

Experiencias del proceso enseñanza aprendizaje de métodos geofísicos de pozo en Ingeniería Geofísica, Cuba

Experiences of the teaching-learning process of geophysical well logging methods in Geophysical Engineering in Cuba

Rosa María Valcarce Ortega¹, Olga Castro Castiñeira², Jacqueline González Espinosa³

¹⁻³ Departamento de Geociencias, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", Cujae

Correo electrónico: rosy@tesla.cujae.edu.cu

²Centro de Investigaciones del Petróleo

Correo electrónico: olgac@ceinpet.cu

³Correo electrónico: jacque@civil.cujae.edu.cu

Recibido: 19 de junio de 2018

Aceptado: 14 de septiembre de 2018

Resumen

El objetivo de este artículo es mostrar los elevados niveles de aprendizaje y motivación por la investigación científica logrados en los estudiantes de la carrera Ingeniería Geofísica, como resultado del trabajo metodológico desarrollado en las asignaturas "Métodos Geofísicos de Pozo" y "Métodos Geofísicos de Pozo para la prospección y exploración de hidrocarburos, minerales y agua". El trabajo metodológico desarrollado por los profesores permitió diseñar estas asignaturas dedicando más del 50% de las horas totales al trabajo independiente de los estudiantes, a través de clases prácticas, seminarios y trabajos de control extra clases, vinculados a la solución de problemas reales de la actividad geológica en el país. La participación estudiantil en eventos científicos, los reconocimientos recibidos, el desarrollo de tesis de grado en estas temáticas y las opiniones favorables de los empleadores sobre el desempeño de los estudiantes, demuestran la efectividad del trabajo metodológico desarrollado.

Palabras clave: enseñanza de la ingeniería geofísica, trabajo metodológico, registros geofísicos de pozo

Abstract

The objective of this article is to show the high levels of learning and motivation for scientific research achieved in the students of the Geophysical Engineering career, as a result of the methodological work developed in the subjects "Well Geophysical Methods" and "Well Geophysical Methods for the prospection and exploration of hydrocarbons, minerals and water ". The methodological work developed allowed to design these subjects dedicating more than 50% of the total hours to the independent work of the students, through practical classes, seminars and extra class control tasks, linked to the solution of real problems of the activity geological in the country. The student participation in scientific events, the acknowledgments received, the exercises of culmination of studies developed in these topics, the favorable opinions of the employers on the performance of the students, demonstrate the effectiveness of the methodological work developed.

Key words: teaching of geophysical engineering, methodological work, geophysical well logging methods

Licencia Creative Commons



Introducción

La Geofísica es una ciencia que se sustenta en las leyes de la Geología, la Física y las aplicaciones de las Matemáticas para la resolución de disímiles tareas geológicas. Tiene un desarrollo vertiginoso a partir de la segunda mitad del siglo XX y su objetivo esencial es localizar y explorar yacimientos de minerales sólidos y de hidrocarburos, así como determinar la presencia de acuíferos, las condiciones geotécnicas favorables para erigir construcciones, prevenir desastres naturales y otras tareas de gran impacto en la vida económica y social de cualquier país [1].

La carrera de Ingeniería Geofísica era prácticamente desconocida en Cuba antes de 1959, por ser una profesión asociada preferentemente a países de mayor desarrollo. Surge después del triunfo de la Revolución Cubana, condicionada por la necesidad de estudiar las características geólogo - geofísicas del territorio nacional para explorar y explotar los recursos naturales, como una premisa imprescindible para el desarrollo económico del país.

El año 1964 marca históricamente el inicio de la Escuela de Ingeniería Geofísica de la Facultad de Tecnología de la Universidad de La Habana en la CUJAE. A partir de entonces, la carrera fue desarrollándose y consolidándose gradualmente, gracias a la colaboración de múltiples y valiosos profesionales cubanos y extranjeros, fundamentalmente de países del entonces campo socialista.

