

## Expectativas de la industria petrolera con relación a los nuevos ingenieros petroleros

*Mario A. Vásquez Cruz*

*Petróleos Mexicanos-Exploración y Producción*

*Instituto Politécnico Nacional*

*Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura,*

*Unidad Ticomán*

*Rodolfo G. Camacho Velázquez*

*Petróleos Mexicanos-Exploración y Producción*

Información del artículo: Recibido: junio de 2014-aceptado: octubre de 2014

### Resumen

La educación en ingeniería debe enfocarse al desarrollo de ingenieros con habilidades de pensamiento críticas para identificar oportunidades, solucionar problemas y tomar decisiones en un ambiente de incertidumbre, tomando en cuenta aspectos económicos, de seguridad y medio ambiente.

En el presente trabajo se analizan las principales características que deben reunir los egresados de ingeniería petrolera, con referencia a nuevos ingenieros de la misma disciplina trabajando en otras latitudes, considerando los retos que enfrenta la industria petrolera nacional. Las alternativas de solución implican el desarrollo o la asimilación acelerada de nuevas tecnologías, y de habilidades para comprender y aplicar adecuadamente los adelantos tecnológicos.

Para satisfacer las necesidades futuras de la industria petrolera, los estudiantes e investigadores requieren una exposición adicional en las áreas fundamentales del negocio, uso de herramientas de cómputo y software comercial y habilidades de trabajo en equipo, entre otros temas. Asimismo, la mayoría de los retos requieren del trabajo multidisciplinario; de manera que los nuevos ingenieros deben familiarizarse con los tipos de habilidades que cada profesión debe aportar y comprender el papel que cada uno desempeña como miembro del equipo.

Un ingrediente clave para el desarrollo de habilidades de pensamiento críticas en los estudiantes y la convicción de un aprendizaje continuo, es que las instituciones educativas se relacionen estrechamente con los proyectos de desarrollo tecnológico relacionados con la industria.

Se concluye que los nuevos profesionales de la ingeniería deberán comprender cabalmente su esencia, incrementar su productividad con ayuda de los recursos computacionales disponibles cotidianamente, y disponer tanto de habilidades para trabajo multidisciplinario como de pensamiento crítico. También se recomienda que las instituciones académicas utilicen medios, como por ejemplo un boletín de noticias elaborado por estudiantes y profesores, los cuales contribuyan a incrementar el interés de los estudiantes por problemas técnicos y de desarrollo tecnológico, relacionados con necesidades de la industria.

**Palabras clave:** Educación, Ingeniería Petrolera, Industria Petrolera, trabajo en equipo, pensamiento crítico, tecnologías.

## Expectations of the oil industry in relation to new petroleum engineers

### Abstract

The education in engineering must be focused on developing engineers with critical thinking skills for identifying opportunities, solving problems, and make decisions, in an uncertainty environment; taking into account aspects such as economical, safety, and environmental.

This work analyzes the main characteristics which should be met by the undergraduates in petroleum engineering with respect to their peers working in other latitudes and considering the current challenges faced by the national oil industry. The alternatives of solution imply the development or accelerated assimilation of new technologies and skills aimed to understanding and applying adequately the technological advances.

In order to meet the future requirements of the oil industry, both students and researchers need an additional exposure on core business areas, use of computerized tools and commercial software, and teamwork skills, among others topics. Likewise, most of the challenges require multidisciplinary work; so that, new engineers should be familiarized with the different types of skills which each career should provide, and understand the role that each one plays as a team member.

A key factor for developing critical thinking skills among students, as well as the conviction of continuous learning, is that the educational institutions should be strongly linked with projects of technological development related to oil industry.

It is concluded that new professionals in engineering should fully understand its essence, increase their productivity taking advantage of computational resources commonly available, as well as to have skills related to synergistic work and critical thinking. It is also strongly recommended that academic institutions take advantage of media such as a news bulletin prepared by students and instructors. Thus, it is expected the above will contribute to capture the interest of students about technical problems and those ones related to technological development, both connected to oil industry needs.

**Keywords:** Education, Petroleum Engineering, Oil Industry, teamwork, critical thinking, technologies.

### Introducción

La Ingeniería Petrolera tiene un papel fundamental en el negocio de la exploración y explotación de hidrocarburos, ya que mediante sus áreas de especialidad como yacimientos, perforación y producción, entre otras, proporciona los elementos técnicos requeridos en tareas tales como la estimación de los volúmenes y reservas de hidrocarburos contenidos en los yacimientos, la definición y el diseño de los planes de desarrollo de campos y de explotación de los yacimientos y su administración, la perforación y terminación de los pozos verticales, desviados y de geometría compleja mediante los cuales se extraen las reservas, el manejo, tratamiento y transporte de los hidrocarburos producidos desde los campos petroleros hasta los centros de procesamiento, etc.

En principio, es conveniente enfatizar que los activos básicos del negocio son los yacimientos petroleros. El conocimiento de su naturaleza y del ambiente en que se desarrollan y producen, en tierra o costafuera, es el punto de partida para la definición de las tecnologías requeridas para lograr su explotación eficiente. Tales definiciones sirven a su vez para marcar el rumbo de las investigaciones y desarrollos tecnológicos, y de la formación de recursos humanos especializados que impacten positivamente las prácticas operativas y los resultados del negocio. Con el propósito de complementar lo anterior, la **Figura 1** ilustra la distribución de las reservas totales y los recursos prospectivos estimados a nivel nacional<sup>1</sup>, a partir de lo cual se infiere que estos últimos representan el 72 por ciento de los recursos totales

1 Referencias al final del trabajo

del país, y en particular una porción significativamente alta de este porcentaje se concentra en aguas profundas y recursos no convencionales.

