las necesidades.

La intensidad de uso de energía primaria, indicador que intenta representar cuanta energía es usada para producir una unidad económica de producción ha ido disminuyendo a lo largo del tiempo. Entre 1990 y 2012 ha declinado un 27% lo cual muestra que los procesos se hacen cada vez más eficientes y/o se hace un uso más racional y eficiente de la energía. Sin embargo todavía queda mucho espacio de mejora y ese es uno de los grandes desafíos de nuestra época, en síntesis, como hacer más con menos. (ver figura 10).

Toe per thousand \$2010 GDP

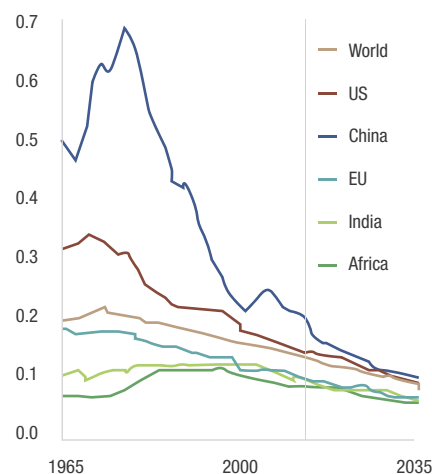


Figura 10: Fuente: BP, Statistical Review of World Energy 2016

El mundo cada vez está más globalizado y en definitiva se trata de transportar personas y bienes de consumos ya sea como materia prima o productos manufacturados alrededor del mundo. Dado los volúmenes involucrados esto solo se puede hacer con barcos, aviones, camiones y trenes de gran porte alimentados por combustibles fósiles de diferentes tipos. Todavía la tecnología está muy lejos para poder proveer fuentes de electricidad con la potencia necesaria para mover estos transportes pesados (ver figura 11).

Todos los habitantes del mundo incluida nuestra flora y fauna producen desechos de todo tipo y en cantidad que afecta nuestro ecosistema. Podemos debatir el grado de impacto pero es claro que es nuestra responsabilidad llevar adelante una forma de vida que sea no solo moderna sino también sostenible en el tiempo.

El CO₂ se lleva la mención principal entre los gases que causan efectos en el ambiente. La gran mayoría es consecuencia de la quema de combustibles fósiles como carbón, petróleo, gas y derivados de origen vegetal como madera, leña o carbón de leña. Actualmente alrededor del 40 % de la población mundial (~2.7 billones) usa leña para cocinar. Sin embargo el carbón es el más ineficiente y uno de los más usados en los países con mayores poblaciones fundamentalmente por la disponibilidad del mismo.

China seguirá siendo el mayor consumidor de carbón y parece desafiante la meta de reducir su utilización dado el grado de inserción que tiene en su matriz y en su economía. India y US serán los siguientes mayores consumidores. Una gran incógnita es como hará China para alinearse con los objetivos de reducción de emisiones y contaminación dado que es uno de los protagonistas principales en el panorama mundial (ver figura 12).

El CO₂ no es el único gas que causa efectos a la atmosfera. La agricultura es el líder indiscutido en la generación de óxido nítrico (N₂O) y un productor importante de CH₄. Sin embargo no podemos suprimir la agricultura de nuestras vidas, es lo que nos mantiene con vida a través de los alimentos.

La industria textil es el quinto mayor emisor de CO₂ y de otros gases de efecto invernadero. En total suman alrededor del 10 % de las emisiones totales. En 2014 solo el 30 % de la demanda fué de fibras naturales (algodón y lana), el resto fueron fibras sintéticas (65 %) y el 5 % restante fibras celulósicas.

Se ha acordado recientemente entre los países más influyentes del mundo una

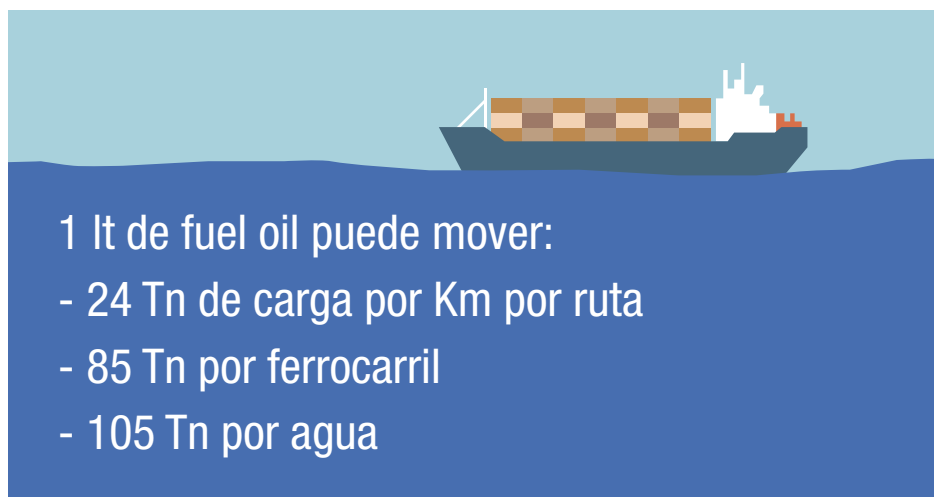


Figura 11: Fuente IEA, 2012

fuerte reducción en las emisiones de gases de tipo invernadero a fin de que la temperatura media del planeta no suba más de 2 grados centígrados con respecto a la era preindustrial. Las metas a largo plazo para el 2050 incluyen la reducción de gases de efecto invernadero entre 80 y 95 % comparado con el año 1990 (un 40 % para el 2020); cortar el consumo primario de energía en un 50 % con respecto al 2008; reducir el consumo eléctrico un 25 % comparado con el 2008 (18 % para el 2020) y asegurar que las fuentes de energía renovable sean al menos un 60 % del consumo total de energía (18 % para el 2020) o un 80 % del consumo eléctrico total (al menos 35 % para el 2020) (ver figura 13).

En última instancia, la economía y las políticas de cada país dictaran mayormente cual será el mix de la matriz energética que cada país seleccione. Las fuentes de energía deben ser fiables o sea

estar disponibles en forma continua, en vastos recursos y sin interrupciones cada vez que las necesitemos, eficiente desde el punto de vista termodinámico de generación (no gastar más energía en fabricar un producto que la energía propia del producto), limpias en cuanto a cómo se generan y a los subproductos que se emiten luego de usada, seguras en cuanto a su generación y manejo fundamentalmente deben ser asequibles desde el punto de vista económico para toda la población (bajo costo). Cada país hace uso de los recursos con los que cuenta a fin de obtener energía y desarrollar su economía. Para el ciudadano común, el cómo se genera o de donde proviene no presenta mayor interés siempre y cuando la factura que recibe a fin de mes por la provisión de energía sea accesible y no se lleve gran parte de su salario. El precio a pagar por el consumidor no solo debe ser razonable sino que también debe tener poca volatilidad (estabili-

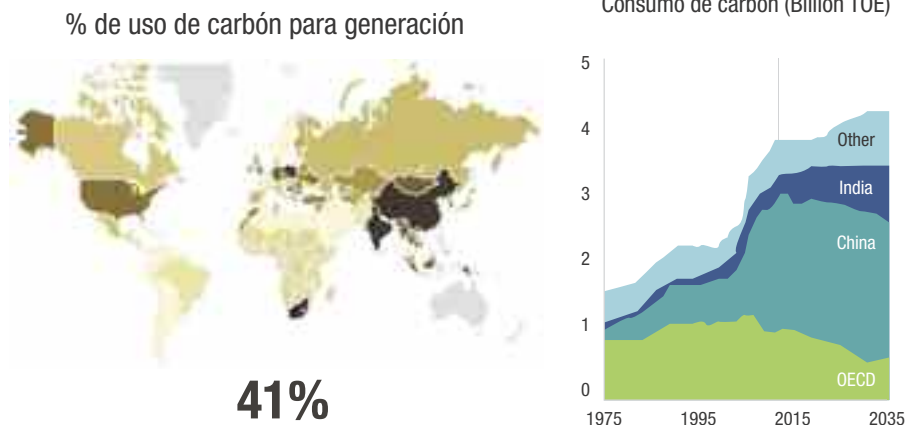


Figura 12: Fuente Enerdata, 2014 y BP Statistical Review of World Energy, 2016

dad en el tiempo) al igual que los costos de construcción de la infraestructura para producir la energía y poder transportarla.

Por ello los costos de las diferentes tipos de fuentes de energía son muy importantes a la hora de seleccionar el mapa de ruta de la matriz de energía y de su transición a lo largo del tiempo a sistemas menos impactantes. De nada sirve un sistema que cause mínimos impactos ambientales si nadie o solo una pequeña porción de la población lo puede pagar. Es más, casi con seguridad desde lo económico no será rentable para el proveedor y el sistema caerá en desuso. Tampoco es de mucha utilidad el gobierno subvencione la tecnología ya que en última instancia es dinero que sale de los impuestos de los contribuyentes y en el fondo es una manera indirecta de pagar una factura por provisión de energía y que en algunos casos ni siquiera se usufructúa.

El mundo actual a nivel geopolítico no está en un nivel estable, las constantes pujas entre las grandes potencias como China, Estados Unidos, Rusia y Europa por liderar el mundo unidos a las diferentes ideologías políticas y/o religiosas hace que los países se pregunten si el disponer de fuentes propias de energía no es la manera de asegurar su disponibilidad en una hipótesis de conflicto. La seguridad energética cubre varios aspectos interrelacionados entre sí (ver figura 14).

Cuando se habla de disponibilidad y confiabilidad no solo nos referimos a tenerla a mano sino que no dependamos de cuestiones geopolíticas que nos puedan paralizar un país por cortes de suministro o fluctuaciones en la provisión de la misma.

La autosuficiencia es crítica si quere-

mos ser independientes en cuanto la disponibilidad de energía. Esta seguridad no solo tiene que ver con la disponibilidad propia de fuentes de energía sino también tiene que ver con la confiabilidad de la infraestructura, la habilidad de los proveedores de suministrar la demanda actual y la futura y capacidad de evitar acciones que atenten contra el flujo ininterrumpido de la energía como por ejemplo sabotajes, ciberataques o limitación al acceso. Sin embargo cuando se habla de autosuficiencia o soberanía energética no nos debemos confundir con la estatización de los recursos y la de producción de las reservas. Las políticas y leyes de un país deben conducir a asegurar la disponibilidad de energía pero no el control directo de toda su cadena ya que en general la realidad nos ha mostrado que los resultados no son para nada satisfactorios. La energía producida dentro de un país aumenta la seguridad energética del mismo sin discusión alguna.

Con respecto al petróleo y al gas se observan un par de hechos sobresalientes a destacar:

- El precio del petróleo y gas se han desacoplado de las hipótesis de conflicto alrededor del mundo. Históricamente, el precio de ambos aumentaba con cada conflicto político y/o bélico alrededor del mundo sin importar su magnitud. Actualmente este comportamiento de reacción inmediata no se observa y no hay aumentos de precios cuando hay conflictos potenciales o reales en algún confin del mundo aun cuando no sea productor de petróleo como es el caso de Corea del Norte. Esto es fundamentalmente debido a que Estados Unidos con su desarrollo "shale" y "tight" de gas y petróleo ha dejado de depender en de los suministros

provenientes de países mayoritariamente agrupados en la OPEP. Las revisiones año tras año muestran que los pronósticos de producción siempre han sido menores a lo estimado lo que muestra un interesante panorama. El gran desafío aquí es pronosticar si hay un punto de inflexión o quiebre para este crecimiento. Esto es fundamentalmente posible debido a los incesantes avances tecnológicos y a los aumentos de productividad asociados.

En consecuencia la OPEP ha perdido gran parte de su poder y sus decisiones arbitrarias no impactan el precio del petróleo a menos que la misma sea reducir la cuota de producción.

- Los precios del petróleo y gas se han derrumbado a valores de alrededor de 50 USD/bbl después de haber estado a más de 100 USD/bbl. Las explicaciones de la diferencia hablan de oferta y demanda y de desaceleración de la economía del mundo y principalmente de gigantes como China pero pareciera que el precio de 100 USD/bbl en el contexto de oferta y demanda de aquel momento no tenía plena justificación y obedecía más a razones especulativas y evaluaciones de riesgo exageradas a nivel países. Mientras los mercados se re balancean, el precio se mantendrá en el rango de 50 - 60 USD/bbl con la producción y demanda actual. Si se despiertan lo gigantes o la OPEP decide cortar cuota de producción, el mercado se tornará inelástico y podremos ver incrementos de precio. Sin embargo es difícil predecir que los mismos vuelvan a valores por arriba de los 100 USD/bbl en el corto plazo.

- Las reservas de petróleo y gas todavía están lejos de valores críticos y se espera que con nuevas tecnologías se sigan descubriendo recursos suficientes para el

Consumo de energía de fuentes primarias

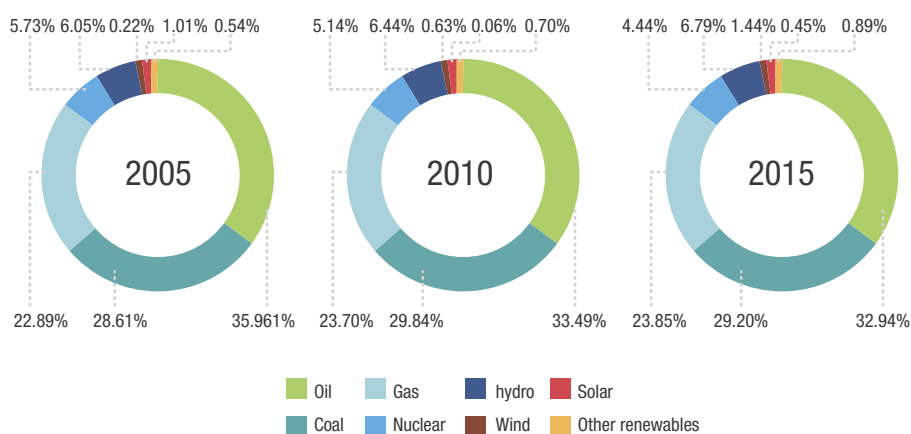
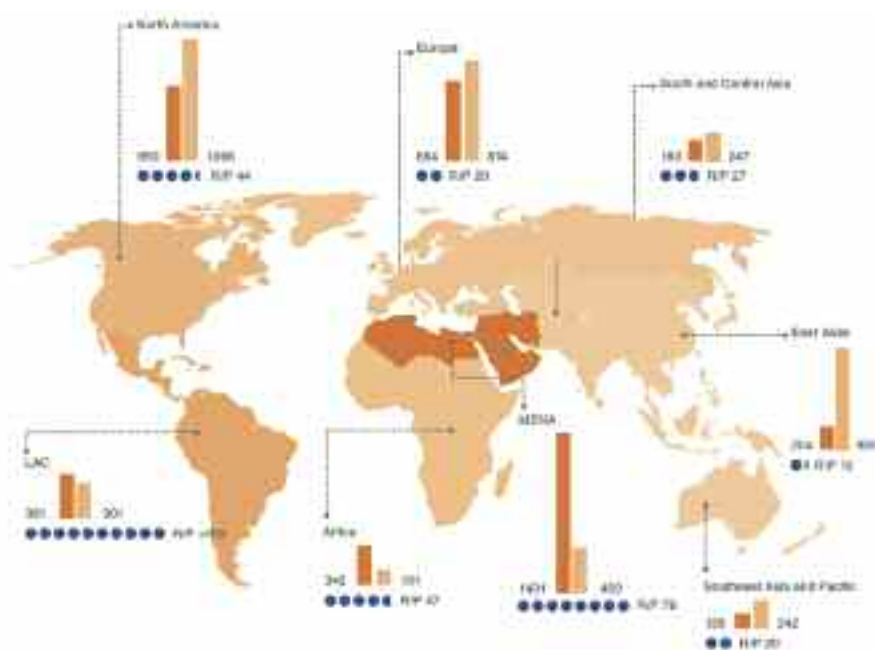


Figura 13: Fuente World Energy Council, 2016



Figura 14: Fuente, modificado a partir de Word Energy Council/Oliver Wyman, 2016



Reserves

<1000 Mt >200 000 Mt

Annual Production Annual Consumption
Mt Mt

R/P ratio (years)

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Global reserves

223 454 Mt

Production Mt Consumption Mt

3.973 4.153.5

R/P > 100

Figura 15: Fuente Enerdata, 2014 y BP Statistical Review of World Energy, 2016

futuro. El fantasma del petróleo que se agota no asusta a nadie en el contexto actual (ver figura 15).