En el año 1969 se produce la primera graduación de ingenieros geofísicos en Cuba [2], [3], y en 1989, a partir de una nueva concepción sobre la formación de profesionales de perfil amplio y tomando en consideración la cantidad de geofísicos existentes por ese entonces en el país, se tomó la decisión de finalizar la admisión de estudiantes a esta especialidad. En el curso 2010 – 2011, para dar respuesta a las necesidades acumuladas de profesionales de esta rama del saber, se decide abrir nuevamente la matrícula de esta carrera que desde entonces se desarrolla en el Departamento de Geociencias de la Facultad de Ingeniería Civil de la Cujae. Da comienzo con el Plan de Estudio D y a partir del curso 2017 – 2018 comienza a implementarse el Plan de Estudio E.

El Plan de Estudio D representó un salto cualitativo e impuso grandes retos al diseño de las nuevas disciplinas y asignaturas al plantear importantes transformaciones, entre las que se destacan: centrar la atención principal en el autoaprendizaje de los estudiantes, mayor nivel de esencialidad de las

asignaturas y disciplinas, consolidación de la formación investigativo-laboral de los estudiantes, perfeccionamiento de las estrategias curriculares, sistema de evaluación con un carácter más cualitativo e integrador, fortalecimiento de la formación social y humanista, entre otras [4].

El objetivo de este artículo es mostrar los elevados niveles de aprendizaje y motivación por la investigación científica logrados en los estudiantes de la carrera Ingeniería Geofísica, como resultado del trabajo metodológico desarrollado en las asignaturas “Métodos Geofísicos de Pozo” y “Métodos Geofísicos de Pozo para la prospección y exploración de hidrocarburos, minerales y agua”.

Fundamentación de las asignaturas en la formación del Ingeniero Geofísico

Horrutiner define que “la asignatura constituye un nivel de sistematicidad de la carrera cuyo diseño está en función de los subsistemas de orden mayor: el año y la disciplina; así como del papel que desempeñan en respuesta a cada una de las estrategias curriculares” [5]. A partir de esta definición, las asignaturas que contienen los temas de métodos geofísicos en pozo, que comenzaron a impartirse en el Curso 2013 – 2014, fueron diseñadas atendiendo a los objetivos del año en que se ubican y a los principios básicos del Plan de Estudio D, específicamente para responder a: modelo del profesional, modos de actuación, objetivos de la disciplina a la que pertenecen, reforzamiento de la esencialidad en los contenidos con una adecuada secuencia lógica y pedagógica, incremento del trabajo independiente de los estudiantes, fortalecimiento de la formación investigativo laboral y cumplimiento de las estrategias curriculares referidas al uso de la lengua materna, dominio del idioma inglés y al uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones. También se diseñan para favorecer la formación de los valores: creatividad, laboriosidad y responsabilidad.

Para cumplir con las bases establecidas en el Plan de Estudios D y lograr los objetivos y habilidades declaradas para estas asignaturas, se desarrolló un intenso trabajo científico metodológico y docente metodológico. Los principales métodos científicos empleados fueron: histórico – lógico, enfoque de sistema y analítico – sintético. También se aplicaron encuestas y consulta a especialistas.

Los tipos fundamentales de trabajo científico metodológico empleados fueron el trabajo científico metodológico del profesor y el taller científico metodológico.

También fueron esenciales la reunión docente metodológica y el taller docente metodológico, a nivel del colectivo de asignatura, disciplina y carrera.

Se revisó la experiencia internacional, encontrándose que las universidades en las que se forman ingenieros geofísicos, los planes de estudio brindan particular importancia a la enseñanza para la adquisición, procesamiento e interpretación de los registros geofísicos en pozo, partiendo del principio físico de cada uno de estos métodos. Tal es el caso de universidades de México como la Universidad Nacional Autónoma de México [6] y el Instituto Politécnico Nacional [7], y en Argentina la Universidad de San Juan [8] y la Universidad de La Plata [9]. Se destaca en esos planes de estudio que estas asignaturas tienen un elevado número de horas con alta componente de trabajo práctico e independiente de los estudiantes.

Fueron estudiados los criterios que evalúa la Junta Nacional de Acreditación (JAN) del Ministerio de Educación Superior de Cuba [10], la agencia nacional de acreditación de programas universitarios de ciencias naturales, computación e ingeniería en los Estados Unidos (ABET, Accreditation Board for Engineering and Technology) [11] y la agencia de acreditación de programas de ingeniería en Japón (JABEE, Japan Accreditation Board for Engineering Education) [12]. Todos estos organismos evalúan, entre otros aspectos, cómo se logra formar la responsabilidad social del ingeniero, el conocimiento de las matemáticas, de las ciencias naturales, de las tecnologías de la información y la capacidad de aplicar esos conocimientos en la solución de problemas concretos, las habilidades de comunicación oral y escrita, de trabajar en equipos multidisciplinarios y aprender de forma independiente durante toda la vida.