En resumen, como se observa en la **Figura 2**, la tendencia de crecimiento de la industria a nivel internacional al igual que en México, está conformada por aguas profundas y recursos

no convencionales (aceite y gas en lutitas, yacimientos de aceite pesado y extra-pesado y de permeabilidad muy baja). En consecuencia, para que Petróleos Mexicanos se mantenga a la vanguardia en cuanto a avances tecnológicos y logre sostener sus niveles de crecimiento, debe desarrollar sus capacidades en ambos temas<sup>1</sup>.

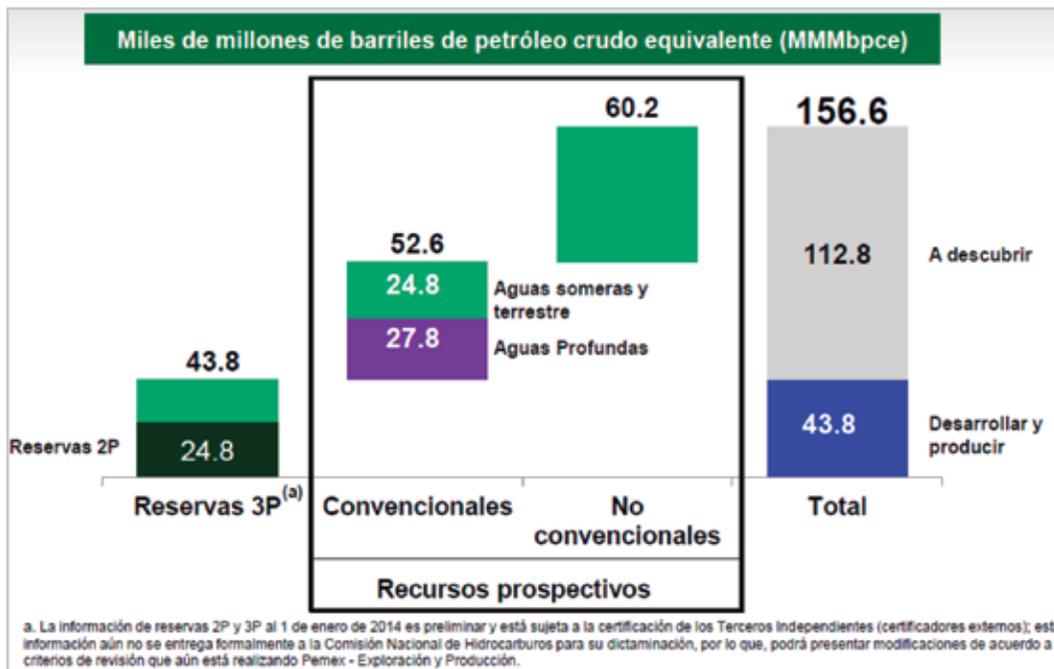


Figura 1. Los recursos prospectivos representan 72 por ciento de los recursos totales del país<sup>1</sup>.

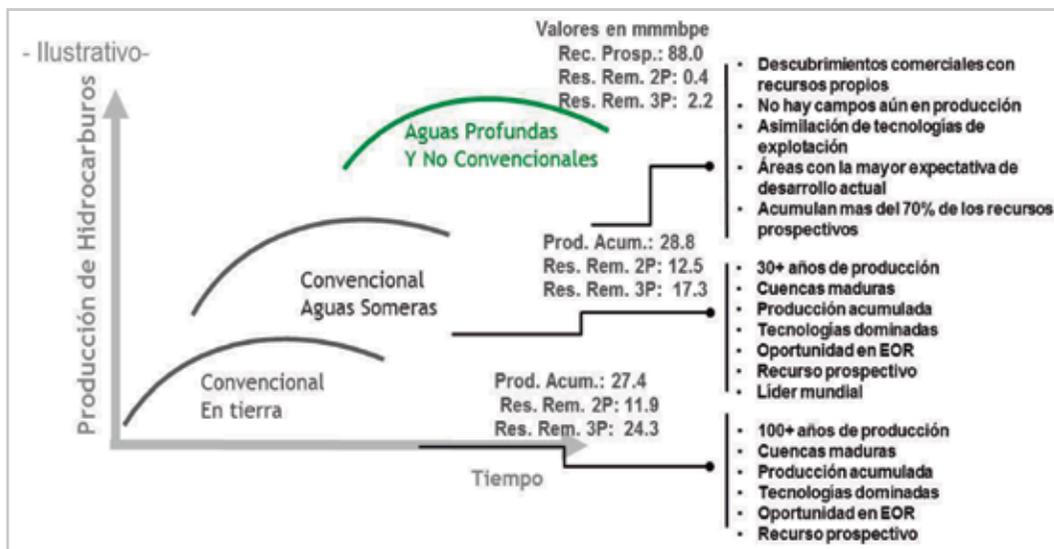


Figura 2. Evolución técnica y estratégica de la industria petrolera, (según Ref. 1).

Por otra parte, las tecnologías más relevantes para el desarrollo y explotación óptima de los yacimientos de aceite en México se relacionan primordialmente con yacimientos carbonatados naturalmente fracturados y formaciones turbidíticas de alta complejidad geológica y de baja permeabilidad. Asimismo, las tecnologías requeridas para el desarrollo y explotación óptima de los yacimientos de gas no asociado, están dirigidas a yacimientos de areniscas compactas de muy baja permeabilidad y a turbiditas, en las cuales la distribución horizontal y vertical de los cuerpos de arena es errática. Aunado a lo anterior, las operaciones costafuera requieren a su vez de tecnologías de perforación y producción cada vez más especializadas, en particular las actividades desarrolladas en aguas profundas.