- La manufactura de derivados del gas en países asiáticos ha caído debido a que es más barato producir los mismos en Estados Unidos en donde el precio del gas y la distancia del centro productor a las plantas es relativamente corto. Esto ha hecho resurgir la petroquímica en Estados Unidos con nuevas plantas, renovación y modernización de unidades existentes con la consiguiente creación de empleo.

- Los países que dependen mayoritariamente de la producción de petróleo como Arabia Saudita, Algeria, Yemen, Venezuela y que han construido sus presupuestos en base a un precio de petróleo alto han tenido que hacer serios ajustes para poder hacer frente al déficit de ingresos lo que impacta negativamente y directamente sobre la población.

En síntesis, la demanda de producción del mundo continuara en ascenso propiciada fundamentalmente por el crecimiento de la población y su estándar de vida que a su vez demandara más alimentos, vestimenta, vivienda y agua potable entre otros requerimientos. La disponibilidad de suelo para plantar es limitada y no crecerá en el futuro con lo que se debe reservar el mismo para la generación alimentos únicamente a fin de no afectar producción y precio de los mismos. El agua dulce es un bien ultra preciado y su uso debe manejarse de manera razonable sin afectar el desarrollo del mundo. Los países han acordado reducir las cuotas de emisiones lo que llevara a un

re-balanceo de las matrices energéticas de cada uno, entender los objetivos y la manera de hacer la transición será crítico si se quiere seguir creciendo como país de manera sustentable. El mundo actual está en una situación geopolítica algo inestable y cada país debe tratar de asegurar sus fuentes de energía. Esta situación, unida a la economía mundial reinante, no muestra signos en el corto plazo de cambios abruptos que impacten en el precio del petróleo, gas y sus derivados, por ende es de esperar precios en la banda de 40 a 70 USD/bbl en el futuro cercano. La globalización es acerca de transportar personas y cargas a través del mundo. Los principales medios como aviación, tren y barcos que mueven gran cantidad de personas y pesadas cargas, solo pueden ser movidos con motores que funcionan con hidrocarburos dado que la tecnología actual no tiene reemplazo al menos en el corto a mediano plazo. Los hidrocarburos continuarán siendo necesarios no solamente como fuente de energía sino también como base de manufactura de materiales para nuestra vida cotidiana que no pueden ser abastecidos en la demanda requerida a partir de fuentes naturales.

Fuentes de energía a nuestra disposición:

No hay una sola fuente de energía que tenga todos los beneficios que pretendemos de ellas, la forma más lógica y racional es disponer de una matriz balanceada que nos permita maximizar las ventajas y minimizar las desventajas. La tabla (ver tabla 16) no pretende ser exhaustiva y es solo un resumen que cubre los aspectos más destacados de cada tipo.

Para tener una idea de los consumos que implica generar solamente electricidad para una ciudad de 1 millón de habitantes en Estados Unidos se requiere una planta que genere una potencia disponible de 1,000 MWe. Para dicha potencia debe consumir alrededor de 2,200 MW de energía térmica provisto por potenciales diferentes combustibles. Los mismos deberían ser suministrados con la siguiente frecuencia y cantidad:

Carbón: 9,000 ton/día o 100 trenes con capacidad para 90 ton/día

Petróleo: 40,000 bbl/día o un buque tanque por semana

Gas natural: 6.8 MMm3g/día

Uranio (como U235): 3 kg/día

Si bien hay grupos en el mundo que presentan un plan de erradicación total de los combustibles fósiles por fuentes de energía renovable para el 2050, el análisis que presentan es muy débil desde lo técnico. Solo para citar dos ejemplos, en Europa actualmente hay instalados alrededor de 22 GW de capacidad de generación a partir de fuentes renovables pero a consecuencia de la naturaleza intermitente de la misma la potencia entregada ha sido de casi el 4 % de los requerimientos de Europa. Las plantas de generación de energía renovables tienen costos de alrededor de 30 veces mayores que los de una planta de gas. Pero no solo se trata de costo sino también de las superficies que demandan para colocar los equipos generadores. Como ejemplo, de lo endeble del análisis, el mapa de ruta plante-

Tabla 17:

Fuente	Fortalezas	Debilidades
Bioenergía y/o biomasa	Etanol de caña de azúcar o maíz, biodiesel de como soja, biomasa (restos de residuos de madera o desechos de agricultura y/o ganadería y otros bio derivados.	Combustibles a partir de aceites vegetales compiten con tierra para alimentos. Termo dinámicamente no ventajosos. Costo de R&D elevados. Emisiones de NOx y SOx. Competencia por y con agua, suelo y alimentos.
Carbón	40 % de la electricidad generada. Recursos distribuidos por todo el mundo. Costos estables y predecibles.	No renovable. Muy contaminante. Extracción produce mucha destrucción del suelo y ambiente circundante.
Eólica	Limpia. No genera residuos ni requiere combustible. Tecnología relativamente simple.	Disponibilidad baja. Zonas geográficas únicas. Complejo balance sistema eléctrico. Intermitente. Afectación de superficie y ecosistema en zonas con suelo fértil para cultivo.
Gas natural	El más limpio de los combustibles fósiles. Fuente de generación de energía eléctrica. Productos sintéticos. Nuevas y abundantes reservas y recursos no convencionales. Transporte como LNG. Se siguen encontrando reservas importantes.	Generación de CO ₂ . Altas inversiones iniciales para transportarlo a centros de consumo.
Geotérmica	Provisión de calor y electricidad.	Solo concentrada en ciertas zonas geográficas.
Hidroeléctrica	71 % de la energía generada mundialmente. Costos de operación bajos. No generación de CO ₂ o residuos. Técnica bien probada.	Costos iniciales y tiempos de construcción elevados. Afectación del medioambiente circundante. Demanda de grandes superficies. Resistencia de la sociedad por modificación o creación de microclimas.
Hidrogeno	Combustión limpia.	Almacenamiento peligroso. Uso de electricidad para la generación.
Marina	99 % basado en mareomotriz.	Costos de tecnología altos. Solo para ciertas áreas geográficas.
Nuclear	Alta eficiencia. Precios moderados y predecibles de electricidad. No CO ₂	Altos costos iniciales. Percepción negativa de la sociedad de la seguridad y manejo de los residuos.
Petróleo	Mayor proveedor de combustibles para el transporte (63 %). Nuevas y abundantes reservas y recursos no convencionales. Productos sintéticos. Fácil de transportar.	No renovable. Precios fluctuantes. Generación de CO ₂ . Alta volatilidad del precio.
Solar	1% de uso mundial. Potencia entregada mucho menor a la capacidad instalada. Sin partes móviles. Instalación simple y rápida. Solución adecuada para zonas remotas y desérticas.	Complejo balanceo del sistema eléctrico. Intermitente. Uso de materiales tóxicos o de difícil reciclado. Afectación de superficie y ecosistema en zonas con suelo fértil para cultivo.

ado para Estados Unidos define en parte que harían falta alrededor de 46,500 plantas de energía solar, lo que requeriría unos 1.7 millones de km² lo que representa alrededor de un 20 % de la superficie de todos los estados de Estados Unidos menos Alaska y Hawaii (Lower 48 States), esto para cubrir solo un 30 % de la demanda de energía total. Una planta de generación de energía eólica de 1000 MW requiere unos 930 km² para todos los molinos. Para cubrir otro 30 % de la demanda total serían requeridas alrededor de 1,700 granjas eólicas que cubrirían una superficie aproximada de casi 1.6 millones de km² lo que es muy similar a lo necesitado para las granjas solares representando otro 20 % de la superficie de todos los estados llamados Lower 48. En definitiva solo para cubrir el 60 % de la demanda haría falta ocupar el 40 % de la superficie. Queda recalcar que gran parte de dicha superficie queda inhabilitada para cualquier otra actividad como cultivo, ciudades, infraestructura de rutas, etc. Este análisis no pretende demostrar de que nunca será posible la transición sino que no será posible hacerlo en un corto plazo y que al menos hasta el 2050 los combustibles fósiles tendrán un importante papel. A medida que avancen las tecnologías como la de motores de alta potencia, la eficiencia y costo de generación y almacenamiento permitirán ir haciendo la transición de forma ordenada y sostenible minimizando el impacto al medioambiente.

Las fuentes renovables crecerán por los acuerdos entre los países y por la caída en el precio de generación. El porcentaje de cada uno estará mayormente gobernado por el precio de generación que incluye los costos de infraestructura.

Un punto muy importante y crítico a la

vez es el hecho de las fuentes de energía renovables solo producen electricidad. La erradicación completa de los hidrocarburos nos dejaría sin los materiales sintéticos necesarios lo cual es antológico y no sustentable para la continuación de la vida en nuestro planeta como se analizó anteriormente.

Sin embargo a la hora de compararlos debemos hacerlo sobre una base lo más igualitaria posible lo cual no es sencillo.

Una manera de medir el costo de la energía de diferentes fuentes es usar el concepto de costo normalizado. Este costo es un indicador que pretende comparar solo una parte que es el costo pero a su vez una de las que más impacto tiene sobre los precios pagados últimamente por el consumidor.

La relación entre costo monetario de la energía comparado con el GDP (Producto Bruto Interno) para el mismo periodo da un indicador cuantitativo de cuánto dinero se invierte en energía en promedio para generar una unidad de riqueza. A este indicador se lo denomina EROI, (Retorno de la Inversión de la Energía). Si este número es bajo (< 5 %) la economía en general crece fuertemente. Cuando esta relación está por arriba de 10 % la recesión comienza a ocurrir.

$$EROI = \frac{\text{Energía disponible en el nuevo combustible}}{\text{Energía consumida en la producción del nuevo combustible}}$$

Este indicador por sí solo no juzga las virtudes o defectos de cada uno de los diferentes tipos de fuentes de energía sino que muestra que tipo ha sido un ganador o perdedor neto con respecto a otro y hasta que punto.

Para nuevos combustibles en teoría el EROI debería ser mayor a 1 como mínimo

para brindar un beneficio neto. Sin embargo se han observado que en la práctica se necesita una relación mínima de al menos 3:1 para cubrir los costos de producción y pérdidas asociadas durante el proceso. Por otro lado se ha visto que las recesiones se han dado cuando el EROI de los combustibles primarios ha estado por debajo de una relación de 6:1. De manera tal que para poder producir y causar desarrollo sano se necesita como mínimo al menos una relación de 6:1.

Como ejemplo, para el etanol la literatura tiene consenso de que dicho valor es del orden de 1.25:1 y no hay casi ganancia neta de la energía entregada por litro de etanol con respecto a la usada para generarlo.

Diferentes plantas como soja, aceite de palma y de maní, girasol, aceite de semilla de algodón y otras producen lípidos pueden reaccionar con metanol para producir metil esteres de ácidos grasos conocido como biodiesel que en realidad no tiene nada que ver químicamente con el diésel proveniente del petróleo. Debido a los requerimientos de los motores de alta performance y de que tiene menor densidad energética se lo debe transformar aún más en procesos llamados hidro-tratado en donde básicamente se incrementa la relación hidrogeno a carbón, se remueve el oxígeno y se cambia la estructura de la molécula. El hidrogeno proviene del gas natural haciendo que se pierda en parte el nombre de combustible renovable. Para la soja el EROI no llega a 2:1.

Los nuevos combustibles no solo deben tener un EROI mayor a 6:1 sino que también deben tener un EROI mayor que las alternativas disponibles para el mismo propósito.

Si comparamos el etanol con el petróleo sobre igual bases de EROI veremos que el etanol no es todo lo atractivo como se lo vende haciendo comparaciones no del todo objetivas. La siguiente tabla muestra la mayor parte de las fuentes disponibles y su consiguiente EROI. (ver figura 18)

Otra manera de comparar diferentes fuentes de energía es a través del costo normalizado a ciclo completo. Los resultados de la tabla están a la vista. (ver figura 19).

La Armada de Estados Unidos ha impulsado desde el 2007 un proyecto para incorporar los biocombustibles en sus barcos y aviones. A la fecha dispone de suficientes estadísticas y resultados que se pueden usar para comparaciones reales. El menor precio pagado por biocombustibles ha sido del orden de 48 USD/bbl y ha llegado a pagar hasta 66 USD/gal. Los combustibles que reemplazó en parte fueron pagados a razón de 2.76 USD/gal en promedio. Asi-

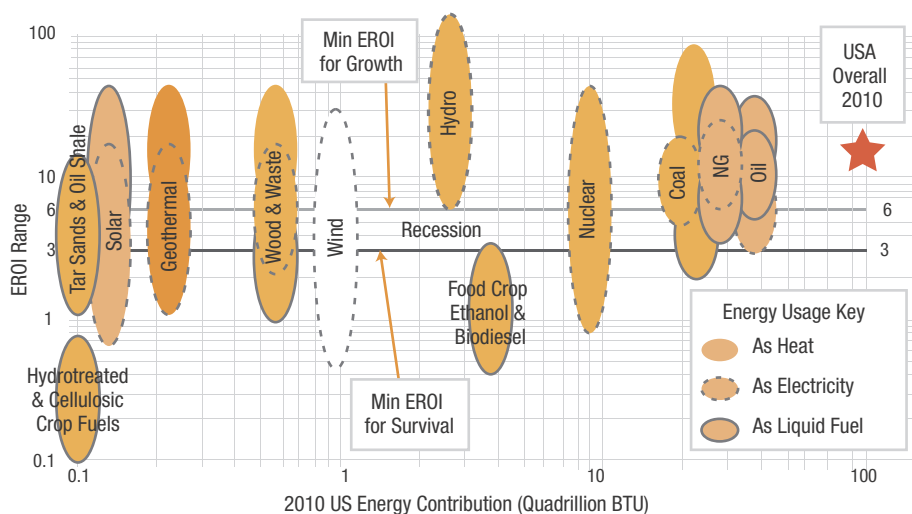


Figura 18: Fuente Kiefer, 2013

mismo los combustibles tienen subsidios que salen de los bolsillos de los contribuyentes. La siguiente tabla muestra los mismos en donde se ve lo recibido por los biocombustibles.