Se consideraron también las habilidades que hoy exige el mercado laboral a los ingenieros: iniciativa (aceptar responsabilidades más allá de su trabajo normal, promover nuevas ideas y ofrecerse voluntariamente para nuevas actividades), networking (lograr acceso directo e inmediato a colegas con experiencia técnica, y compartir su conocimiento con los demás), autogestión (poder controlar adecuadamente sus compromisos, uso del tiempo y desempeño), trabajo en equipo (asumir responsabilidades conjuntas, coordinar esfuerzos, lograr metas con otros), liderazgo (formular y construir consensos en torno a objetivos comunes), followership (ayudar al líder a lograr los objetivos de la organización, y hacer las tareas sin pedir demasiadas instrucciones), perspectiva (ver su trabajo

en un contexto mayor, y entender los puntos de vista de clientes, usuarios, colegas, etc), show and tell (presentar sus ideas persuasivamente, en forma escrita u oral), sabiduría organizacional (saber “navegar” en los intereses contradictorios de la organización, para promover la cooperación y lograr los objetivos [13].

La labor desarrollada permitió identificar la autopreparación de los estudiantes y el sistema de evaluación de estas asignaturas como los dos aspectos esenciales a transformar.

Por todo lo anterior, en el diseño de estas asignaturas se introducen actividades prácticas, seminarios y un sistema de tareas integradoras dirigidas a la solución de problemas concretos vinculados a la prospección de petróleo y a las investigaciones hidrogeológicas en Cuba, que los estudiantes abordan de forma individual y en equipos.

Es inevitable destacar que para alcanzar los resultados que aquí se presentan, ha sido decisiva la alianza Universidad – Empresa.

Concepción y diseño de las asignaturas

Las asignaturas “Métodos Geofísicos de Pozos” y “Métodos Geofísicos de Pozo para la prospección y exploración de hidrocarburos, minerales y agua” se imparten en el cuarto año académico, según la malla curricular aprobada por el colectivo de carrera para implementar el Plan de Estudio D. La primera forma parte del currículo base y la segunda del currículo propio, con un total de 70 y 84 horas respectivamente.

Para satisfacer el modelo del profesional y los modos de actuación, así como los objetivos de ese año académico, estas asignaturas deben garantizar el cumplimiento de los objetivos siguientes:

1. Desarrollar hábitos de investigación científica, trabajo en equipo, búsqueda bibliográfica actualizada en el campo de las investigaciones geofísicas de pozo y al mismo tiempo, sentimientos de amor por la naturaleza vinculados con la explotación racional de los recursos minerales y sentimientos patrióticos vinculados con la defensa de los recursos minerales del país.
2. Argumentar el principio físico y las técnicas de medición de los registros de propiedades radiactivas, acústicas, eléctricas, electromagnéticas, magnético nucleares y dieléctricas de las rocas, y de los registros para el control del estado técnico del pozo.

3. Identificar y describir las técnicas geofísicas para evaluar las características geológicas de las rocas atravesadas por el pozo, sus propiedades colectoras y físico – mecánicas, detectar y evaluar las menas de minerales sólidos, así como evaluar el estado técnico de los pozos.

Las habilidades básicas a lograr son:

1. Seleccionar el complejo óptimo de registros geofísicos de pozo para dar solución a diferentes tareas geológicas.
2. Evaluar, cualitativa y cuantitativamente, el estado técnico de los pozos, la composición litológica del corte geológico, las propiedades colectoras de las rocas en yacimientos de petróleo y gas, los parámetros hidrodinámicos de los acuíferos, la composición de las menas minerales, a partir de la aplicación combinada de registros geofísicos de pozo.
3. Argumentar sus puntos de vista en asuntos profesionales vinculados a la aplicación, procesamiento e interpretación de los registros geofísicos de pozo para la solución de problemas generales y frecuentes de la profesión.