Por lo anterior, los requerimientos de la industria para los nuevos ingenieros son mucho más altos que en el pasado. Ahora se necesitan ingenieros capaces de buscar soluciones posibles no tradicionales, dentro y fuera de la industria, que puedan comprender los principios físico-químicos y matemáticos involucrados, e interactuar con otros especialistas para enfrentar los retos técnicos que se presentan. Por tanto, para que los ingenieros adquieran este perfil, se requiere desarrollar en ellos un pensamiento analítico y crítico, y una capacidad de aprendizaje continuo.

Una de las áreas de especialidad de la Ingeniería Petrolera en la que México ha realizado aportaciones importantes en el contexto internacional es la de caracterización de yacimientos. En buena medida, los esfuerzos han surgido y han sido conducidos desde el ambiente académico de la UNAM, de manera sostenida por más de 30 años; estos esfuerzos han permeado hacia otras instituciones, dando como resultado la formación de especialistas e investigadores en el tema. En el Instituto Mexicano del Petróleo también se han realizado aportaciones importantes en el tema, mediante esfuerzos individuales de algunos de sus investigadores, destacando en particular las líneas de investigación relacionadas con la caracterización de pozos hidráulicamente fracturados y de yacimientos naturalmente fracturados. Asimismo, se han generado métodos mejorados de aplicación general para el análisis de pruebas de variación de presión.

En años recientes, se han conducido investigaciones en el Instituto Mexicano del Petróleo para comprender y describir la naturaleza estática de los yacimientos naturalmente fracturados-vugulares, mediante estudios de tomografía computarizada, registros de pozos y sísmica multicomponente. Igualmente, se han desarrollado algunos trabajos enfocados a entender y caracterizar los

fenómenos de difusión y convección natural en yacimientos naturalmente fracturados.

Desafortunadamente, en la actualidad los recursos humanos especializados necesarios para conducir estos trabajos son limitados en el país. Se tienen avances magros en esta línea; los esfuerzos de investigación y desarrollo que se han registrado son prácticamente de carácter individual y no sostenidos en el tiempo; como ya se mencionó, algunos trabajos se han desarrollado en el IMP y en el ambiente académico de la UNAM.

Con el apoyo de Pemex-Exploración y Producción, recientemente se han realizado esfuerzos a través de los fondos SENER-CONACYT/Hidrocarburos, encaminados a establecer un equipo interdisciplinario de trabajo con el fin de realizar en México investigaciones y desarrollos tecnológicos en las diferentes áreas de especialidad de la simulación numérica de yacimientos y otras áreas. El objetivo de este grupo en el mediano plazo consiste en desarrollar un simulador numérico multipropósito de yacimientos, de uso fácil, empleando tecnologías de punta. Se espera que durante este proceso, los diversos grupos de especialidad que participan en el proyecto asimilen los últimos adelantos tecnológicos en la materia, y que en el largo plazo estén en condiciones de realizar aportaciones que superen las técnicas establecidas e impartan opciones de modelado, acordes con las necesidades particulares de simulación impuestas por los yacimientos localizados en México. De esta forma, dado que la experiencia actual en el país es limitada, es necesario efectuar esfuerzos importantes y sostenidos para consolidar grupos de trabajo con las diversas especialidades que se requieren. La continuidad y arraigo de los equipos de especialistas deberán asegurarse, creando y manteniendo para ello condiciones y ambiente de trabajo propicios.

Por otra parte, en los últimos años a nivel internacional se ha impulsado fuertemente el desarrollo de tecnologías para mejorar la conexión del yacimiento con la superficie, tanto para aumentar la recuperación primaria de aceite, como para obtener mejores eficiencias de barrido en la aplicación de procesos de recuperación secundaria y mejorada. Los desarrollos tecnológicos en perforación y terminación de pozos permiten actualmente la construcción de pozos multilaterales, que hacen económicamente viable la explotación de campos con características y condiciones operativas difíciles. Las investigaciones en el área de estimulación de pozos, ha permitido desarrollar tratamientos de acidificación más efectivos para la remoción del daño del pozo; en este mismo tenor, las técnicas actuales

de fracturamiento hidráulico son más efectivas. El desarrollo de nuevos polímeros y geles para el control de la producción de agua ha permitido realizar tratamientos más efectivos y menos costosos y extender la vida productiva de los pozos y mejorar la recuperación de aceite de los yacimientos.

La aplicación de prácticas mejoradas de administración de yacimientos, basadas en el trabajo en equipos interdisciplinarios, ha demostrado también su valor en la generación de mejores planes de desarrollo de los campos y en su implantación eficiente. La adopción de tecnologías modernas de administración de datos e información técnica de los yacimientos ha mostrado también su valía, haciendo más eficiente el acceso a los datos y la extracción de valor de los mismos.

Por lo expresado arriba, se requieren ingenieros petroleros que tengan un fuerte fundamento de fenómenos fisicoquímicos, de herramientas matemáticas y de cómputo, pero sobre todo con actitud abierta y comprometida hacia el aprendizaje continuo de por vida, y que sean capaces de evaluar críticamente la aplicación de dicho conocimiento.

## Prospectiva de la disciplina

En la actualidad la industria petrolera enfrenta retos tecnológicos muy importantes, lo cual plantea un panorama más demandante al que existía hace algunos años a los recién egresados de las escuelas de ingeniería petrolera.

Algunos de los retos que enfrenta la industria petrolera mexicana son similares a los que existen en otras partes del mundo; sin embargo, existen algunas diferencias. Entre estos retos se puede mencionar que la mayoría de los campos se encuentran en una etapa donde los procesos de recuperación secundaria y mejorada son una alternativa para incrementar el factor de recuperación. Los proyectos de recuperación mejorada implican grandes inversiones y requieren un nivel de caracterización mayor al necesario para producción primaria, lo cual conduce a manejar la incertidumbre asociada. Aunque esta tecnología es madura en otros países, en nuestro país tenemos retos específicos asociados a yacimientos naturalmente fracturados y vulgares para los cuales no existen tecnologías disponibles en la industria.