Si al precio pagado le agregamos lo recibido en subsidios el precio final pagado es aún mucho mayor.

Asumiendo que si el EROI y el precio no fueran factores decisivos veamos el impacto en el uso del suelo para su producción. Los biocombustibles son terriblemente ineficientes en cuanto al uso de la tierra lo cual se puede ilustrar haciendo uso del concepto de densidad de potencia. Por hectárea de soja se obtienen aproximadamente 0.65 m3 de biocombustible y por hectárea de maíz se producen alrededor de 4.7 m3 de etanol. En términos de densidad de potencia solo entregan 0.07 and 0.315 W/m2 respectivamente lo cual los hace tres veces peor que la energía eólica (1.13 W/m2), 19 veces peor que la solar (6.0 w/m2) y 300 veces peor que el petróleo (90 w/m2). La superficie equivalente requerida para proveer de biocombustibles (base etanol) a cada auto familiar de una familia típica americana es del orden de 10,000 m2. La misma superficie se puede usar para cosechar alimentos para aproximadamente 20 veganos o 2.5 humanos que coman puramente carne. Cada hectárea de tierra que se dedica a los biocombustibles es una superficie que no se puede usar para cosechar alimentos de origen vegetal o animal lo cual impacta directamente en el precio de los mismos. Hay estudios que demuestran que los aumentos de los precios del maíz y del azúcar han subido al menos un 70 % como consecuencia de la aparición de los biocombustibles. A medida que aumenta el precio del maíz, también lo hacen otros como el trigo y el arroz para consumo humano y otros granos usados para alimentos para animales a medida que los mercados detectan mayor demanda por productos sustitutos.

La competencia por el suelo es una amenaza para la seguridad en la provisión de alimentos y debe ser incluida en las estrategias políticas y militares de los países.

Estudios recientes han demostrado que no hay menor generación de CO2 cuando se lo compara contra los combustibles fósiles.

Si bien las fuentes de energía renovables carecen de las características indeseables de los combustibles fósiles en términos de generación de CO2 y otros productos también carecen de ciertos atributos esenciales como baja densidad energética, intermitencia, falta de transportabilidad, bajos valores de EROI y más bajos aun especialmente cuando se contabiliza la intermitencia y gran demanda de superficie para la infraestruc-

Costo Normalizado Estimado para Plantas de Generación de Electricidad que Entran en Servicio en 2018

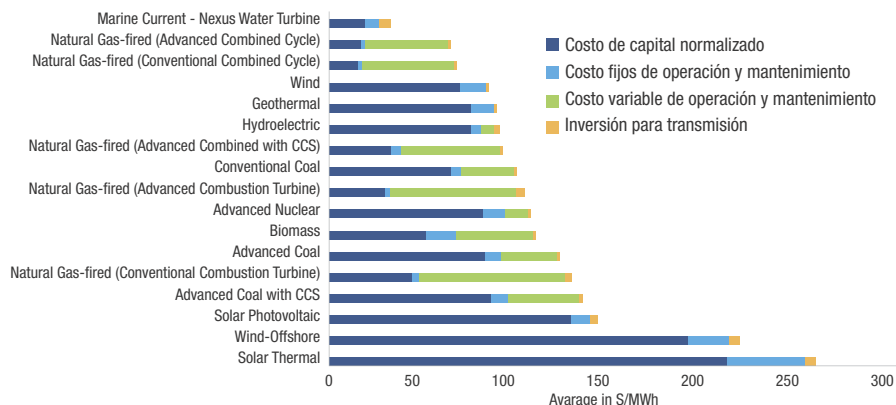


Figura 19: Fuente EIA, 2015

tura necesaria.

La búsqueda de nuevos combustibles de fuentes renovables deben ser verdaderamente renovables en todos sus aspectos como huella de suelo y de consumo de agua dulce, depleción de los nutrientes del suelo, competencia de suelo, ciclo completo de gases de efecto invernadero, contaminación del aire, balance de energía completo y costo final de ciclo completo.

El agua dulce, recurso que hoy puede considerarse no renovable, que junto a la salada conforman un componente primor-

dial para la vida humana es usado en casi todas las fuentes de generación de energía y en alguna de ellas es crucial para el proceso como en la hidroeléctrica, sin embargo muchos se olvidan que la combustión de combustibles fósiles e hidrogeno son los únicos que generan agua como parte de los productos de reacción. Para tener una idea de esto por cada litro de gasolina utilizado se generan alrededor de 0.85 lts de vapor de agua que se incorporan al ciclo del agua. La siguiente tabla muestra las necesidades de agua como parte del proceso de generación en forma comparativa (ver figura 20).

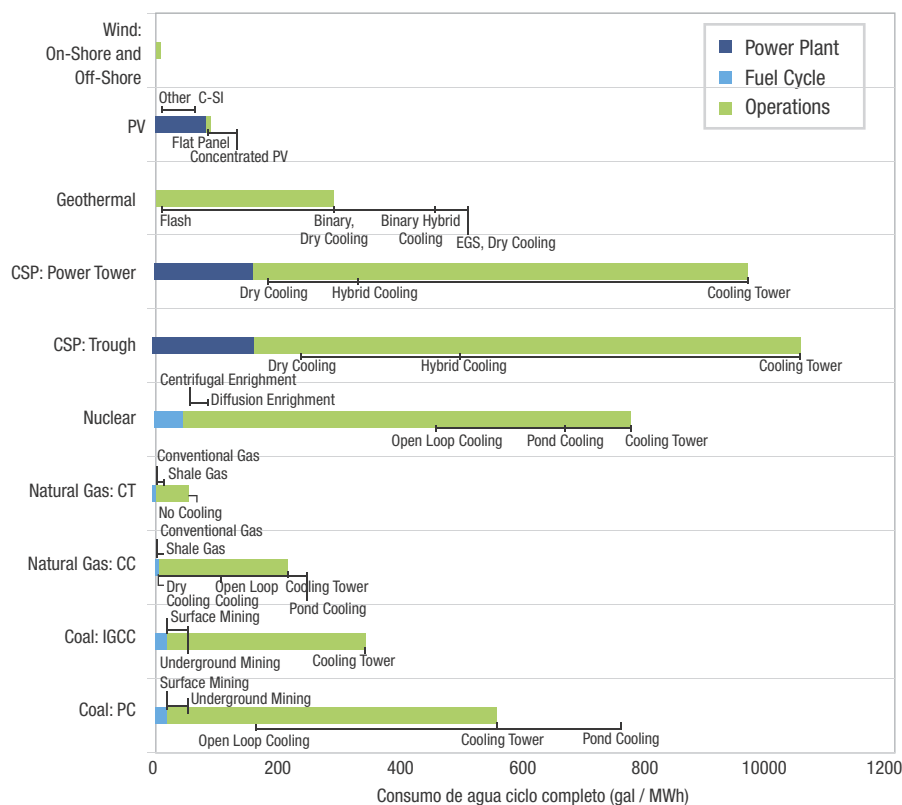


Figura 20: Fuente, Arent y otros, 2015

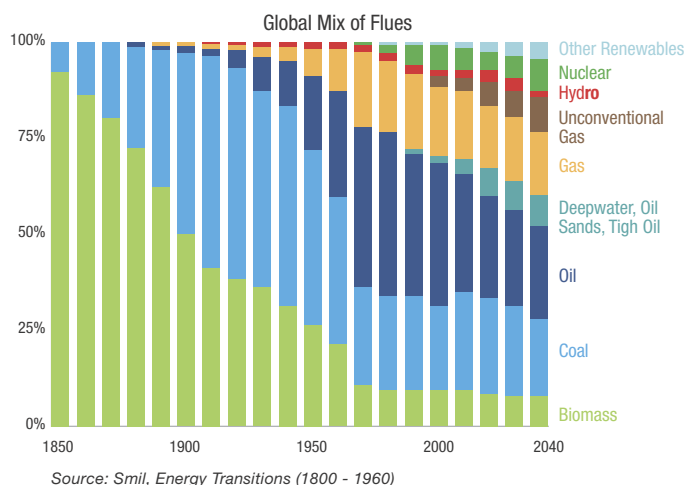


Figura 22: Fuente ExxonMobil Outlook for Energy, 2016

Siendo el transporte de personas y cargas los mayores usuarios de combustibles es aquí donde se puede empezar a trabajar en la optimización del uso de los hidrocarburos como combustibles,

El transporte pesado necesita de combustible proveniente del petróleo ya que por los pesos que se manejan no hay tecnología de motores que permitan moverlos. Dado el alto grado de transporte de mercancías y/o personas alrededor del mundo esta demanda se acrecentará en el tiempo y las únicas acciones en el corto plazo es la creación de motores a combustión más eficientes. Para el mediano y largo plazo queda para la tecnología desarrollar otro tipo de motores. Un intento en uso son los reactores nucleares para mover portaviones o submarinos pero que son solo utilizados por las fuerzas aeronavales de un limitado número de países. Para el caso de los aviones todavía se está lejos de tener una tecnología de motores que permita la eliminación del combustible base petróleo (ver figura 21).

Con respecto al transporte mediano y ligero ya hay dos tecnologías que permiten modificar en parte la matriz energética. Ya existen autos eléctricos, híbridos o propulsados por gas natural comprimido (GNC) como así también colectivos y camiones funcionando a gas. Del gráfico se desprende que si sustituimos la mayor parte de la porción denominada transporte liviano habremos reducido en gran parte el consumo de combustibles fósiles para motores a combustión interna causando un fuerte impacto en la matriz de energía. Un ejemplo interesante de esta aplicación son los equipos de perforación y de fractura alimentados con gas directamente de los pozos. No cabe duda de que el gas será el que más crecerá como fuente de energía debido a su versatilidad y su competitividad con las otras fuentes de energía. Sin embargo no nos debemos olvidar que la electricidad que usen dichos vehículos deberá provenir de una fuente que podría ser no renovable con lo que nos estaríamos engañándonos a nosotros mismos, habremos reducido el consumo de combustibles de automóvil pero habremos aumentado la demanda de electricidad.

La generación de electricidad a partir de combustibles fósiles puede ser reemplazada en parte por fuentes renovables siempre y cuando cumplan con las premisas de cómo debe ser la energía de manera que sea una solución y no otro problema adicional.

Finalmente a los sectores que consumen electricidad le queda como única acción la optimización del sistema a través de la inclusión de sistemas o grillas inteligentes, equipamiento más eficiente y uso racional de la energía que incluye el almacenamiento de la misma. En definitiva la tecnología debería permitir bajar el consumo o aumentar el número de equipos conectados sin aumentar el consumo.

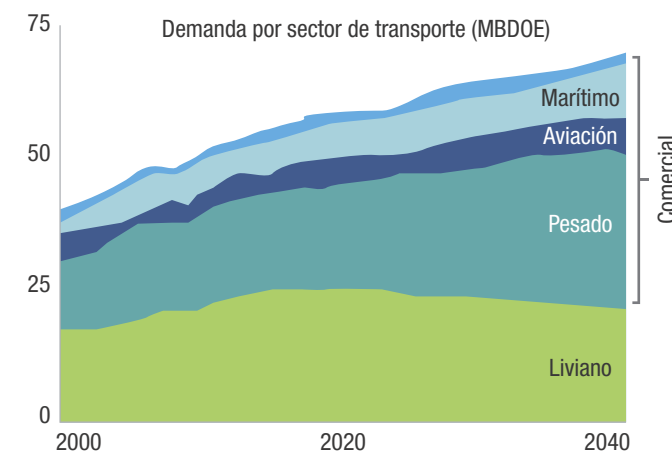


Figura 21: Fuente ExxonMobil Outlook for Energy, 2016

Por último no nos debemos de olvidar de dos tecnologías, que si bien no proveen energía en forma directa son interesantes como complemento de las fuentes primarias como son la captura de CO₂ y el almacenamiento de energía serán críticas en el proceso de transformación de la matriz energética. Por un lado ayudarán enormemente con la disminución de la concentración de CO₂ en el medio ambiente como también permitirán extender el uso del petróleo y el gas natural. Por otro lado permitirán ampliar el uso de ciertas fuentes de energías como la solar y la eólica que no pueden entregar la misma en forma sostenible ni constante. Otro aporte importante estará dado en las baterías que permitirán mayor autonomía de los equipos que alimentan.

Renovables vs No Convencionales o Renovables y No Convencionales?:

Los diferentes países del mundo, fundamentalmente debido a sus propios recursos naturales y políticas imperantes, han adoptado una matriz energética basada principalmente en combustibles fósiles pero con participación de otras fuentes. El dominio prevalente de una sola fuente no es común, sin embargo Francia con un gran porcentaje de energía nuclear (45 %), China con un alto uso de carbón (65 %) y Argentina con una dependencia del gas natural (50 %) son excepciones a resaltar. Actualmente se ve como tanto Francia y China se están alejando de dicha estrategia hacia un abordaje similar al de la mayoría y Argentina debería seguir el mismo camino. La presión sobre Francia reside en la antigüedad y seguridad de su parque de reactores nucleares y sobre China está el tema de la creciente contaminación por emanación de GHG. Para ambos el gran desafío del cambio radica en un muy bajo costo de la energía eléctrica generada que le permite a Francia exportar y a China desarrollar su industria de manera altamente competitiva.

Es descabellado pensar en saltar de una matriz con hidrocarburos a una sin los mismos de forma inmediata, solo se podrá hacer en forma gradual a medida que la tecnología y los costos permitan dichos cambios. Esta declaración no es antojadiza sino que obedece a principios lógicos. El siguiente gráfico muestra un escenario en base a los datos reales a la fecha y una visión al futuro. Es interesante destacar que muchos entes tales como empresas de petróleo, el Banco Mundial, organismos como la ONU ven similares tendencias (ver figura 22).

La única estrategia para tener un crecimiento sostenible es tener una energía barata y confiable a partir de una matriz de energía diversificada, dinámica e integrada. Toda política que tienda a favorecer solo una de ellas es contra intuitiva y atentara

contra la economía, la creación de empleos y bienestar de un país. Las regulaciones deben beneficiar y no poner trabas al desarrollo. La promoción de nuevas tecnologías no es solo beneficiosa para el medio ambiente sino también para la economía y la generación de empleo.

Se estima que las diferentes fuentes de hidrocarburos varían su aporte en el tiempo a medida que se vaya adecuando la matriz energética de los países.