Para potenciar el trabajo independiente de los estudiantes, las asignaturas fueron diseñadas con la distribución de horas que se presenta en la figura 1. Se destaca que el 48% del total de horas se dedica a las conferencias y el 52% al desarrollo de clases prácticas y seminarios. En la asignatura “Métodos Geofísicos de Pozo para la prospección y exploración de hidrocarburos, minerales y agua” aún es mayor el número de horas que se dedica al trabajo independiente de los estudiantes, alcanzando el 57%, como puede verse en la figura 2.

Según Castañeda, no debe confundirse la crítica a la “enseñanza tradicional” con desconocer o minimizar la importancia de la conferencia como forma de enseñanza, y reflexiona que la conferencia es posiblemente la tipología de clase más importante entre las formas de organización del proceso enseñanza – aprendizaje en la educación superior. Acertadamente destaca que la conferencia no solo estructura el contenido y sirve de guía para el aprendizaje del alumno, sino que está impregnada de los sentimientos y emociones del maestro lo que resulta imprescindible para establecer la comunicación, los afectos y la función educativa de la enseñanza [14].



Figura 1: Distribución de las horas (en %) de las asignaturas “Métodos Geofísicos de Pozo” y “Métodos Geofísicos de Pozo para la prospección y exploración de hidrocarburos, minerales y agua”.



Figura 2: Distribución de las horas (en %) de la asignatura “Métodos Geofísicos de Pozo para la prospección y exploración de hidrocarburos, minerales y agua”.

Los autores de este artículo coinciden con este criterio y es por ello que en el desarrollo de las conferencias de estas asignaturas se trabaja por lograr la educación desde la instrucción y la motivación de los estudiantes por la investigación científica.

Las clases prácticas están diseñadas para que los estudiantes desarrollen habilidades en la interpretación cualitativa y cuantitativa de los registros geofísicos de pozo, sintetizando e integrando nuevos conocimientos en cada una de estas actividades. Para ello se exige la auto-preparación, el trabajo individual y en equipos, y se realiza la atención personalizada a las necesidades de los estudiantes

por parte de los profesores. Se ha tenido en cuenta que el nivel de dificultad de los problemas que resuelven en las clases prácticas garantice la preparación de los estudiantes para desarrollar dos trabajos de control extra-clases de mayor nivel de complejidad.

Los seminarios se han diseñado para el análisis de artículos científico – técnicos que abordan la aplicación de los registros geofísicos de pozo en la solución de disímiles tareas geológicas en Cuba y a nivel internacional, ampliando el conocimiento de estas materias. De esta manera ha sido posible enfatizar en el desarrollo de habilidades investigativas, de trabajo en equipo, de comunicación oral y escrita, contribuyendo al cumplimiento de las estrategias curriculares referidas al uso de la lengua materna, dominio del idioma inglés y al uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC).

El otro aspecto esencial en el diseño de estas asignaturas fue la transformación del sistema de evaluación, que priorizó el desempeño de los estudiantes en clases prácticas y seminarios y el desarrollo de dos trabajos de control extra-clases (TCE) en la asignatura “Métodos Geofísicos de Pozo para la prospección y exploración de hidrocarburos, minerales y agua”, eliminándose su examen final. Estos TCE exigen a los estudiantes elevados niveles de auto-preparación, laboriosidad y creatividad, con amplio uso de las TIC.

En el primer TCE los estudiantes deben realizar la interpretación combinada de los registros geofísicos medidos en un pozo de un yacimiento gaso - petrolífero cubano, aplicando diferentes modelos de interpretación. Los estudiantes se agrupan en equipos de trabajo compuestos por cuatro alumnos como máximo, y cada equipo recibe un pozo diferente que contiene registros de cavernometría, gamma natural integral y espectral, potencial espontáneo, litodensidad, resistividad eléctrica con diferentes radios de investigación, registros neutrónicos y acústicos, entre otros. Además, cuentan con resultados de ensayos de laboratorio realizados a núcleos extraídos de estos pozos e información sobre las características geológicas generales del yacimiento. Los estudiantes deben: identificar posibles sellos y reservorios presentes en el corte geológico, caracterizar la litología a lo largo del pozo y evaluar su arcillosidad, porosidad total y efectiva, permeabilidad, resistividad del agua de formación, saturación de agua

y de petróleo, así como el espesor neto del colector y los mejores intervalos productores de hidrocarburos en el pozo. También deben realizar la correlación geológica analizando e integrando la información obtenida por los diferentes equipos de trabajo.