Otros retos tecnológicos son la producción rentable de yacimientos altamente heterogéneos de baja permeabilidad, como es el caso de Chicontepec. La

extracción del aceite contenido en los bloques de matriz de los yacimientos carbonatados naturalmente fracturados, la producción de yacimientos costa afuera de aceite extra pesado, y la producción de hidrocarburos en aguas profundas, por nombrar algunos.

La solución de los retos anteriores implica el desarrollo de tecnologías, por lo cual es importante para la industria el promover proyectos de investigación y desarrollo tecnológico. Las compañías que sean capaces de comprender y aplicar los resultados nuevos de investigación más eficientemente estarán en posibilidades de continuar en la competencia por el mercado. Este ritmo se va a incrementar dramáticamente en el futuro causando que los miembros más lentos sean forzados fuera del negocio.

De acuerdo a lo anterior, ya que las alternativas de solución señaladas implican el desarrollo o la asimilación acelerada de nuevas tecnologías, en consecuencia la industria petrolera requiere de profesionales que sean capaces de desarrollar, aplicar y asimilar nuevas tecnologías en forma efectiva y en la mayor parte de sus actividades profesionales, para ello es deseable que los nuevos ingenieros desarrollen de manera integral las habilidades ilustradas en la **Figura 3**.

En trabajos presentados en años recientes<sup>3</sup>, se reconoce que uno de los retos principales que actualmente encara la educación en Ingeniería Petrolera se relaciona con el hecho de preparar ingenieros versátiles que sean capaces de adaptarse a los cambios acelerados impuestos por la industria petrolera, en particular aquellos relacionados con innovaciones tecnológicas. Es un hecho que los métodos educativos han sido y continuarán siendo radicalmente afectados por las tecnologías emergentes. El contenido y la entrega oportuna de los conocimientos en la disciplina de ingeniería petrolera, deben mantener un ritmo acorde a la dinámica del mundo actual, principalmente a la alcanzada en el presente milenio.

Por lo anterior, el entendimiento del negocio de exploración y producción, el incremento de la productividad personal a través de herramientas de cómputo, trabajar como miembros de equipos multidisciplinarios, y habilidades de aprendizaje continuo y pensamiento crítico, resultan de gran importancia en la actualidad.

Con el fin de satisfacer las necesidades futuras de la industria, los estudiantes e investigadores requieren exposición adicional en las áreas siguientes:

- Fundamentos técnicos y económicos del negocio
- Uso de herramientas de cómputo y software comercial
- Habilidades de trabajo en equipo
- Aprendizaje continuo de por vida
- Habilidades de pensamiento crítico

El ingeniero petrolero debe evaluar un sistema que no puede medirse adecuadamente y que sólo puede modelarse aproximadamente. Por lo tanto, los ingenieros

petroleros deben entender los conceptos de riesgo e incertidumbre, por esta razón los estudiantes deben ser expuestos a problemas con múltiples soluciones, las cuales no todas son adecuadas.

En el actual clima de negocios, es un requisito que el ingeniero comprenda que obtener beneficios económicos para la empresa es una prioridad. El reto es colocar a los estudiantes en situaciones similares a las que se encontrarán en el trabajo en la industria, requiriendo la preparación de reportes y presentaciones de los resultados.