No cabe duda que la revolución causada por los reservorios no convencionales en la producción de gas y petróleo ha convulsionado al mundo en muchos aspectos. De la misma manera que han surgido cientos de compañías las que no han sabido entender el negocio están en bancarota o cerca de estarlo. El proceso de adaptación no deja de ser doloroso y traumático pero los que logren sobrepasarlo tienen un futuro promisorio al menos en el mediano plazo. Entender las causas y hacia dónde vamos es crítico para desarrollar las sólidas estrategias a largo plazo. Esta crisis también nos muestra que el ingenio humano cuando es desafiado encuentra alternativas para poder seguir subsistiendo. En el caso de nuestra industria en el 2014 se decía que el precio de corte o “breakeven” para desarrollar un reservorio convencional en Estados Unidos era de alrededor de 60 USD/bbl. Hoy ya hay compañías que son rentables a la mitad de dicho valor. El paradigma del “No se puede” parece ser derrotado una vez más.

Deducido el hecho de que aún necesitamos hidrocarburos nos debemos preguntar que volúmenes son demandados. Dado que la humanidad ya ha consumido vastamente los recursos más fáciles (desde los económico y operativo) de extraer nos queda dirigir nuestra mirada a aquellos que le siguen en orden de accesibilidad y disponibilidad en cuanto a volumen. Inmediatamente surgen los recursos no convencionales como la respuesta a nuestra pregunta.

Lo que se inició en los años 70 en Estados Unidos por el Gas Research Institute como búsquedas de tecnologías para obtener gas de reservorios de baja permeabilidad “tight” hoy ha avanzado hasta lograr que se pueda producir no solo gas sino también petróleo de rocas de extremadamente baja permeabilidad “shale gas, shale oil y tight oil”.

Las tecnologías que lo hicieron posible fueron fundamentalmente la capacidad para perforar pozos horizontales de forma eficiente y la aplicación de fracturas hidráulicas adaptadas en diseño para este tipo de reservorios. Adicionalmente como parte del desarrollo, se creó la tecnología de la micro sismica que ayudó a optimizar y empezar a entender este nuevo concepto.

Se entiende entonces que la solución más beneficiosa es la que integra ambas fuentes de energía, las cuales irán cambiando su participación en la matriz de energía a lo largo del tiempo a medida que las nuevas tecnologías y los costos para el usuario lo permitan.

Y por casa cómo andamos? La realidad Argentina:

Argentina no escapa a la mayoría de los desafíos que el mundo enfrenta sin embargo en muchos de ellos está posicionada de manera privilegiada siempre y cuando sepamos aprovecharlo. Siempre se ha dicho que Argentina es un país con petróleo pero no un país petrolero. Sin embargo con el advenimiento de estas nuevas tecnologías y la identificación de dichos recursos en nuestro suelo nos encontramos ante una inmejorable condición que si la sabemos aprovechar permitirá al país desarrollarse y a su población tener un mejor nivel de vida.

Si analizamos nuestra matriz de fuentes de electricidad, 2/3 de ella provienen de la generación a partir de combustión de combustibles fósiles ya sea gas o derivados líquidos del petróleo (ver figura 23).

El resto lo conforman generación hidroeléctrica, nuclear, carbón y en menor grado algunos proyectos de generación eólica. El país ha tenido periodos de autoabastecimiento y otros en los cuales dependía de la importación de diferentes tipos de combustibles y/o energía eléctrica de países vecinos (ver figura 24).

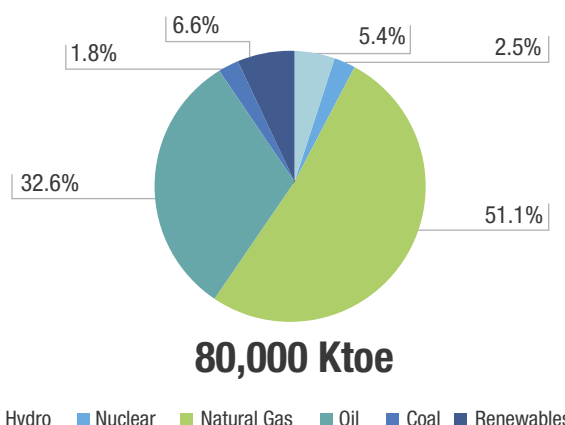


Figura 23: Fuente Ministerio de Energía de la Nación, 2016

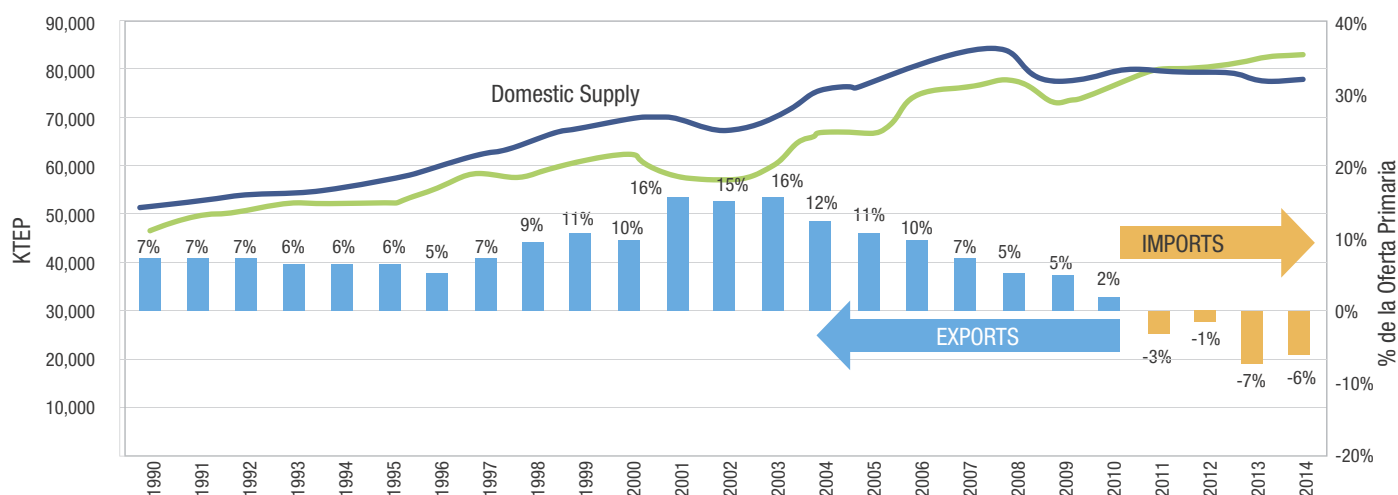


Figura 24: Fuente Ministerio de Energía de la Nación, 2016

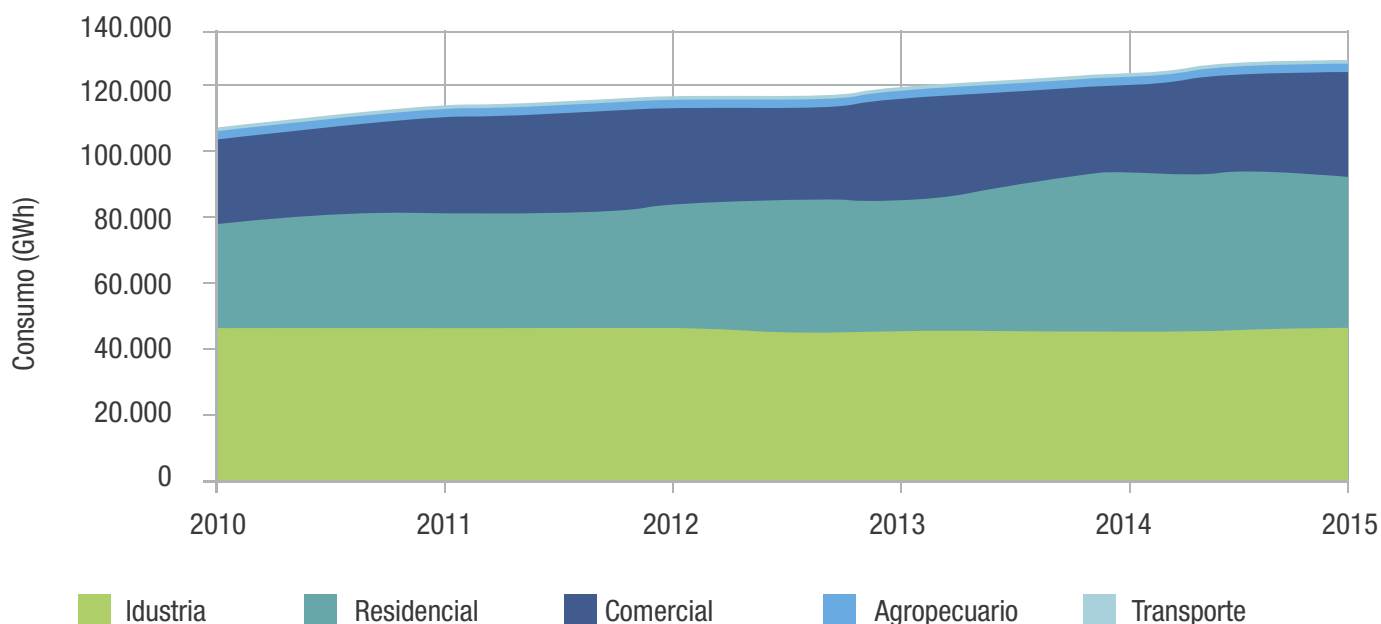


Figura 25: Fuente Ministerio de Energía de la Nación, 2016

Actualmente es deficiente en cuanto a la oferta y se debe importar gas y algo de petróleo. La producción de petróleo en Argentina ha venido en franca caída desde el año 98, el gas ha seguido igual comportamiento luego de haber alcanzado un pico de producción alrededor del año 2004. Si vemos la balanza energética vemos que hasta el 2010 si bien se importaba energía la balanza era positiva, a partir de dicho año se ha tenido que comprar cada vez más energía con la consiguiente sangría de dólares, en el 2015 se cambió la tendencia por dos razones mayoritarias, aumento de producción de gas y depleción de la economía argentina. Sin embargo la demanda de energía sigue creciendo independientemente del nivel de crecimiento país. Ergo: la demanda es real y creciente (ver figura 25).

Parece inconsistente e inentendible con una mirada rápida como se puede por un lado tener muchos recursos y por otro lado importar los mismos.

Estudios recientes de al menos cinco fuentes distintas y que compila diversos escenarios muestran que hay coincidencia en el hecho de que la demanda de energía crecerá, se necesitarán grandes inversiones para infraestructura y distribución, los renovables al igual que en el mundo tendrán mayor importancia pero no reemplazarán completamente a los hidrocarburos, continuarán las importaciones ya sea por acuerdos vigentes o necesidades adicionales a menos que la política de seguridad de abastecimiento cambie, el carbón no tendrá mayor peso en la generación, la pro-

ducción de hidrocarburos convencionales declinará a menos que se apliquen tecnologías que reduzcan la tasa de declinación y los no convencionales aumentarán su participación pero recién en valores importantes a partir del 2020 (ver figuras 26).

Todos entendemos el concepto de que si es más caro producir un bien que el precio del mismo es como no tenerlo. Con el precio del gas y petróleo sucede lo mismo. Cada vez que el precio se desploma (como lo es actualmente) se hace más difícil acceder a dichos recursos. A veces la gente no entiende que las reservas son variables ya que para alguien no ligado a la industria el volumen contenido en el reservorio es siempre el mismo y nuestras definiciones de recursos y reservas tienen sus sutilezas. En Argentina los precios no están atados a los internacionales por lo que de la misma manera que se han obtenido beneficios en algunos periodos en otros se han observado consecuencias nefastas.

Al igual que el mundo en el cual vivimos no debemos dejar de lado la cuestión medioambiental. El índice de performance de cambio climático es un instrumento diseñado para mejorar la transparencia en políticas internacionales de clima. El objetivo es poner presión política y social sobre aquellos países que hasta ahora han fallado en tomar acción en la protección del clima. También busca destacar a aquellos países que cuentan con mejores prácticas al respecto. El mismo evalúa y compara la protección del clima de 58 países que son responsables por más del 90 % de las emi-

siones globales de CO2 relacionadas con la energía. En índice es principalmente basado en emisiones. Debido a que hasta los países que están llevando a cabo políticas protectoras del clima no lo hacen en forma lo suficientemente ambiciosa los tres primeros lugares están declarados desiertos. En el cuarto y quinto lugar aparecen Dinamarca y Reino Unido, Estados Unidos en el puesto 34 y Argentina en la posición 48 (Brasil en la 43). La ubicación de Argentina se cataloga como muy pobre. Como vemos tenemos mucho camino por recorrer.

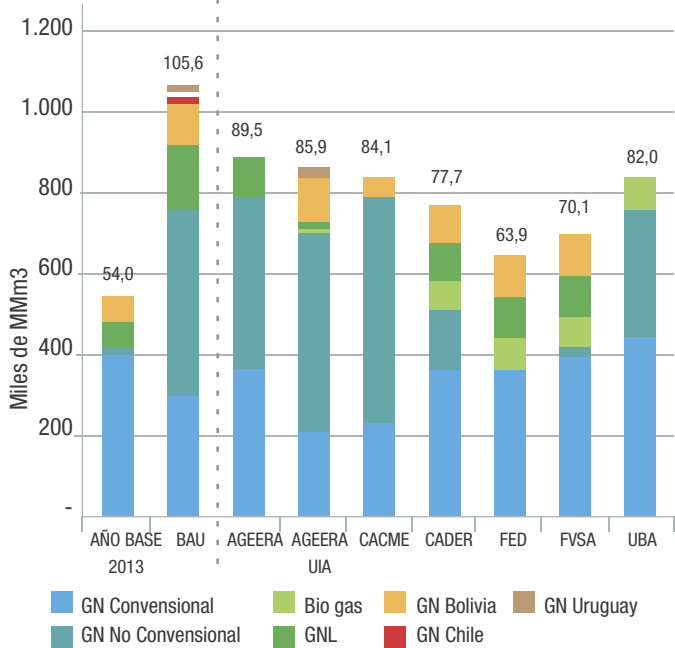
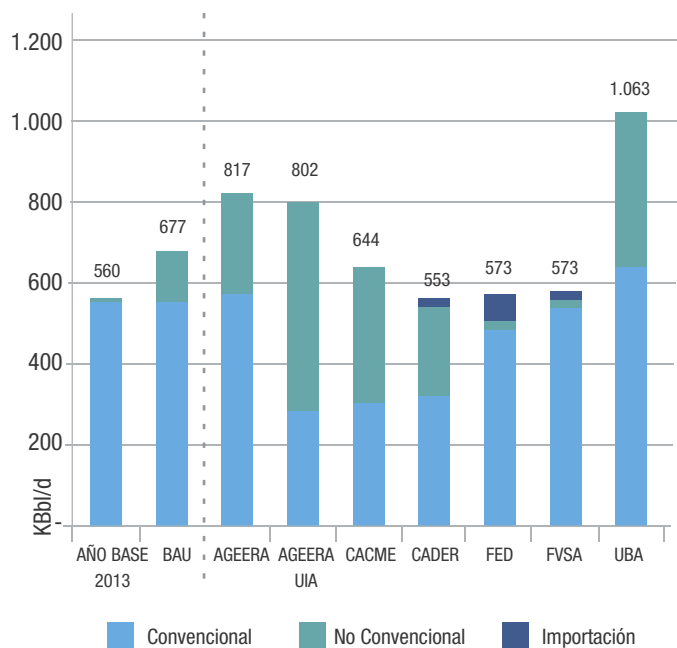
El gobierno actual ha trazado un mapa de ruta hacia el futuro en cuanto a la matriz energética que se desea tener para el año 2025 (ver figura 27).