El segundo TCE se dirige a la interpretación combinada de registros geofísicos de pozo en la solución de tareas hidrogeológicas en un acuífero cubano. Los estudiantes deben identificar las litologías presentes y evaluar la arcillosidad y porosidad efectiva a lo largo del corte geológico, así como la calidad del agua subterránea y los parámetros hidrodinámicos (velocidad de filtración del flujo de agua subterránea, coeficiente de filtración y transmisividad del acuífero), y si existe intrusión salina deben evaluar el espesor de agua dulce y la profundidad y espesor de la interfaz agua dulce-agua salada.

Sin dudas son tareas complejas que desafían la capacidad de auto-aprendizaje, desarrollan la creatividad, laboriosidad y capacidad de trabajar en equipo, y que preparan a los estudiantes para la solución de los problemas más generales y frecuentes en el ejercicio de la profesión. Los informes de estos TCE deben ser entregados al profesor según formato establecido y posteriormente, ante un tribunal, los estudiantes deben argumentar y defender los resultados obtenidos.

Las opiniones de los estudiantes, recogidas en encuestas e intercambios formales e informales, consideran como aspectos positivos que son tareas muy integradoras que permiten aplicar los conocimientos en la solución de problemas concretos empleando datos reales. Como aspecto negativo refieren que son tareas complejas y que se hace difícil concluir en tiempo, por lo que demanda mucho trabajo individual y colectivo. Lo que han señalado los estudiantes como algo negativo, desde el punto de vista de los profesores resulta muy positivo, al exigir en los alumnos el desarrollo del valor responsabilidad y laboriosidad, unido a su crecimiento profesional.

Resultados que demuestran el impacto de estas transformaciones

Podría decirse que el principal impacto del trabajo metodológico son los buenos resultados de promoción de estas asignaturas, que alcanzan entre 90 y 100% cada curso. Pero, teniendo en cuenta que las asignaturas se imparten en 4to año, donde los estudiantes ya han alcanzado un elevado nivel de conocimientos y habilidades, unido al hecho de que la matrícula de la carrera es pequeña y facilita la atención personalizada a las necesidades educativas de los estudiantes, es de

esperar estos muy elevados resultados de promoción. Sin embargo, cuando se analiza la participación estudiantil en eventos científicos, los premios recibidos y las tesis de grado desarrolladas en la aplicación de los registros geofísicos de pozo aplicados al estudio de yacimientos cubanos de petróleo y gas, entonces se evidencia que el trabajo metodológico desarrollado en estas asignaturas ha permitido lograr altos niveles de motivación por la investigación científica y ha contribuido a cumplir eficazmente con los modos de actuación del profesional declarados en el plan de estudio. Las figuras 3 y 4 demuestran estas afirmaciones.

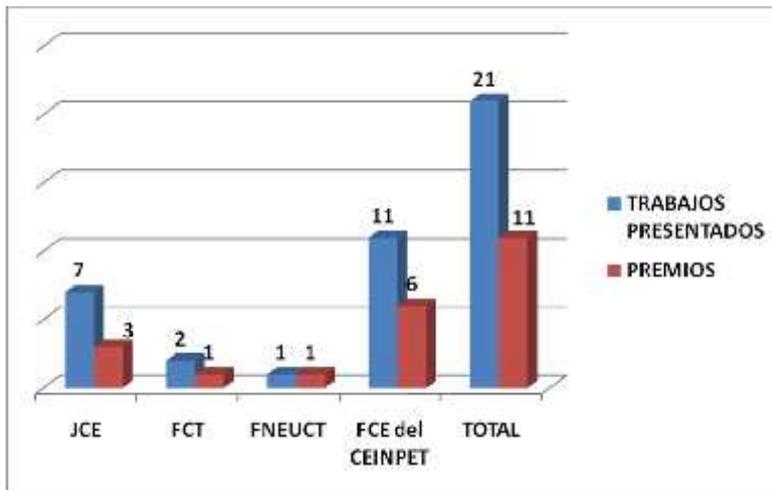


Figura 3: Participación en eventos científicos estudiantiles desde el curso 2014 – 2015 hasta el curso 2017 – 2018. (JCE: Jornada Científica Estudiantil de la Facultad de Ingeniería Civil. FCT: Fórum de Ciencias Técnicas, FNEUCT: Fórum Nacional de Estudiantes Universitarios de Ciencias Técnicas. FCE del CEINPET: Fórum Científico Estudiantil del Centro de Investigaciones del Petróleo)