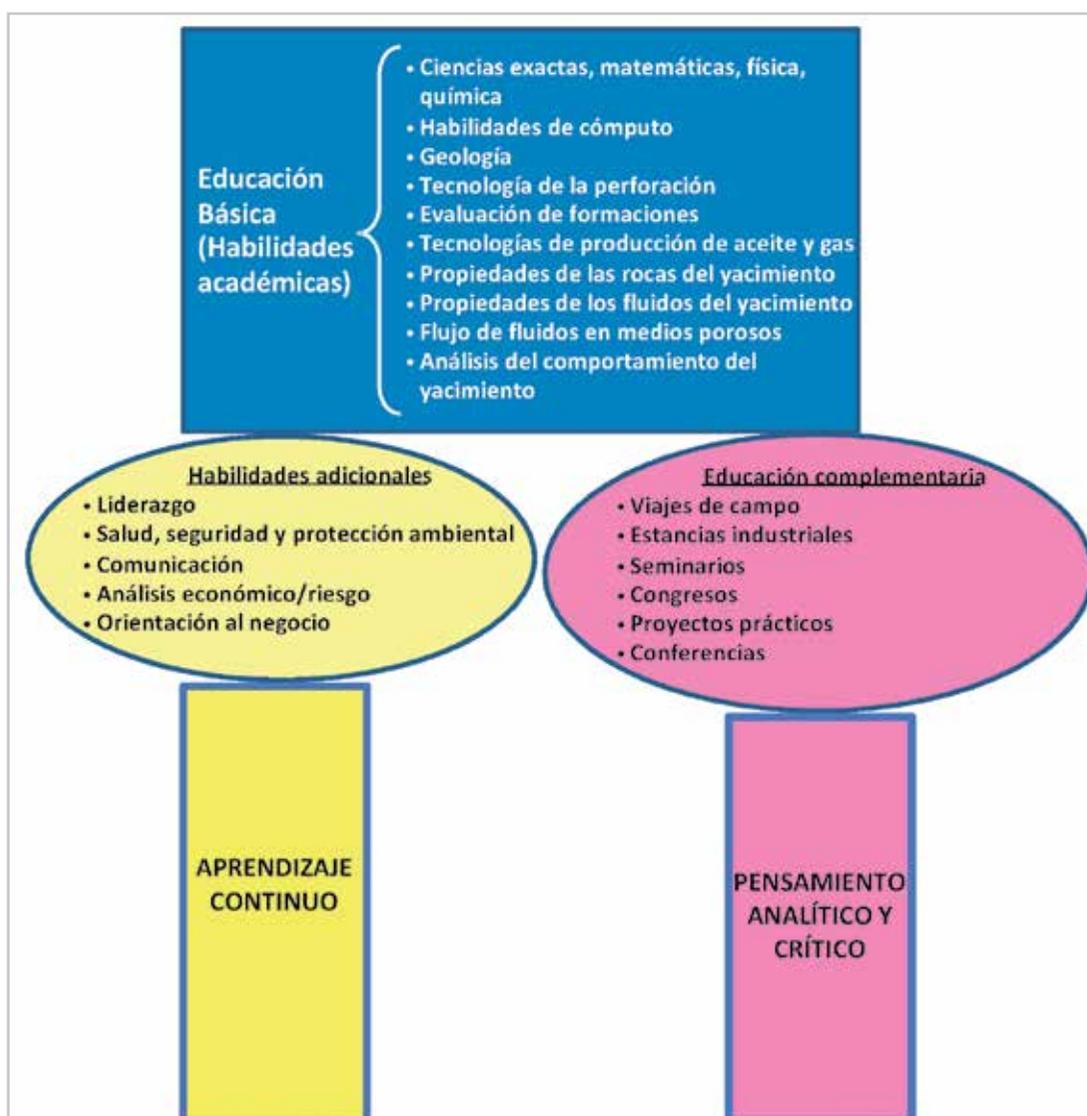
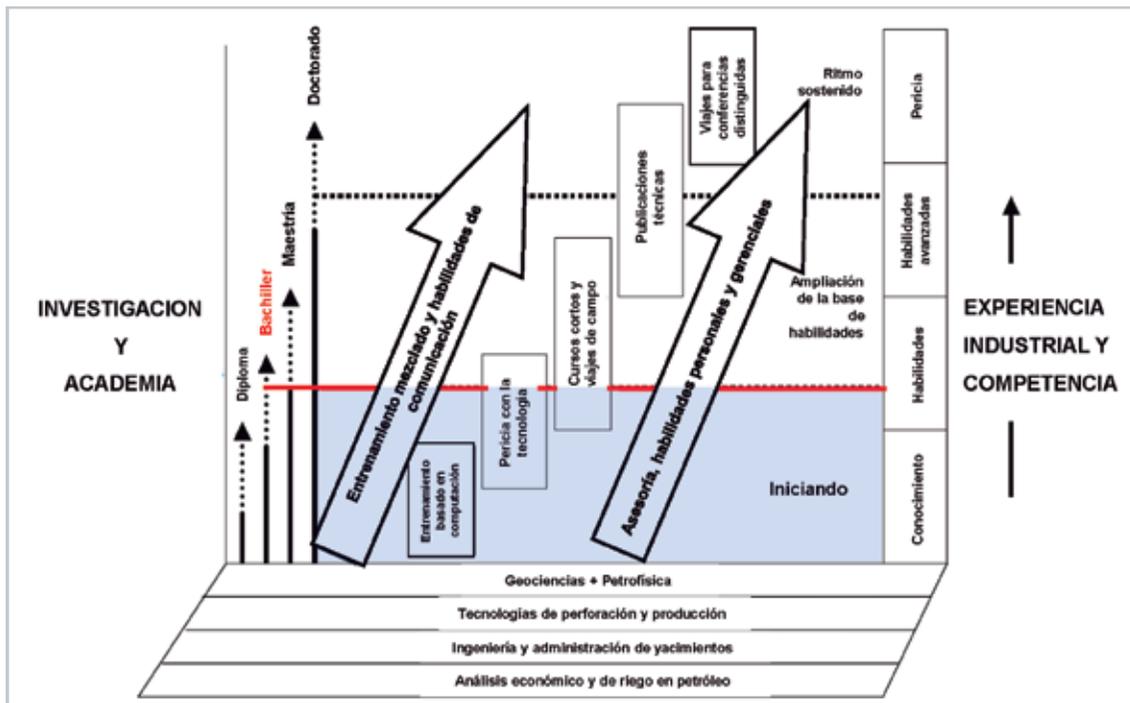


Figura 3. Habilidades para comprender y aplicar adecuadamente los adelantos tecnológicos, (adaptado de Ref. 2).

La mayoría de los retos en la industria requieren el trabajo multidisciplinario, por lo que los nuevos ingenieros deben saber los tipos de habilidades que cada profesión debe aportar, y entender el papel que cada uno desempeña como miembro del equipo. Las oportunidades para estudiantes para prepararse en trabajo en equipo pueden obtenerse a través de los diferentes cursos y estancias en la industria durante periodos vacacionales. A través de estas experiencias, los estudiantes son expuestos a la importancia de la comunicación oral, escrita, y a la administración de proyectos.

Los estudios de licenciatura son el principio de una experiencia de aprendizaje de por vida. Los ingenieros deben ser capaces de absorber y aplicar nuevas tecnologías en forma efectiva. Esto requiere de curiosidad intelectual y habilidad de pensar críticamente, **Figura 4**, los cuales pueden ser transmitidos a los estudiantes cuando las instituciones educativas están relacionadas a proyectos de investigación y desarrollo tecnológico con la industria.



**Figura 4.** Los estudios de licenciatura marcan solamente el punto de partida de otro proceso de aprendizaje de por vida, (adaptado de Ref. 4).