Todo cambio presenta desafíos técnicos, económicos y políticos. El dejar alguno de lado parcial o totalmente será motivo suficiente para fracasar en el intento con las consiguientes consecuencias para el país.

Si vemos la evolución de nuestra matriz energética veremos que si bien tenemos incorporadas la mayorías de las fuentes más conocidas también observaremos que los porcentajes de participación de alguna de ellas son muy bajos con predominancia de las fuentes no renovables (ver figura 28).

La estrategia al 2025 sigue siendo basada principalmente en el gas natural (~50 %) siendo el petróleo el que cede 10 puntos porcentuales que son distribuidos mayormente a la energías renovables. Nuevamente esta visión tendrá éxito si los precios

Figuras 26: Fuente Escenarios Energéticos 2035. Pronósticos de petróleo y gas la 2035.

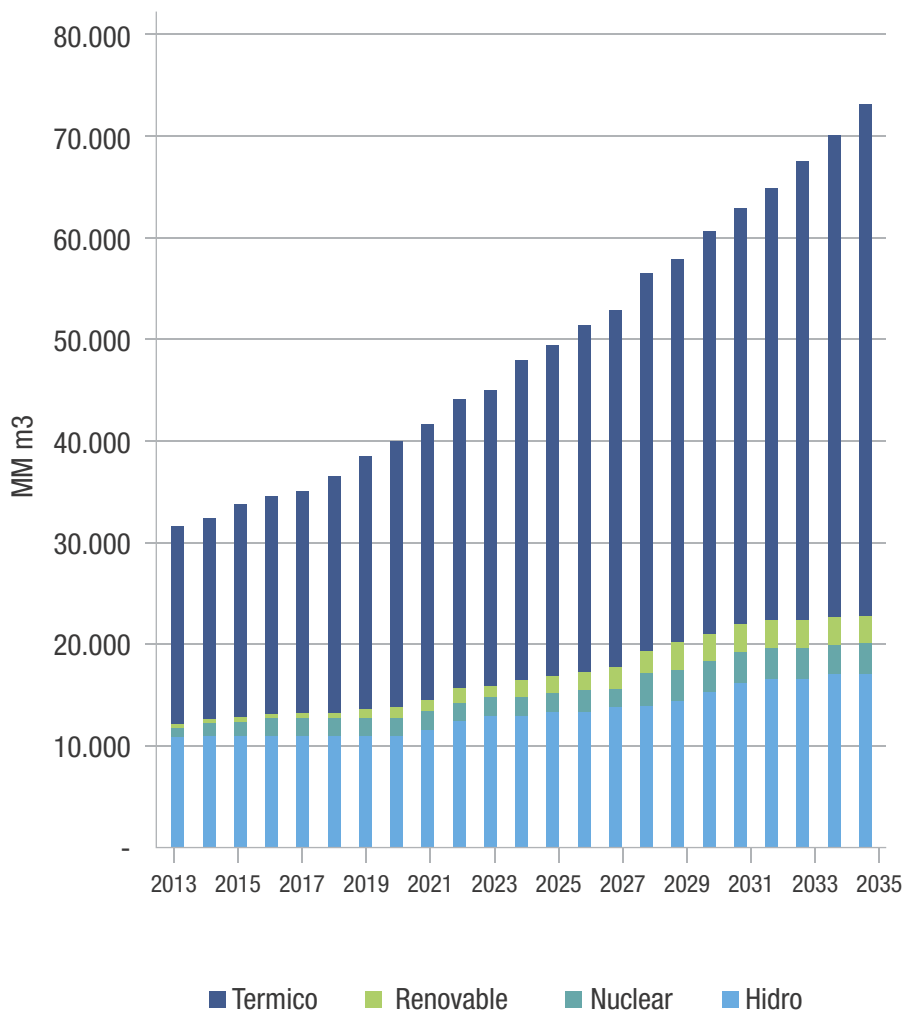


a pagar por el usuario final son competitivos (sin subvenciones) con otras fuentes. Solo así se tendrá una matriz sólida que brinde seguridad al sistema.

La disputa entre la producción local y la importación deben ser analizadas con mucho cuidado. Cada gota de petróleo o gas que se importa son dólares duros que no vuelven al país de ninguna manera y no mueven la cadena productiva interna. Sin embargo la producción propia genera empleo directo e indirecto y pago de impuestos por parte de todas las compañías involucradas en la cadena de extracción y producción con lo que si calculamos el valor equivalente pagado internamente es mucho menor que el de importación. El análisis de ciclo completo es vital para el entendimiento de la estrategia correcta. Las subvenciones a ciertos tipos de energía tampoco parecieran acertadas como estrategia ya que últimamente si bien podemos ver un precio de energía bajo al sobreprecio lo estamos pagando a través de mayores impuestos.

En concreto: todas las potenciales fuentes de energía deberían competir con las mismas reglas de manera que el usuario final pague un precio claro por la misma y no termine recibiendo por otro lado el mayor costo o lo que puede ser peor que pague como parte de sus impuestos energía subsidiada que nunca uso.

Si bien para muchos el descubrir que Argentina tenía vastos recursos no convencionales en base a un reporte hecho por el ARI, para los que trabajamos en la



industria los nombres de Vaca Muerta, Molles no nos eran nuevos. Todo aquel que haya perforado en el noroeste argentino habrá sufrido con la formación Los Monos. Al igual que en Neuquén al atravesar Vaca Muerta y Molles. Sin embargo los recursos no convencionales eran conocidos desde hace mucho tiempo atrás.

El 7 de Noviembre de 2011 Repsol YPF hace el anuncio de que se ha descubierto un nuevo yacimiento considerado no convencional, sin embargo varias compañías tenían algunos pozos produciendo de la formación Vaca Muerta pero con un concepto de reservorio tradicional o convencional.

En el 2011 se hizo el primer pozo horizontal multi-fracturado en la Fm Molles que produjo gas.

Vaca Muerta es la que ha logrado mayor difusión pero Molles no deja de tener también mucho interés. No quiero dejar de lado la formación D-129 en Golfo San Jorge que por años se asumía como el límite a perforar. Hoy se considera otro “no convencional” en la canasta de oportunidades. Estos son solo unos ejemplos de la potencialidad de reservorios no convencionales en Argentina. Como siempre cosechamos primero las frutas más fáciles, Los Monos es muy profundo, Agrio muy somero y Vaca Muerta está en el entorno adecuado desde el punto de vista geológico y de fluidos de reservorio. El costo de los pozos, la infraestructura asociada y el

costo de operación definirán finalmente si los grandes recursos pueden ser convertidos en reservas con los consiguientes beneficios para el crecimiento del país.

Si bien hemos marcado a Vaca Muerta como el primer no convencional del país la realidad es que con anterioridad se venían desarrollando reservorios del tipo “tight” que también están englobados como no convencionales. Hay varios proyectos de “tight gas” muy exitosos en la cuenca de Neuquén como son Aguada Pichana, Estación Fernandez Oro, Lindero Atravesado y Sierra Chata.

Nuestro primer intento ha sido en la cuenca Neuquina en Vaca Muerta que presenta un condimento adicional que es el espesor. En comparación con otras formaciones de US/CAN, VM tiene espesores muchísimo más extensos. Esto hace que los volúmenes de hidrocarburos en formación sean muy importantes pero a la vez hace desafiante el cómo atacar el desarrollo de la misma. Si bien se han hecho algunas pruebas en la formación Molles la misma está a mayor profundidad y casi en su mayoría en ventana de gas a diferencia de VM que tiene hidrocarburos en todas las ventanas.

Si bien las primeras pruebas comenzaron en el 2010 a la fecha se han perforado y completado más de 500 pozos tanto verticales como horizontales. Cuando se compara con USA esto está muy por debajo de los niveles allí desarrollados sin embargo las producciones observadas presentan intere-

santes resultados cuando se las compara. Salvo las compañías operadoras que se lanzaron primero y que han superado la etapa de Exploración y están en la etapa de Piloto o Predesarrollo, el resto está en los inicios haciendo pruebas y tratando de entender el reservorio. Uno de los mayores obstáculos que se ha presentado son los costos de los pozos que son del orden de 2 a 3 veces lo que cuestan en USA pero con muestras de decrecimiento a medida que se entiende el reservorio, se estandarizan los diseños y se mueve a un modelo factoría de construcción de pozos. Siendo que la productividad está gobernada por la permeabilidad de la roca que ya se ha dicho es más que pobre no hay mucho que podamos hacer para mejorar la productividad. La única manera de hacer los pozos económicos es reducir su costo de perforación y completación. En Estados Unidos a este concepto lo entendieron en forma temprana y muchas de las tecnologías que se han desarrollado o están en fase de prueba apuntan directamente en este sentido que es el de reducir costo. En el pasado con los reservorios convencionales si una nueva tecnología era más cara pero producía mucho más (relación costo beneficio adecuada) se podía introducir sin inconvenientes. Los reservorios no convencionales han cambiado esta manera de introducir nuevas tecnologías que es más desafiante para los que la desarrollan.

Crítico para el desarrollo de los no convencionales es la necesidad de fracturarlo

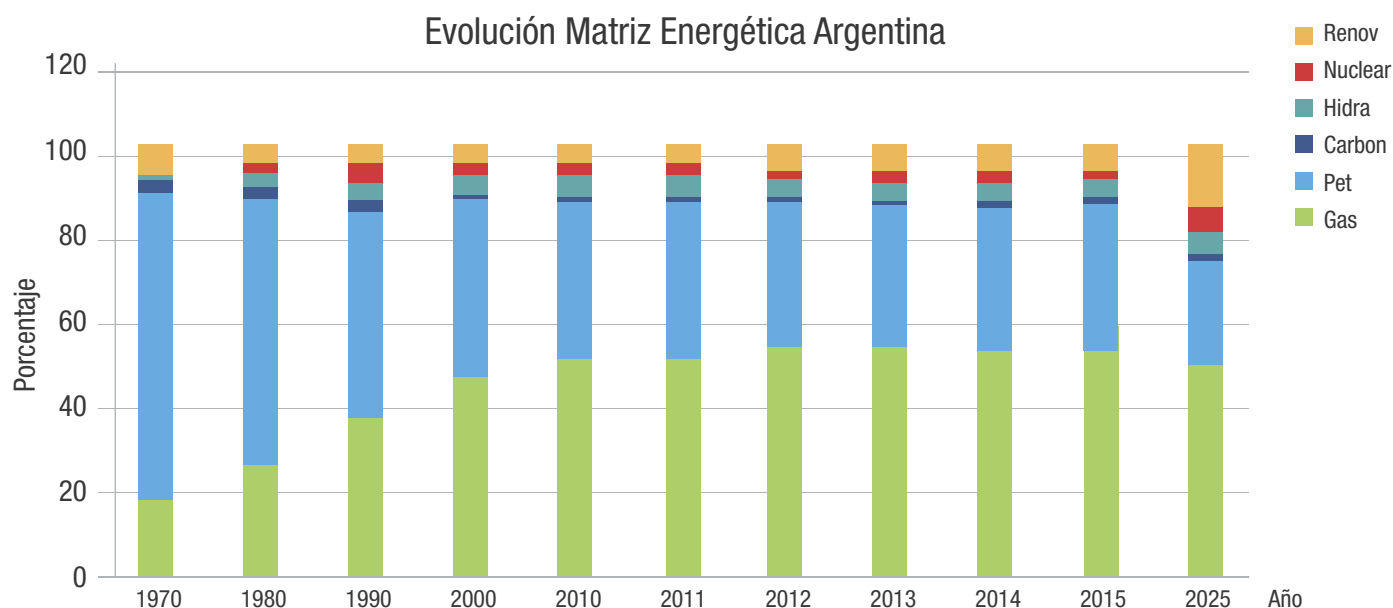


Figura 27: Fuente, elaborado en base a información de Ministerio de Energía y Cammesa.

hidráulicamente para tener caudales comerciales. Sin fractura no hay producción ni reservas. Lamentablemente la desinformación ha llevado a creer al común de la gente de que es una tecnología nueva nunca usada en Argentina. La realidad es que la fractura hidráulica no es nueva en Argentina, la primera se hizo en Neuquén en el pozo NG-10 ubicado en Sierra Barrosa el 23 de Septiembre de 1959, ya hace más de 55 años. Hoy se habla de que las fracturas son más grandes en volumen pero la realidad es que en la provincia de Neuquén ya se habían bombeado tratamientos de igual tamaño con bastante anterioridad en reservorios de gas lo cual ha sido ampliamente publicado en su momento.

A medida que la permeabilidad del reservorio va disminuyendo cada vez se hace más baja la productividad del mismo. A una simple molécula de hidrocarburo líquido le tomaría años movilizarse de un punto a otro. La explotación económica no es posible entonces sino aplicamos alguna tecnología que permita aumentar la productividad. Hasta la fecha el fracturamiento hidráulico ha demostrado ser la más efectiva de las técnicas de estimulación. En los reservorios no convencionales es imposible pensar en un desarrollo económico sin fracturas hidráulicas. Las mismas proveen el área de contacto por el cual los hidrocarburos fluirán hacia el pozo. Dado que la productividad por unidad de área de contacto es pequeña y gobernado por la madre natura-

leza para poder balancear la ecuación producción-economía lo que hacemos es poner grandes superficies de contacto haciendo uso de fracturas diseñadas para tal fin.

Para el caso del petróleo su movilidad se ve favorecida por una baja viscosidad y una alta presión de reservorio entre otros factores. La viscosidad es una función de la temperatura y junto con la presión son una función de la profundidad. Para VM se ha visto que en general estas condiciones se encuentran por debajo de los 2,000 m de profundidad. Seguramente a medida que se avance y se apliquen nuevas tecnologías se podrán empujar los límites pero por ahora parece ser un buen indicador. Esto marca un límite para definir los volúmenes de hidrocarburos existentes en la roca.

Tenemos el principal ingrediente que es el reservorio de carácter vasto. Si a esto le agregamos los otros condimentos como provisión de materiales, logística, mano de obra calificada y costo laboral razonable, aplicando la receta deberíamos tener éxito...al menos en teoría. Todos sabemos que aunque le demos los mismos ingredientes a diferentes cocineros, todos harán comidas distintas, algunas muy sabrosas, otras saludables ...y otras incomibles.

Por último el suceso técnico no sirve nada si no hay un suceso económico del cual el país y sus habitantes puedan usufructuar.