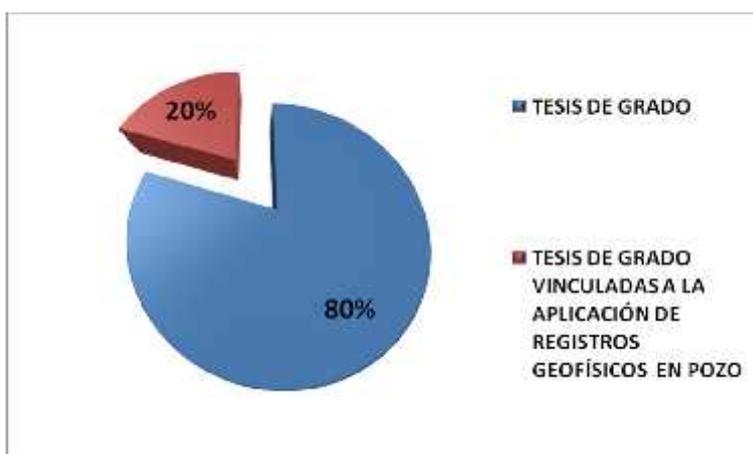


Figura 4: Tesis de grado desarrolladas en la aplicación de los registros geofísicos de pozo aplicados al estudio de yacimientos cubanos de petróleo y gas.

En los últimos 4 cursos se han defendido 66 tesis de grado, y el 20% de ellas se han orientado a investigaciones en yacimientos gaso – petrolíferos cubanos empleando registros geofísicos de pozo. Todas han obtenido la máxima calificación y han dado solución a problemas científico - técnicos concretos de la producción. También resulta relevante la alta satisfacción de los empleadores al referirse al desempeño de los egresados en la aplicación de estos métodos, criterios que se manifiestan en reuniones de la Comisión Nacional de Carrera y en los avales recibidos cuando los estudiantes concluyen el ejercicio de culminación de estudios. Transformaciones de estas asignaturas para la implementación del Plan de Estudios E

El Plan de Estudios E ha comenzado a implementarse en la carrera Ingeniería Geofísica a partir del curso 2017 – 2018, el que, como rasgo distintivo, reduce el tiempo de duración de las carreras universitarias a 4 años para formar egresados con una profunda formación en los aspectos básicos y básicos específicos de la profesión, capaces de dar solución a los problemas más generales y frecuentes que se presentan en el eslabón de base. Ello obliga a profundizar en las transformaciones que ya planteaba el Plan D y adecuar sistemáticamente los programas de formación de posgrado teniendo en cuenta las necesidades socioeconómicas locales, territoriales y nacionales [15].

Según la malla curricular de la carrera aprobada para la implementación del Plan E, la asignatura “Métodos Geofísicos de Pozos” se mantiene en el currículo base con un total de 70 horas, se impartirá en el 3er año y comenzará en el curso 2019 – 2020. Los contenidos de la asignatura “Métodos Geofísicos de Pozo para la prospección y exploración de hidrocarburos, minerales y agua” se impartirán en dos asignaturas optativas de 32 horas, una dirigida a la prospección y exploración de hidrocarburos, y otra dirigida a la prospección de minerales sólidos y a las investigaciones ingeniero geológicas e hidrogeológicas. Estas asignaturas optativas responden a perfiles de salida del ingeniero geofísico y los estudiantes podrán escoger una de ellas según sus preferencias. Se mantendrá el trabajo de control extra-clase ya referido y se potenciará el auto-aprendizaje de los estudiantes. En la actualidad se continúa precisando los contenidos que deben ser impartidos en actividades de posgrado.