### Requerimientos de la industria con relación a los estudiantes egresados

El objetivo educativo debiera ser desarrollar al ingeniero con habilidades de pensamiento críticas para identificar oportunidades, solucionar problemas, y tomar decisiones en presencia de incertidumbre y considerando aspectos económicos. Es pertinente mencionar que el concepto de “incertidumbre” incluye tópicos tales como probabilidad, estadística, geoestadística, procesos estocásticos, análisis de riesgo y toma de decisiones. Estos aspectos deben

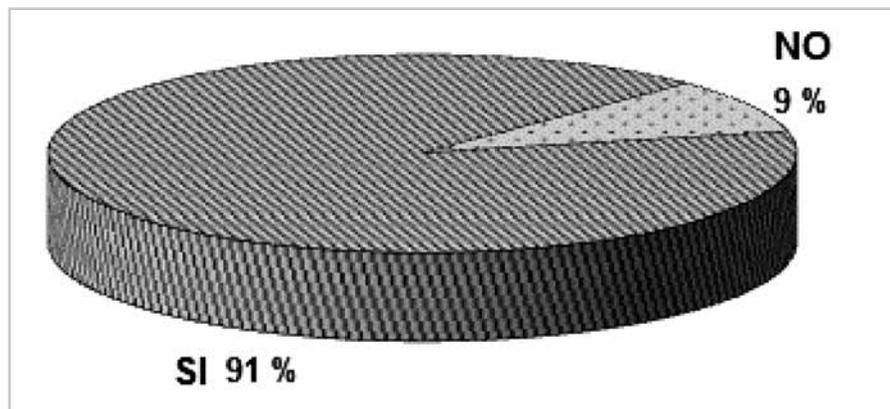
aparecer en el contenido del programa correspondiente. De esta forma, es recomendable que los planes de estudios introduzcan cursos relacionados con incertidumbre y toma de decisiones en forma temprana, con el fin de que los estudiantes desarrollen un entendimiento completo al respecto de estos temas.

El entendimiento de incertidumbre, desarrollado en una etapa temprana, debe ser usado a manera de eje común para el conjunto completo de cursos subsecuentes del plan de estudios de ingeniería petrolera.

Lo anterior obedece al hecho de que los graduados en Ingeniería Petrolera, teniendo la necesidad de abordar diversos retos en la industria con enormes incertidumbres inherentes (yacimientos altamente heterogéneos, campos en aguas profundas, recursos no convencionales), deben disponer de amplios conocimientos que les permitan definir las mejores alternativas para caracterizar y analizar decisiones en presencia de incertidumbre.

Un estudio reciente<sup>5</sup> señala que de 33 planes de estudio de la carrera de Ingeniería Petrolera revisados a nivel internacional, prácticamente todos, excepto uno, menciona o incluyen incertidumbre, **Figura 5**, y en todos los casos la asignatura se ofrecía como parte de los cursos de ciencias básicas.

También es necesario diseñar un curso a nivel graduado para preparar a los estudiantes respecto al tratamiento adecuado de los principales aspectos y retos económicos de la industria. En este curso además de cubrir lo básico sobre la ingeniería económica, se recomienda que el curso incluya material avanzado relacionado con la simulación de Monte Carlo, instrumentos de decisión económicos, el análisis de riesgo para proyectos de industria petrolera, el riesgo de la inversión y la simulación, y el análisis económico de operaciones. Además, sería recomendable que los estudiantes preparen un proyecto donde desafíos reales de la industria sean analizados bajo la perspectiva de los riesgos e incertidumbres involucrados. En el proyecto, los gastos asociados y resultados económicos también tienen que ser determinados y analizados.



**Figura 5.** Resultados de la encuesta a la pregunta “¿El Plan de Estudios de Licenciatura menciona/incluye *incertidumbre* en alguna forma?”, (según Ref. 5).

Los estudiantes deben seleccionar un proyecto a desarrollar. Los proyectos son presentados por los estudiantes en un seminario y evaluados por el instructor con preguntas y discusiones. Es muy importante que los mejores proyectos sean enviados para presentación en conferencias internacionales importantes.

Se recomienda que las instituciones académicas generen un boletín de noticias<sup>6</sup>, donde participen estudiantes y profesores, con el objetivo de incrementar el interés sobre asuntos técnicos relacionados con la profesión, incluyendo aspectos económicos. Los estudiantes pueden editar el boletín de noticias, que puede ser quincenal y proporcionar información y análisis sobre los acontecimientos de la industria, principales y desafíos, así como tecnologías relevantes que están teniendo o pueden tener aplicación en la industria. Un ejemplo de estas noticias pueden

ser aplicaciones de inteligencia artificial a la Ingeniería Petrolera. La elaboración de un boletín prepara a los estudiantes a examinar varias fuentes de noticias y comentarios relacionados con la industria. Estas fuentes pueden ser revistas, diarios, otros boletines de noticias, en línea, etc. Los boletines de noticias pueden ser distribuidos entre los estudiantes y profesionales seleccionados de la academia y la industria. La retroalimentación sobre los puntos principales importantes de cada publicación se puede reenviar a los estudiantes involucrados.

Es importante que los estudiantes usen la mayor parte del software disponible comercialmente usado por la industria. Esto requiere que los estudiantes por medio de la enseñanza y la experimentación o el análisis estén familiarizados con los conceptos que apoyan estas tecnologías. Se recomienda que al final de los cursos se use esta paquetería

después de que los conceptos básicos han sido reforzados. Indudablemente, la práctica es un elemento clave, sin la práctica en el aula, en los laboratorios o en estancias en la industria<sup>7</sup>, las enseñanzas teóricas se pierden.

Una forma de compensar la falta de profesores en ingeniería petrolera en las instituciones académicas es usar el método de teleconferencias, donde dos o más instituciones pueden compartir la cátedra de un profesor de una de ellas.

Es necesario enseñar a los estudiantes a apreciar los beneficios y el poder del método científico. Esto es especialmente verdadero para estudiantes buscando grados avanzados, pero debería ser también una parte integral de la enseñanza en licenciatura. El valor de ingeniería con su enfoque tanto en costos como en valor ganado, además de promover tormentas de ideas e inclusión de tecnologías de otras industrias, puede ser una manera de introducir el poder de ingeniería investigativa dentro del plan curricular de licenciatura.