El desarrollo masivo de Vaca Muerta no solo presenta desafíos desde lo técnico y

económico a nivel reservorio sino que produce un impacto altísimo en un sinfín de áreas como por ejemplo infraestructura de carreteras y ferrocarril para abastecer con los materiales necesarios para la construcción de pozos como cemento, tubos de acero, propante para las fracturas, etc. con la consiguiente logística que también incluye puertos. Todo el personal necesario debe estar entrenado y se debe asegurar que en todos los niveles se cuente con el personal idóneo y estén los centros de formación técnicos y universitarios correspondientes con su infraestructura asociada. Las ciudades y pueblos cercanos se verán afectados en cuanto a un crecimiento que si no se planifica será errático y desorganizado. Esto ya se ha observado con menores niveles de desarrollo en picos de actividad. Por otro lado se debe tener presente que las otras actividades industriales no deben ser impactadas fuertemente de manera que se sigan desarrollando sin quitarles personal. Esto nos debe hacer pensar en un desarrollo balanceado donde todas las partes puedan convivir sin grandes asimetrías.

Los ingredientes están dados, solo falta que los separamos cocinar adecuadamente...el futuro nos dirá que tan bien lo hemos hecho. No nos equivoquemos una vez más.

Inversiones: 50,000 MMUSD

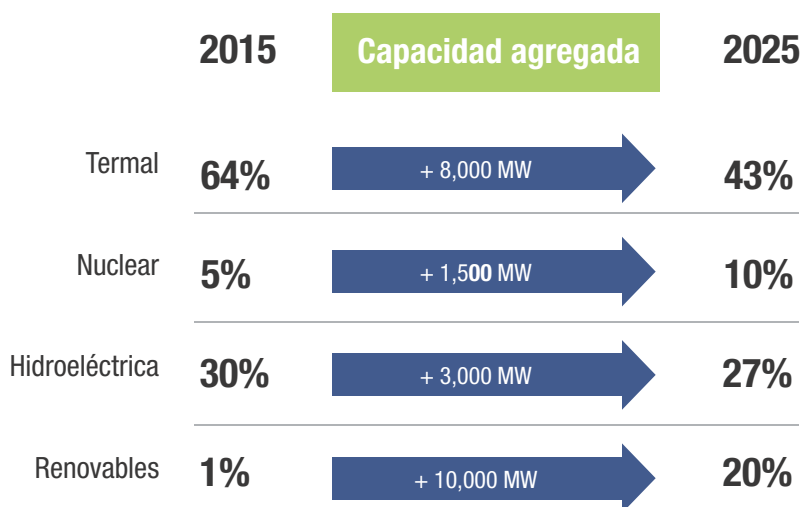


Figura 28: Fuente Ministerio de Energía de la Nación, 2016

CURRICULUM VITAE

Jorge Ponce es egresado de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco como Ingeniero Químico. Tiene un postgrado en Gerenciamiento de Proyectos de la Universidad de Belgrano y ha atendido el Programa de Formación Gerencial de la Escuela de Negocios del IAE.

Con más de 20 años de experiencia, actualmente desempeña sus funciones en Wintershall Energía como Líder de Completación & Estimulación. Previamente trabajó para BJ Services, Amoco, Pan American Energy, BP y Apache ocupando diferentes posiciones.

Asimismo se desempeñan como Profesor del Proyecto Final Integrador de la especialización en Completación de Pozos en Reservorios No Convencionales del ITBA.

Conferencias 2016 de la SPE de

Continuando con el Ciclo de Conferencias de la SPE de Argentina, durante los meses de Agosto y Septiembre se realizaron los siguientes eventos:

“Extracción de bitumen por “Steam Assisted Gravity Drainage (SAGD)” y su éxito en el desarrollo de las arenas bituminosas canadienses”

Ing. Duilio F. Raffa (PhD)

La disertación fue realizada en el Auditorio de YPF el día 2 de Agosto pasado y tuvo una muy buena concurrencia con 74 asistentes.

Resumen: La provincia de Alberta, en Canadá, posee reservas probadas por aproximadamente 170.000 millones de barriles, la tercera acumulación de hidrocarburos en el mundo después de Arabia Saudita y Venezuela. La mayoría de este recurso consiste en bitumen recuperable por minería (~20%) o métodos de extracción in situ (~80%). El Steam Assisted Gravity Drainage (SAGD) se está convirtiendo en el método de extracción in situ de elección para la producción de bitumen en la cuenca de Athabasca. Su breve historia, desde su primer piloto experimental en 1987, su primer proyecto comercial en 2003 hasta la actualidad es la historia de desarrollo de una cuenca con una curva de aprendizaje acelerada por varios años de precios del petróleo altos. Este desarrollo técnico salido de los laboratorios

de la Universidad de Calgary y promovido por el gobierno provincial se convirtió en el motor de la economía canadiense por los últimos siete u ocho años, con consecuencias planeadas y otras inesperadas en todos los ámbitos de la industria petrolera y muchos de la vida de todo el resto de Canadá.

Biografía: Duilio F. Raffa es ingeniero en reservorios egresado del posgrado de Especialización en Ingeniería de Reservorios del ITBA. Luego de trabajar en la industria de transporte de gas, laboratorio de análisis petroleros y una operadora en la cuenca del Golfo de San Jorge se dirige a la ciudad de Calgary, Canadá para cursar estudios de doctorado. Finalizado este periodo, contribuye por los últimos diez años en diferentes aspectos del desarrollo de los métodos de extracción in situ para las arenas bituminosas canadienses.

Creating a Worldwide Unconventional Revolution Through a Technically Driven Strategy

Basak Kurtoglu - Citigroup Investment Bank, SPE Distinguished Lecturer

La conferencia fue realizada el 20 de Septiembre pasado en el Auditorio de Tenaris. Muy buena concurrencia con 54 personas.

Abstract: Unconventional development propelled the United States to produce more oil than it imports for the first time in 20 years. Increased production of domestic oil and gas profoundly impacted economic growth and job creation for the U.S. During this evolution, there was a need to address environmental regulations and infrastructure requirements in order to access the sheer volume of resources. Combined with today's horizontal drilling and hydraulic fracturing technology, a strategic development plan can be constructed for any country to create an unconventional energy opportunity. In this lecture, the experience from U.S development is utilized to provide a fully-integrated workflow for developing shale oil and gas reservoirs from exploitation to production.

Starting at the nano-scale, we will zoom into the pore structure to understand the storage and flow paths. Transitioning to the reservoir-scale, well testing and microseismic are utilized to define the flow capacity and estimate the stimulated volume. Learnings from this subsurface characterization is used to guide well completion, flowback, and production operations. The diag-

nostic methodology specific to each operation can be applied to identify geologically favorable areas and the best completion practice. As development progresses, opportunities to improve recovery can be magnified through optimum well spacing and refracturing. As a final step in the development, determining an appropriate enhanced recovery method is essential to access the remaining resources. Finally, example development scenarios are provided to demonstrate how a technically driven strategy is more effective to maximize value and make the unconventional revolution a global one.

Biography: Basak Kurtoglu is Vice President in the Global Energy Group of Citigroup Investment Bank. Prior to Citi, she was Integrated Project Team Manager at Marathon Oil. She has been instrumental in assimilating multiple disciplines to evaluate and develop unconventional reservoirs. Kurtoglu earned her BS from Middle East Technical University, and her MS and PhD in petroleum engineering from Colorado School of Mines. Her numerous publications range from pore to reservoir scale analyses of unconventional reservoirs with an emphasis on enhancing oil recovery. She serves on the SPE Forum Series Coordinating Committee and the SPE Reservoir Description and Dynamics Advisory Committee.

Argentina

“Cambio de paradigmas de la industria petrolera en el umbral de la transición hacia las energías renovables”

Ing. José Luis Sureda - Secretario de Recursos Hidrocarburíferos del Ministerio de Energía y Minería de La Nación

La conferencia dictada en el Aula Magna del ITBA (Instituto Tecnológico Buenos Aires) el 25 de Agosto pasado. Excelente repercusión con 81 asistentes. Los comentarios realizados por el disertante mantuvieron vivo el interés de toda la concurrencia. Su charla cubrió diversos aspectos pasando por política petrolera global y sus consecuencias, el petróleo y gas en Argentina, shale-oil, shale-gas, energía renovables, evolución de la energía.

Resumen: La Revolución del Shale en los Estados Unidos ha conmovido a la industria petrolera, provocando importantes cambios en la geopolítica global. En un mundo de alta movilidad socio-cultural, aquellos cambios comienzan a suceder en simultáneo con el desarrollo comercial de las energías renovables. Una nueva era de transición energética ha comenzado.

Biografía: José Luis Sureda es Ingeniero químico e Ingeniero en Petróleo con Especialización en Gas.

Luego de trabajar por 9 años en Gas del Estado, en 1982 pasó a BRIDAS en Neuquén, y desarrolló actividades de campo en diferentes destinos en el país. Entre 1993 y 1997 se desempeñó como responsable de ventas de gas y petróleo en Asia Central y también como gerente técnico del Gasoducto Turkmenistan-Afganistán-Pakistán. Entre el 2000 y 2004, desarrolló para BRIDAS una trader de gas en Milán. Fue Vicepresidente de Ventas de Gas de PAE hasta su retiro en 2015.

Actualmente ocupa el cargo de Secretario de Recursos Hidrocarburíferos en el Ministerio de Energía y Minería de la Nación.

OSCAR SECCO. PRIMER DIRECTOR DE LA REVISTA CONTACTO (1996)

Misión: ¿Cumplida? Sí. ¿Terminada? No

Contacto, la publicación institucional de nuestra sección argentina de la SPE, fue creada en 1996 con la intención de iniciar “... una nueva forma de comunicación con los socios...” tal como enunciaba en la portada del primer número el entonces Presidente de la seccional Miguel Fryziak, allá por Febrero de 1996.

Aquella primera edición era un Boletín de 4 carillas (dos páginas) en blanco y negro que desplegaba notas llenas de entusiasmo: A modo de ejemplo cabe destacar la creación del Primer Congreso Latinoamericano y del Caribe de Gas y Electricidad sugerido a la comisión directiva de aquel entonces por el propio ex Presidente del SPE, Ing. Peter Gaffney, gran simpatizante de nuestra Seccional luego de conocer nuestro trabajo y actividades en una visita a la Argentina. Aquel Congreso realizado en Bariloche en Abril de 1997, bajo la exclusiva responsabilidad del SPEA se trató nada menos que del primero de una serie de estos congresos serían de un gran éxito y reconocimiento.

Otra de las novedades de aquella primera publicación informa de la aceptación de Schlumberger para reconstruir fidedignamente a instancias del SPEA el camión de perfilaje de pozos que llevó a cabo el primer perfil eléctrico construido en el Hemisferio Sur. Se logró donar esta pieza de características casi únicas a la ciudad de Comodoro Rivadavia, con el entendimiento de que fuese exhibido y preservado en el Museo del Petróleo en esa ciudad que cuidaría YPF. Ese camoncito que contribuyó en ese entonces a potenciar la labor educativa y formativa del museo, llegó incluso a cruzar el océano Atlántico para participar de una exhibición técnica europea, en cierto modo llevando el mensaje de compromiso y trabajo de nuestra seccional a Europa.

Desde entonces CONTACTO siguió creciendo, sumando más y nuevos temas, más páginas, más información, ediciones especiales y más trabajo voluntario que, después de todo, es la base del SPE en todo el mundo, con sus más de 168,000 miembros en 144 países que participan agrupados en 207 seccionales. Esta tarea se complementa tradicionalmente con la participación de aquellas empresas que confiando en la calidad de la revista y el prestigio de nuestra institución apoyando con su presencia a través de sus avisos comerciales.

Es este esfuerzo conjunto de comisión directiva, socios y empresas lo que permite que actualmente CONTACTO llegue libre de todo costo a los socios de las tres Secciones SPE en la Argentina (SPEA en Buenos Aires, SPE Patagonia en Neuquén y SPE Golfo San Jorge en Comodoro Rivadavia); Universidades en las que se dicta la carrera de Ingeniería en Petróleo (Universidad de Buenos Aires, Universidad Nacional del Comahue, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Universidad Nacional de Cuyo, Universidad Nacional Patagonia San Juan Bosco y Universidad Nacional Arturo Jauretche); a líderes de opinión y referentes del sector, lo cual en conjunto implica la impresión y despacho de más de 700 ejemplares.

CONTACTO ha servido para que los socios del SPE en la Argentina se conozcan mejor, conozcan mejor las actividades concurrentes en planeamiento y puedan publicar, muchas veces por primera vez, sus trabajos e ideas.

Desde ya que queda mucho por hacer, porque está en nuestra naturaleza aspirar a más y mejor, tratándose de profesiones vinculadas a una industria tan importante para hoy y mañana.

Es por eso que podemos decir finalmente, respecto de la misión que nos propusimos al lanzar hace 20 años esta revista y su misión: ¿Cumplida? Sí, ¿Terminada?: No.

CURRICULUM VITAE

Ingeniero civil de la Universidad de Buenos Aires, egresado 1957. Socio personal del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas (IAPG) desde hace más de veinticinco años. Fue presidente del IAPG desde 1998 hasta 2002. De septiembre a diciembre de 1990 fue uno de los cinco asesores honorarios del presidente de YPF José Estenssoro para planear su privatización. Fue presidente y gerente general de Amoco Argentina. También se desempeñó como director y gerente general de Pluspetrol. Fue director y gerente general de Cadipsa. Es autor de más de cuarenta artículos sobre la industria del petróleo, publicados en las revistas del ramo y en Ámbito Financiero. Fue colaborador en el diario La Prensa durante los años 1993-1995.

Jornada Offshore



El 30 y 31 de Mayo de este año en el Instituto Tecnológico de Buenos Aires se llevó a cabo la “**I Jornada de Exploración y Explotación Offshore**”. Dicha jornada fue el resultado de un trabajo exhaustivo realizado con la colaboración e integración de toda la Comisión 2016 que conforma el SPE Student Chapter del ITBA.

Todo comenzó a principio de año mientras empezábamos a diagramar las distintas actividades que desarrollaríamos durante el primer cuatrimestre. Imposible dejar de lado una de las ramas más apasionantes e intensas de la industria: el Offshore.

Pero... “¿a quién consultar?, ¿sobre qué temas hacer hincapié?, ¿una charla será suficiente?”, fueron algunas de las preguntas que se nos presentaron y que, casi instantáneamente, nos llevaron a la respuesta que estábamos buscando: ¡hagamos una Jornada!

La decisión anterior fue el puntapié ini-

cial a nuevos interrogantes que nos fueron conduciendo a lo que terminaría siendo nuestra “I Jornada de Exploración y Explotación Offshore”.

Comenzamos proponiendo una configuración, podría decirse, “idealizada” de todos los temas que queríamos abarcar: Geología, Geofísica, Perforación, Terminación, Instalaciones de superficie, Logística... Realmente al finalizar las reuniones que hacíamos para avanzar en la Jornada podríamos decir que se nos dificultaba definir si estábamos cada vez más cerca o más lejos del objetivo: el abanico de conceptos y conocimientos técnicos era inmensurable.

La búsqueda intensiva de referentes y profesionales tuvo sus frutos, no sólo por el trabajo realizado por la Comisión sino por la increíble predisposición y respuesta que tuvimos de cada una de las personas que contactamos para participar y colaborar con nosotros en la Jornada.