Por lo anterior, es indispensable promover proyectos de desarrollo tecnológico con la industria, donde los profesores de tiempo completo puedan conseguir salarios complementarios atractivos sin necesidad de que las instituciones dispongan de plazas para ello.

Además es conveniente promover estancias de profesionales que destaquen técnicamente, tanto en instituciones académicas como de investigación, con el fin de fortalecer los lazos entre las entidades, así como un involucramiento mayor en la dirección de los trabajos de tesis. Asimismo, es necesario que tanto los profesores como investigadores académicos realicen estancias profesionales en la industria.

Por último, es necesario que exista una planeación similar a la que ya existe por ejemplo en China, donde desde 1987 se reportó la forma en que se planea el número de estudiantes que ingresaban a las escuelas de ingeniería petrolera, acorde con las necesidades de la industria. De esta forma, se manejan inscripciones anticipadas en los programas en cualquier tiempo, tanto para licenciatura como para maestría y doctorado. Además, se requiere el manejo del idioma inglés en los programas a nivel graduado. Asimismo, el rango de tópicos de investigación en los institutos concuerda con el alcance de los programas de instrucción que existen.

Los estudiantes que se inscriben en las instituciones de licenciatura son seleccionados por su habilidad

académica y el resultado es que el número de graduados es igual al número de inscritos. Los estudiantes que se inscriben en los institutos tienen promedios superiores al promedio de admisión.

El número de profesores en las instituciones se programa de tal forma que no exista una mayor cantidad de estudiantes por profesor.

## Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo a las ideas discutidas en el presente trabajo, se plantean las conclusiones y recomendaciones siguientes.

Los nuevos profesionales de la ingeniería petrolera deberán comprender cabalmente su esencia, incrementar su productividad con ayuda de los recursos computacionales accesibles cotidianamente, y disponer de habilidades para trabajo multidisciplinario, aprendizaje continuo de por vida y habilidades de pensamiento analítico y crítico. Para ello es indispensable que los profesores se involucren en proyectos de desarrollo tecnológico, de manera que transmitan a los estudiantes el interés por solucionar problemas reales, el conocimiento inherente y las habilidades de pensamiento analítico.

Se recomienda que las instituciones académicas utilicen medios, como por ejemplo un boletín de noticias elaborado por estudiantes y profesores, los cuales contribuyan a incrementar el interés de los estudiantes por problemas técnicos y de desarrollo tecnológico. De esta forma, el boletín contribuye a proporcionar información y análisis sobre acontecimientos destacados de la industria y nuevos desafíos, así como aspectos relevantes de tecnologías emergentes y su aplicación en la industria.

Es necesario establecer una relación mucho más estrecha entre la academia y la industria<sup>8</sup>, con el fin de obtener el perfil deseado de las nuevas generaciones de ingenieros petroleros.

Se concluye que es necesario que exista una planeación similar a la que ya se dispone en otros países respecto al número de estudiantes que ingresan a las escuelas de ingeniería petrolera, en consonancia con las necesidades de la industria.

Es importante que los estudiantes hagan uso de la mayor parte del software disponible comercialmente y utilizado de manera cotidiana en la industria. Esto requiere que los

estudiantes por medio de la enseñanza y experimentación o el análisis estén familiarizados con los conceptos que apoyan estas tecnologías. De esta forma, se recomienda que al final de los cursos se continúe usando esta paquetería, después que los conceptos básicos han sido reforzados. La práctica es un elemento clave. Sin la práctica en el aula o estancias en la industria, las enseñanzas teóricas no fructifican.

## Referencias

- Agbaraji, C., Khataniar, S., Chukwu, G.A., et al. 2002. Perspective on the Evolution of Petroleum Engineering Education in the New Millennium. Artículo SPE 76774, presentado en SPE Western Regional/AAPG Pacific Section Joint Meeting, Anchorage, Alaska, EUA, mayo 20-22. <http://dx.doi.org/10.2118/76774-MS>.
- Bratvold, R.B. y Begg, S.H. 2006. Education for the Real World: Equipping Petroleum Engineers to Manage Uncertainty. Artículo SPE 103339, presentado en SPE Annual Technical Conference and Exhibition, San Antonio, Texas, EUA, septiembre 24-27. <http://dx.doi.org/10.2118/103339-MS>.
- Cunha, J.C. 2007. Importance of Economic and Risk Analysis on Today's Petroleum Engineering Education. Artículo SPE 109638, presentado en SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Anaheim, California, EUA, noviembre 11-14. <http://dx.doi.org/10.2118/109638-MS>.
- Cunha, J.C. y Cunha, L.B. 2004. Petroleum Engineering Education: Challenges and Changes for the Next 20 Years. Artículo SPE 90556, presentado en SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, Texas, EUA, septiembre 26-29. <http://dx.doi.org/10.2118/90556-MS>.
- Lloyd, P.M. y Ronalds, B.F. 2003. Petroleum Engineering Education and Training Initiatives across Asia Pacific. Artículo SPE84351, presentado en SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Denver, Colorado, EUA, octubre 5-8. <http://dx.doi.org/10.2118/84351-MS>.
- PEMEX. 2014. Solicitud que Petróleos Mexicanos Somete a Consideración de la Secretaría de Energía para la Adjudicación de Áreas en Exploración y Campos en Producción, a Través de Asignaciones, en Términos del Transitorio Sexto, versión ejecutiva (21 de marzo 2014). [http://www.energia.gob.mx/webSener/rondacero/\\_doc/Solicitud\\_de\\_campos\\_y\\_areas\\_de\\_Pemex%206oTransitorio.pdf](http://www.energia.gob.mx/webSener/rondacero/_doc/Solicitud_de_campos_y_areas_de_Pemex%206oTransitorio.pdf) (descargado el 31 de marzo de 2014).
- Platt, F.M. y Fahes, M.M. 2007. The Design, Construction, Implementation, and Integration of a New Petroleum Engineering Campus in the Middle East. Artículo SPE 109778, presentado en SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Anaheim, California, noviembre 11-14. <http://dx.doi.org/10.2118/109778-MS>.
- Smith, L.C. y Evans, B.J. 2009. Attracting Top Students to Study Petroleum Engineering: Curtin University. Artículo SPE 119680, presentado en SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, Baréin, marzo 15-18. <http://dx.doi.org/10.2118/119680-MS>.

## Semblanza de los autores

### Mario Alberto Vásquez Cruz

Actualmente labora en Pemex Exploración y Producción, adscrito a la Gerencia de Estrategia y Evaluación de Cartera de la Subdirección de Planeación y Evaluación, en donde participa, entre otras actividades, en la administración del Portafolio de Proyectos de Explotación. En el periodo 2004-2013 en la Gerencia de Recursos y Reservas de la misma Subdirección colaboró en estudios de certificación de reservas, simulación de yacimientos para el mismo propósito y documentación del portafolio de proyectos de inversión.

En septiembre de 1984 ingresó como becario al Instituto Mexicano del Petróleo colaborando en estudios relacionados con evaluación de formaciones. A partir de 1986, contratado en la misma institución, participó durante 18 años en estudios de caracterización de yacimientos y en investigaciones relacionadas con el tema.

Por otra parte, desde 1992 desarrolla actividades docentes en el Departamento de Ingeniería Petrolera de la ESIA- Unidad Ticomán del IPN. Estas mismas actividades también las ha realizado de manera intermitente en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Ha recibido distinciones del Instituto Mexicano del Petróleo, de la Academia Nacional de Ingeniería, de la AIPM, de la Society of Petroleum Engineers (SPE) y de la Academia Mexicana de Ciencias.

Es miembro del Colegio de Ingenieros Petroleros de México en donde ha sido designado Perito en Ingeniería de Yacimientos; de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México, de la Sociedad Geológica Mexicana y de la SPE, agrupación en la que se ha desempeñado como responsable de la Secretaría y de los Programas Técnicos de la Sección México. Actualmente es Editor técnico de las publicaciones tituladas SPE Reservoir Evaluation and Engineering y Journal of Canadian of Petroleum Technology de la SPE.

Es Ingeniero Petrolero egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, y posee los grados de Maestro en Ingeniería por la DEPMI de la UNAM y de Maestro en Ciencias de la Ingeniería por la Universidad de Texas en Austin, EUA.

### **Rodolfo Camacho Velázquez**

En 1979 obtuvo el grado en la carrera de Ingeniería Geofísica en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En 1983 realizó Maestría en Ingeniería Petrolera en la Universidad de Tulsa, Oklahoma; y en 1987 obtuvo el grado de Doctor en Ingeniería Petrolera en la misma Universidad.

De 1979 a 1981 laboró en el Instituto Mexicano del Petróleo. De 1987 a 1988 trabajó como Investigador Asociado en el Departamento de Ingeniería Petrolera de la Universidad de Tulsa. En 1988 se desempeñó como Investigador en el Instituto Mexicano del Petróleo, hasta 1991. Fue Asesor de la Subdirección de Planeación y Coordinación en Petróleos Mexicanos a partir de 1991 hasta 1992. De 1992 y hasta 1999 estuvo comisionado en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería por Pemex Exploración y Producción, desarrollando actividades docentes y de investigación en el programa de Posgrado en Ingeniería Petrolera. De 2000 a 2002 estuvo a cargo en forma interina de la Gerencia de Productividad de Pozos de la Subdirección de Tecnología y Desarrollo Profesional. De 2002 a 2005 fue Gerente de Desarrollo Tecnológico de Exploración y Producción en las Direcciones Corporativas de Planeación Estratégica y Operaciones. De 2005 a 2008 fue Gerente de Información Técnica de Explotación. De 2008 a 2011 estuvo a cargo de la Gerencia de Tecnología de Explotación en la Subdirección Técnica de Explotación en PEP. Actualmente es Asesor de la Dirección de Pemex Exploración y Producción a partir de noviembre de 2011.

Ha realizado actividades docentes en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, en la UNAM y en la Escuela de Ciencias de la Tierra del Instituto Politécnico Nacional.

Ha presentado y publicado varios trabajos técnicos en diferentes foros y revistas, principalmente aquellos patrocinados por la Society of Petroleum Engineers (SPE). También ha publicado varios artículos en la revista Ingeniería Petrolera de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México (AIPM), y en la revista de Water Resources Research. Ha colaborado en el desarrollo del capítulo VII del libro: Computational Methods for Free and Moving Boundary Problems in Heat and Fluid Flow.

Es miembro de la Academia Nacional de Ingeniería, y de la Academia Mexicana de Ciencias. Fue Presidente de la SPE-Sección México en el periodo 2004-2006 y Vicepresidente del Programa Técnico de la SPE Sección México en el periodo 2002-2004. También ha participado, entre otros cargos, como Technical Editor en la SPE Editorial Review Committee en 1996, y hasta 1999 fue Review Chairman de la revista SPE Reservoir Evaluation and Engineering.

En 2008, recibió de la SPE la distinción Lester Uren Award. En el año 2000 la AIPM le otorgó el premio "Instituto Mexicano del Petróleo" por logros en investigación y desarrollo tecnológico en Ingeniería Petrolera, y en 1990 y 1993 la misma asociación le entregó el premio "Juan Hefferan", al mejor trabajo técnico.