La respuesta de los profesionales fue tal que, de un solo día intensivo de charlas, pasamos a organizar dos días consecutivos de exposiciones, dado que con un único día no era suficiente. Y eso no es todo, la configuración inicialmente “idealizada” se convirtió en una realidad.

La época del año también estuvo a nuestro favor: el 4 de Junio se realizaría en Buenos Aires el “2016 Petrobowl South America & Caribbean Regional Qualifier” en el que sabíamos que iban a participar un amplio número de Student Chapters de todas partes de Latinoamérica, incluyendo los de Argentina. Teniendo en cuenta la posibilidad de conocerlos e invitarlos a participar de nuestra actividad, decidimos realizar la Jornada los días 30 y 31 de Mayo.

El lunes 30 de Mayo tuvimos el agrado de iniciar nuestra Jornada con una introducción realizada por nuestro Faculty Advisor, el Ingeniero Rubén Caligari, titulada





Comision Directiva 2016.

“Argentina: ¿por qué Offshore?”. La parte geológica de la Jornada estuvo a cargo de la Doctora Silvia Barredo, profesora en nuestra universidad, quien nos habló acerca de las cuencas de frontera del Offshore argentino y las perspectivas exploratorias.

Luego de una breve pausa, iniciamos el segundo bloque con la Ingeniera María Alejandra Arecco, quien en su charla “Aplicación de métodos geofísicos en la determinación del Límite Exterior de la Plataforma Continental”, nos comentó la investigación realizada que dio lugar al proyecto presentado en la ONU con el objetivo de ampliar nuestra Plataforma Continental.

Para finalizar con el primer día de charlas, el Ingeniero Norberto Cerruti en “Desafíos de la Perforación Direccional Offshore”, expuso acerca de las diferencias y competencias de los equipos de perforación que se utilizan, argumentando a su vez con ejemplos el carácter desafiante de esta rama de la industria.

Así fue como, luego de haber tratado la parte geológica, geofísica y la referida a perforación el día anterior, el martes 31 de Mayo comenzamos con completaciones de pozos Offshore, a cargo del Ingeniero Luciano Zangari quien no sólo comentó las generalidades de esta área sino que también mencionó las completaciones llevadas a cabo en el Offshore argentino en los campos Carina y Vega Pleyade.

Posteriormente, el Ingeniero Alejandro Luppi expuso acerca de las actividades exploratorias realizadas en las aguas que rodean a las Islas Malvinas y los planes que surgieron a partir de los resultados de dichas actividades en la zona, en una charla titulada: “En torno a las actividades exploratorias Offshore en las Islas Malvinas”.

Para concluir con el primer bloque el Capitán Marcelo Javier Ríos nos brindó una introducción a los medios logísticos Offshore incluyendo clases de buques y utilización de

helicópteros, entre otras cosas que se deben tener en cuenta en este tipo de proyectos.

El segundo y último bloque del día comenzó con el Ingeniero Daniel Camarós, quien mediante timelapses, fotos y videos nos mostró cómo se llevó a cabo la construcción de la plataforma Vega Pleyade en: “Vega Pleyade, proyecto Offshore estratégico para la producción de gas en Argentina. La plataforma y el gasoducto submarino más australes del mundo”.

Por último, el cierre de la Jornada estuvo a cargo del Ingeniero Gustavo Acosta, profesor en nuestra universidad, el cual expuso un paper de su autoría: “Offshore development in the Argentinean & Uruguayan Sea: Stretching the Limit”, presentado en el Congreso Mundial de Petróleo realizado en el año 2014 en Moscú, Rusia.

El resultado obtenido de la Jornada superó nuestras expectativas. No sólo contamos con disertantes de primer nivel, sino que hubo más de 110 inscriptos, incluyendo Student Chapters de Latinoamérica, profesores, graduados y alumnos de grado y posgrado del ITBA.

Para concluir, nos gustaría agradecer en primer lugar a las autoridades de nuestra universidad y del Departamento de Ingeniería en Petróleo, dado que además de brindarnos el espacio para poder realizar las actividades, fomentan el desarrollo de las mismas y nos proporcionan nuevas herramientas para que sigamos creciendo. También a nuestro Faculty Advisor, el Ingeniero Rubén Caligari, al Ingeniero Gustavo Acosta y al Ingeniero Luciano Fucello quienes nos ayudaron con la búsqueda de profesionales y organización del evento.

Por último quiero agradecer a toda la Comisión 2016 del ITBA SPE Student Chapter por su predisposición y su incentivo, ya que no sólo consiste en querer aprender cada vez más sobre esta apasionante industria, sino en ir en búsqueda de ese conocimiento.



Coffee Break, entre bloque de charlas.

XII Encuentro Anual de Capítulos SPE.

El desafío de los no convencionales



El encuentro se realizó del 19 al 23 de septiembre en la ciudad de Neuquén y reunió a los capítulos estudiantiles de la SPE Argentina de:

- Cuyo Student Chapter
- ITBA SPE-EAGE Student Chapter
- San Juan Bosco Student Chapter
- Universidad Nacional Arturo Jauretche Student Chapter
- Comahue Student Chapter

Los objetivos del XII Encuentro fueron: comunicar e integrar a los estudiantes; participar de actividades que aporten al conocimiento técnico y a las soft skills; y favorecer el contacto con las futuras fuentes de trabajo. Se buscó así enfocar el talento de comunicar, conducir, solucionar conflictos, saber escuchar y motivar a quienes nos rodean.

La organización del evento fue realizada por el capítulo del Comahue. En total participaron 80 estudiantes y como invitados especiales representantes de Ingeniería Química de la UTN Plaza Huinul.

De los cinco días del encuentro, tres fueron dedicados a jornadas de disertación en el Salón Azul de la Biblioteca Nacional del Comahue y los dos restantes a visitas al campo.

Las jornadas iniciaron con el saludo del Decano de la Facultad Salvador Canzonieri y continuaron abriendo autoridades de SPE Argentina, Juan José Trigo, y SPE Patagonia, Diego Manfio. Luego se presentaron

los capítulos y posteriormente se continuó con las disertaciones profesionales.

Los disertantes de las empresas, de excelente nivel, orientaron sobre recursos no convencionales de la Cuenca Neuquina, especialmente formación Vaca Muerta. Los temas tratados pasaron por la geología, reservorios, fractura y producción hasta las facetas económica y ambiental que impactan en el territorio. Hubo además, momento para la distensión con actividades recreativas y de coaching. El PetroBowl en inglés, por primera vez, mostró a todos los participantes la importancia del idioma universal de la industria.

Se realizaron 7 visitas a plantas y yacimientos de las empresas YPF, PAE, Tecpetrol, Halliburton, Weatherford, Capex y Pluspetrol.

En el encuentro fue destacable la organización considerando la actual crisis económica de los hidrocarburos. El desafío requirió un gran trabajo y esfuerzo resultando en una experiencia inigualable donde se puso a prueba el trabajo en equipo y la capacidad de organización. Un encuentro donde futuros interlocutores de la comunidad petrolera se conocieron, afianzaron vínculos, aprendieron cómo funciona la industria y cómo ser cada día mejores personas para el bienestar personal y de la sociedad entera.

El XIII Encuentro de Estudiantes de la SPE será organizado por el Capítulo Cuyo en la Ciudad de Mendoza en Septiembre de 2017.



20 años de la Sección Patagonia

Cuando se cumplen aniversarios como estos 20 años de la Sección Patagonia, o coincidentemente los 20 años de la Revista Contacto SPE, uno tiene la tendencia de hacer balances o revisar caminos recorridos. Aprovechando esta ocasión la actual comisión directiva de la Sección Patagonia, realizó una evaluación de estos años y junto con un análisis de las coyunturas actuales, desarrolló un trabajo para establecer objetivos y actividades para este año con proyección a los siguientes.

Sería impensado poder volcar las conclusiones, en pocas líneas, solo resumiré algunos de los puntos evaluados y algunas de las actividades que hemos distinguido para tratar de superar esos escollos, siempre con el objetivo principal en vista (y yo creo espíritu madre del SPE, la divulgación y el intercambio técnico entre los profesionales).

Algunos Escollos a modo de Ejemplo:

- Acceso a la información sin restricciones (sin necesidad de ninguna membresía).
- Carga horario que dificulta la participación en actividades fuera del horario de trabajo).
- Muchos profesionales en bases y centros alejados de las ciudades cabeceras (largos traslados diarios)
- Diferencias generacionales importantes (intereses) entre Profesionales Antiguos, Jóvenes Profesionales e incluso con los Estudiantes.

Algunas Actividades que la Sección desarrollara este año, buscando superar esos obstáculos mencionados:

- Traslado de las charlas de Distinguish Lecturers (locales) a las bases de la cuenca (al menos una exposición en cada lugar, Añelo, Rincón de los Sauces, Plaza Huincul y Catriel).
- 2 Jornadas Locales de divulgación



técnica, con los Autores establecidos en Neuquén que hayan expuesto en Congresos Internacionales.

- Actividades a la medida de cada tipo de Profesional. (Simposios Técnicos para Jóvenes Profesionales, Encuentro Nacional de los Capítulos Estudiantiles, etc.).
- Concurso local de Papers para Jóvenes y estudiantes (el premio será el viaje para presentarlo en un congreso internacional).

Invito a quienes quieren ahondar sobre estas o las otras iniciativas que la Sección Patagonia desarrollara durante el bienio

2016/2017, a que utilicen cualquiera de las plataformas para comunicarse con nosotros.

Felicito a la revista por el logro de estos años, agradezco el espacio que nos han dado, y les traslado una frase tomada de las Jornadas de Capítulos Estudiantiles recientemente realizadas en Neuquén, ya que creo resume de buena manera el pensamiento que nos debería representar en estos tiempos en los que se hace necesario correr las fronteras técnicas, **“Si quieres ir rápido, ve solo. Si quieres llegar lejos, ve acompañado...”**



20 años de la Cuenca del Golfo San Jorge, técnicos y cambios empresariales

Podríamos decir que, durante los últimos 20 años la Cuenca del Golfo San Jorge (CGSJ) ha atravesado por distintas circunstancias no solo haciéndole frente a los distintos cambios empresariales sucedidos, sino también a crisis económicas globales y al permanente desafío de mantener la productividad de la cuenca más antigua del país.

Los 90's, el inicio de los cambios

En lo que respecta al plano organizacional, recuerdo a mediados de los 90 las publicaciones de la Lic. Cristina Mejías, referente de los RRHH de la época cuando hablaba del concepto de empleabilidad. Ella ejemplificaba el camino laboral desde el ingreso a una organización hasta su jubilación como pasajeros de distintos medios de transporte "...usted hasta comienzo de los 90's se subía a un tren donde su única escala final era la jubilación; a comienzos de los 90's, usted deberá tomar distintos medios de transporte para llegar al mismo destino y bajarse en varias estaciones para emprender una nueva etapa; y a partir del 2000 usted deberá ser un 4x4, trazando su propia ruta hacia una posible jubilación". Y así fue, en los comienzos de los 90's con la privatización de YPF, comenzamos a darnos cuenta a partir de ese momento, que lo único que sería constante serían los cambios en las organizaciones.

A la privatización de YPF (uno de los mayores impactos socio-económico que ha recibido la CGSJ en su historia) le siguieron otros cambios que comenzaron a marcar una dinámica empresarial que duraron hasta la actualidad, como, por ejemplo:

- la venta del legendario y pionero Yacimiento de KM 20 por parte de Astra allí por 1993, así como las áreas de Cañadón Seco y Meseta Espinosa en Santa Cruz,
- en 1999 Total vende el Huemul a Vintage Petroleum (en 2005 lo compra OXY y en 2010 Sinopec compra los activos de OXY),
- la venta en 2001 del Yacimiento Pampa del Castillo por parte de Perez Companc a ENAP Sipetrol,
- en 1997, el "joint venture" entre Amoco y Bidas, para formar Pan American Energy.

La CGSJ y su desafío de mantener la producción de petróleo

Los cambios en el mapa empresarial y el mercado laboral continuaron, así como el esfuerzo de mantener e incrementar la producción de la CGSJ. Estudiando la curva de producción desde mediados de los 90, vemos los distintos periodos incrementales de producción de agua (mayor producción bruta), como reflejo del denodado esfuerzo de mantener la producción por encima de los 40,000 m³/d. Si bien a inicios de 2012, comenzó un nuevo incremento en el movimiento de fluido total, la realidad es que la declinación de la producción de petróleo parece inevitable en este contexto (ver Gráfico 1).

A Julio de 2016, la CGSJ produce 39.308 m³/d de petróleo (48% de la producción de Argentina), 15,7 MM m³/d de gas, y 513.600 m³/d de agua (92,9 %) la

cual es inyectada en su totalidad para proyectos de recuperación secundaria.

Como vemos en el Gráfico 1, el mantenimiento de la producción de petróleo se logra a partir de una mayor producción bruta (agua + petróleo) por lo que naturalmente los costos de explotación seguirán incrementándose acorde aumenta el porcentaje de agua (ver Gráfico 2) lo cual representa otra alerta acerca del estado de madurez de la cuenca.

En la actualidad la infraestructura para el manejo de la producción de agua ya ha comenzado a encontrarse con cuellos de botellas que requieren de acciones principalmente a nivel subsuelo, como la re-distribución de la inyección en nuevos reservorios, diseño de nuevos "patterns", bloqueos de canales preferenciales para el agua, y la implementación a una escala mayor de proyectos de EOR (polímeros y geles).

Producción de Petróleo y Agua

Cuenca del Golfo San Jorge (a Julio 2016)

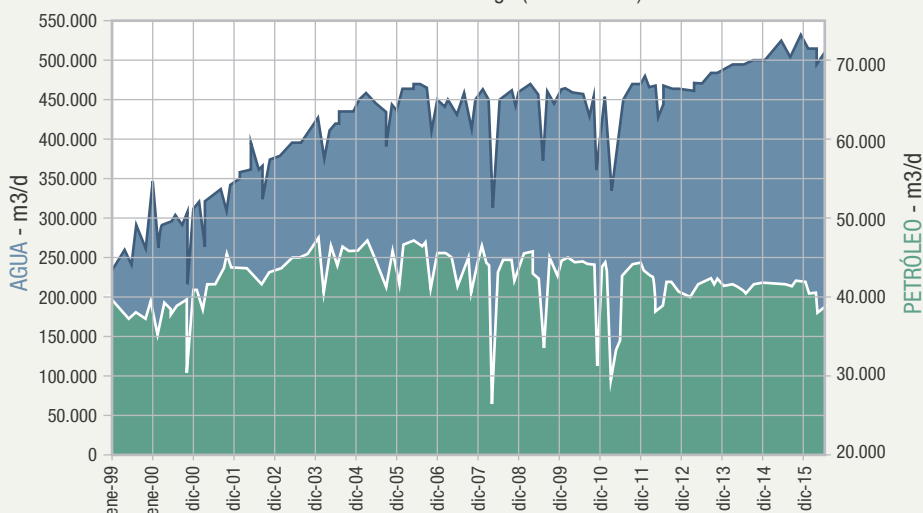


Gráfico 1 – Evolución de la producción de petróleo y agua en la CGSJ- Argentina

afrontando crisis, desafíos



En resumen, maximizar el factor de recuperpo de reservas de petróleo, así como una disminución en la producción de agua, es clave para la sustentabilidad de la cuenca en términos de productividad de los reservorios y analizado desde el punto de vista técnico.

Así mismo se requiere un entendimiento de la clase sindical y política acerca de la complejidad de explotar la cuenca, así como de los perjuicios de los conflictos gremiales hacia el sostenimiento de la producción, los cuales son claramente identificables en el Gráfico 1, logrando contrarrestar el esfuerzo de cada uno de los trabajadores de la CGSJ.

Las crisis Globales y el impacto Regional

Cuando hablamos de crisis vividas en la CGSJ, la caída del precio internacional del petróleo a cerca de 12 u\$s/bbl allí por el año 1997 marcó un hito respecto a los efectos de estos fenómenos en la economía regional. Equipos de torre que trabajaban 12 hs, otros parados, así como cuadrillas de soldadores haciendo jardinería y tareas generales en algunos yacimientos, bastaba para darnos cuenta de la situación.

Si bien quienes estamos en la industria siempre pregonamos el mensaje de “no nos tenemos que olvidar que producimos una cuenca madura, así como no olvidar la crisis del 97”, la actualidad nos demuestra que gran parte de quienes hoy están activos en la industria, nunca en su vida laboral han vivido una crisis de la industria. A veces resulta difícil hacer entender a quienes no están directamente relacionados a la industria, que la Cuenca del Golfo San Jorge naturalmente tendrá costos de explotación incrementales por la naturaleza misma de su producción como fue explicado anteriormente.

Si a esta situación se le suma los altos costos laborales, la inflexibilidad sindical y la falta de estrategias energéticas tanto regionales como nacionales, el panorama no es alentador si no existe una visión a mediano-largo plazo, y más importante aún, que todos los actores entiendan lo que implica mantener la producción en una cuenca como la del Golfo San Jorge.

El desafío permanente: optimizar la producción, los costos y recursos.

Hablar de “Optimizar producción, cos-

tos y recursos”, o en definitiva “Mejorar la Productividad de la Cuenca” parecen ser frases retóricas, más aún cuando son tomadas como parte de distintos discursos, pero es un concepto que si se perdió, nunca debería haber sucedido. Las épocas de altos precios del petróleo, así como la vorágine laboral y el recambio generacional, resultó en algunos casos en la pérdida de elementos claves que hacen de las mejoras prácticas para la explotación y gerenciamiento óptimo de yacimientos como los de la mayoría de la República Argentina.

Quizás desde nuestro lugar como docentes y profesionales de esta maravillosa industria no podamos cambiar decisiones políticas de turno, pero si somos responsables de enseñar, informar y marcar el rumbo de la industria de la forma más objetiva posible.

Por mucho tiempo el concepto de productividad nos seguirá acompañando con el fin de no solo fortalecer la matriz energética nacional, sino también para sostener las economías regionales, como la de la centenaria Cuenca del Golfo San Jorge.

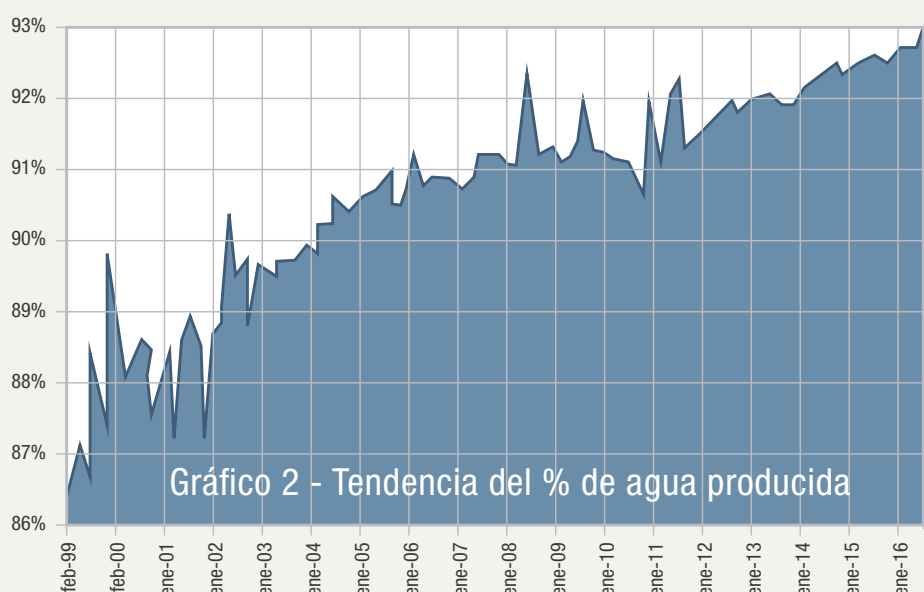


Gráfico 2 – Gráfico 2 – Tendencia del % de agua producida

CURRICULUM VITAE

Clemente Marcelo Hirschfeldt es Ingeniero en Petróleo, graduado en la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB). Tiene más de 26 años de experiencia en la industria y en la actualidad se desempeña como docente en la UNPSJB y consultor independiente para Oil Production Consulting. En la actualidad ocupa el rol de Chairperson de la SPE Golfo San Jorge Section.

Mi paso por SPE

Ing. Eliana I. Aqueveque R. de Delgado, Ph.D. elipetrol@gmail.com



Parece que el destino de las personas es algo que ya está marcado de antemano, o bien, como dicen algunos, hay una alineación de planetas para que se cumplan los deseos o sueños de las personas.

En mi caso me ha tocado ser siempre una especie de pionera en algo, modestos proyectos, sueños no tan descabellados, que al haber sido llevados a la práctica, aún hoy perduran. Y creo que la continuidad de los objetivos, sea de lo que fuere, es el valor agregado a la vida, a menos que se trate de proyectos a término, que también son válidos, en otras dimensiones.

Me gradué en Ingeniería Industrial en Petróleo y Minas en la Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, en 1974 y en 1975 me trasladé a Venezuela, con mi esposo y mi bebé para realizar una Maestría en Ingeniería de Gas en la Universidad del Zulia.

Luego volvimos a Argentina, y tiempo

después comencé a trabajar en la Universidad Nacional del Comahue, en 1984, en un ambiente que, a pesar de estar en el corazón de la industria petrolera, presentaba muchas carencias.

Lo que yo deseaba:

- Una mayor inserción de la Universidad en el medio.
- Promover el perfeccionamiento de los recién formados.
- Promover la parte social de los recién formados.
- Encontrar un espacio neutral para la discusión de ideas, compartir experiencias, ayudar en el crecimiento.
- Introducir a nuestros estudiantes en el mundo real del trabajo en la industria.

Lo que tenía en la zona:

- al IAPG, que en ese momento se llamaba IAP, que es una institución de empresas y a la que, como tal, yo no tenía acceso.
- La Universidad, que infelizmente ha tenido siempre una mirada parcial debido a la escasa separación de las convicciones políticas con los objetivos académicos.
- Que además no tenía recursos económicos.
- Y tampoco tenía recursos humanos, puesto que casi todos los profesores de Ingeniería de Petróleo, en esa época, eran de dedicación simple, ya que trabajaban en empresas.

Como contrapartida a este estado de indefensión tenía algunos contactos en las empresas petroleras, personas que me conocían y que comenzaron a ayudarme en mis proyectos. También contaba con mis alumnos, y ex alumnos, que confiaron ciegamente en mí, y que siempre colaboraron cuando les propuse algún plan de acción en pos de los objetivos ya enumerados.

Por el año 1986 comencé, con la feliz idea que me dio un colega, un plan de visitas por los yacimientos del país con los alumnos del último año de Ingeniería de Petróleo, que luego se extendió a otros países también, y continuó en vigor, ininterrumpidamente, hasta el año 2006. Este plan fue llevado a cabo con esfuerzo propio y de los alumnos, sin aporte de la Universidad por carecer de medios. A los pocos años comenzaron a sumarse algunas empresas y fue entonces que hicimos el primer viaje internacional, para ver las plataformas en Brasil, en noviembre de 1993.

En CENPES (Centro de Pesquisas) de



Visita a Planta de Total, en Río Cullen, Tierra del Fuego, en 1988, con los alumnos de Ing. de Petróleo. Aún no éramos SPE Student Chapter.



Visita a Intevep, Caracas, Venezuela, Noviembre de 1998.



Primer viaje a Plataformas. Nos acompaña el Ing. Benjamin Plavnik, de Petrobras (superior, izquierda), quien nos impulsó a crear el Capítulo Estudiantil de SPE en la Universidad Nacional del Comahue. Garoupas, Río de Janeiro, 1993.

Petrobras conocimos al **Ing. Benjamin Plavnik**, quien nos animó a hacernos socios de SPE, y formar un Capítulo Estudiantil en nuestra Universidad. Fue así que comenzó mi actividad con SPE. Primero formamos el Capítulo Estudiantil, con ayuda de los socios de la Sección Argentina de Buenos Aires, y luego nos abocamos a formar una sección para los graduados, que debería haber comenzado ya en el año 1994. Sin embargo, por razones de malos entendidos con las fuerzas locales, que veían en la formación de una Sección de SPE una posible competencia, por no entender la diferencia entre institución para empresas e institución para personas, y la nula participación de mis pares académicos, recién dos años después pudimos concretar la primera reunión para formar la Sección Patagonia de SPE, cosa que aconteció en Abril de 1996, y que fue reconocida oficialmente en Octubre de ese año por nuestros colegas de Richardson.

Hay muchas personas a las cuales debo estar agradecida por el apoyo prestado en todo momento, pero debo destacar al **Ing. Rubén Caligari**, porque él siempre nos apoyó en nuestros proyectos, aún antes de formar el Capítulo Estudiantil, antes de formar la Sección Patagonia de SPE en Neuquén. Él ha sido un activo miembro no sólo a nivel nacional, sino también internacional, de lo cual mucho me alegro.

Cuando comencé a actuar con SPE, escribí los estatutos para la Asociación Civil que habíamos formado, con la ayuda de los Estatutos de la Sección Buenos Aires, los cuales hubimos de adaptar para conformar las estipulaciones de la Provincia del Neuquén, y luego los traduje para enviarlos a Richardson, logrando así las reglas jurídicas de funcionamiento que satisfacían a todas las partes involucradas.

Ahí me di cuenta de que **esta Asociación, SPE, cumplía con todas mis expectativas**, enumeradas al comienzo, es decir, con todo lo que yo deseaba, no del mismo modo exactamente, pero era lo más parecido a lo que yo soñaba, y además estaba en una misma institución. Fue así que

me involucré con el proyecto de llevar adelante la Sección, junto a todos mis colegas de la industria, obviamente, dando lo mejor de mí dentro de mis posibilidades.

SPE fue y sigue siendo un nexo entre las empresas y los estudiantes para recibir fondos, ayudas, para darles la oportunidad a los alumnos de realizar eventos por su cuenta, para gestionar becas, pasantías, asistencia a cursos, charlas y otros eventos. Los alumnos han respondido haciendo muchas actividades en las que han dejado bien en alto el nombre y los principios de SPE.

La Sección ha realizado muchas tareas desde su creación hasta ahora: preparando cursos, charlas, ayudando en eventos organizados por otras instituciones, como el IAPG, involucrándose en eventos internacionales, siempre con éxito. El primer ATW (Applied Technology Workshop) organizado por esta Sección en Marzo de 2005 superó por primera vez en América Latina la inscripción a un evento de esta naturaleza. Tuvimos una asistencia de más de 100 personas (**gracias Ing. Moreyra**). Las actividades realizadas con "SPE Exploration and Development of Unconventional Reservoirs Conference" efectuada en Junio de 2014, fueron impecables, gracias, entre otros, al equipo liderado por el **Ing. Irazusta**.

La creación de la Sección de Jóvenes Profesionales ha sido un acierto, de donde están saliendo los futuros dirigentes de la Sección Patagonia, y que seguramente tienen mucho para decir y hacer. Las reuniones sociales (gracias Diego Manfio) también tienen un objetivo, que es el de reafirmar la pertenencia a la Institución.

Como la matrícula de estudiantes de petróleo ha crecido estos últimos años, también se ha incrementado el número de estudiantes socios del Capítulo Estudiantil del Comahue, quienes han estado trabajando activamente en diferentes frentes. Este Capítulo ha recibido premios por su destacada actuación en el país. Asimismo la Sección Patagonia tiene a dos miembros que han recibido el Regional Service Award. Estos son algunos de

los logros visibles de nuestra institución.

Sin embargo, no todo ha sido fácil. Hubo momentos en que, luego de que nos viéramos obligados a disolver la Asociación Civil, por razones de orden práctico, y habiendo caído bastante la membresía, se pensó en no seguir manteniendo la Sección, a lo cual me opuse, dado el enorme esfuerzo que nos había costado comenzar con ella. Sin embargo yo no estaba en condiciones de ofrecer mucha ayuda. Por esos días, a partir de 2006, comencé a luchar por mi vida (y no es una frase de efecto dramático, es real), y gracias a Dios, luego de varios años de mucho dolor y penosos esfuerzos, puedo decir que estoy bien, y he retomado mi lugar en la mesa de colaboración.

Estar en esta organización me ha fortalecido, he colaborado con otros aquí y en Latinoamérica, y han colaborado conmigo personas y empresas de la zona y de otros países. He cumplido gran parte de mis sueños, y aún sin recursos, y sin apoyo de empresas locales que deberían haber puesto su granito de arena, SPE nos ha respaldado y gracias a esta institución hemos sido bien recibidos, mis alumnos y yo, en otras partes del mundo.

Solo me resta dar las gracias a quienes confiaron en mí, a quienes me ayudaron de una u otra forma para lograr los objetivos que me había propuesto con los alumnos, y decir a los jóvenes, de 80 años para abajo, que vale la pena vivir con propósitos, arriesgarse, luchar aún sin tener los medios (Dios proveerá), estar ocupados, invertir el tiempo en la gente a nuestro alrededor, porque sin saberlo, podemos ayudar a cambiar vidas para bien.

Felices 20 primaveras Sección Patagonia. Que este reverdecer que estamos experimentando sea acompañado de un florecimiento acorde y que podamos cosechar abundantes frutos para la industria local y para nuestros colegas involucrados en los quehaceres petroleros.

Un fuerte abrazo.

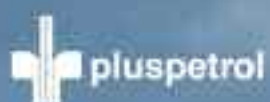
Eliana de Delgado. En Neuquén, a los 18 días del mes de Octubre de 2016



SPE Technical Conference and Exposition: Aberdeen, Scotland, Septiembre 1999.



Visita a CENPES, Petrobras con los alumnos del último año de Ingeniería de Petróleo, 1995.



MÁS DE 35 AÑOS EXPLORANDO Y PRODUCIENDO ENERGÍA EN EL PAÍS



Argentine Petroleum Section

Society of Petroleum Engineers
ARGENTINE PETROLEUM SECTION

Maipú 645 4°A. (1006) Buenos Aires

Tel: 4322-1079 / 4322-3692

E-mail: info@spe.org.ar • Homepage: www.spe.org.ar