Conclusiones

Los resultados expuestos demuestran que el trabajo metodológico realizado a las asignaturas “Métodos Geofísicos de Pozos” y “Métodos Geofísicos de Pozo para la prospección y exploración de hidrocarburos, minerales y agua”, ha sido garantía para un desarrollo exitoso del proceso enseñanza aprendizaje. Se ha logrado alcanzar altos niveles de motivación de los estudiantes y contribuir al cumplimiento de las estrategias curriculares y del modelo del profesional declarado en el plan de estudio.

Se ratifica que potenciar el trabajo independiente de los estudiantes y fortalecer las alianzas Universidad – Empresa, es una vía certera para asegurar una sólida formación de los egresados.

Referencias bibliográficas

1. Kearey P, Brooks M, Hill I. An Introduction to Geophysical Exploration, Reino Unido: Blackwell Science; 2002.
2. Rodríguez J, Miró G, Pérez J. Superación de ingenieros geofísicos en Cuba: breve historia, estado actual y perspectivas futuras. V Congreso de Geología y Minería. I Convención Cubana de Ciencias de La Tierra; 2013 , abril; La Habana.
3. Miró G, Prol J, Reyes O, Rifá MC. Diseño de la asignatura “Métodos geofísicos aplicados a la prospección de yacimientos de hidrocarburos” para la carrera de Ingeniería Geofísica en Cuba. Revista Referencia Pedagógica. 2016; 4(2): p180-192.
4. Ministerio de Educación Superior. Documento base para la elaboración de los Planes de Estudio D. La Habana: MES; 2003.
5. Horroutines P. La universidad cubana: el modelo de formación. La Habana: Editorial Félix Varela; 2006.
6. Universidad Nacional Autónoma de México. Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería Geofísica [Internet] 2010 [citado septiembre de 2018]. Ciudad México: UNAM. Disponible en: http://www.ingenieria.unam.mx/paginas/Carreras/planes2010/ingGeofisica_Plan.htm.
7. Instituto Politécnico Nacional. Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería Geofísica [Internet] 2015 [citado abril de 2018]. Ciudad México: IPN. Disponible en: http://www.esiatic.ipn.mx/WPS/WCM/CONNECT/ESIA_TICOMAN/ESIA_TICOMAN/INICIO/OFERTA_EDUCATIVA/INDEX.HTM
8. Universidad Nacional de San Juan Plan de Estudios de la Escuela Profesional de Ingeniería Geofísica [Internet] 2007 [citado mayo de 2018]. Buenos Aires:

Departamento de Geofísica. Disponible en: <http://ingenieriageofisica.com/sobre-la-carrera/plan-de-estudios/>.

9. Universidad Nacional de La Plata. Plan de Estudios de la carrera de Geofísica. [Internet] 2006 [citado septiembre de 2018]. La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Disponible en: <http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/area-docente/secretaria-academica/carreras-de-grado/planes-de-estudio/geofisica/plan-año-2006/>
10. Junta de Acreditación Nacional. Sistema de Evaluación y Acreditación de Carreras Universitarias (SEA-CU). La Habana: Editorial Félix Varela; 2015.
11. ABET. EngineeringCriteria [Internet] 2000 [citado mayo de 2018]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0ahUKEwjPhZDhl4bcAhUNvVkKHSrdAa0QFghAMAM&url=http%3A%2F%2Fpersonal.cege.umn.edu%2F~smith%2Fdocs%2FNo%2520ABET%2520doesn%2527t%2520define%2520engineering.ppt&usg=AOvVaw1g_IBIkjryr9zeXLS8IEc2
12. JABBE. Japan Accreditation Board for Engineering Education [Internet] 2008 [citado abril de 2018]. Disponible en: http://www.jabee.org/english/OpenHomePage/Criteria_Bachelor_2008_1020.pdf
13. Waissbluth M. Innovación en la formación de ingenieros para la competitividad y la globalización. XXI Congreso de Educación en Ingeniería 2007 Nov 26-30; Chile: Universidad de Chile.
14. Castañeda A. Pedagogía, tecnologías digitales y gestión de la información y el conocimiento en la enseñanza de la ingeniería. La Habana: Editorial universitaria, Félix Varela, 2013.
15. Ministerio de Educación Superior. Documento base para el diseño de los Planes de Estudio E. La Habana: MES; 2015.

Autores:

Rosa María Valcarce Ortega Profesora Titular, Doctora en Ciencias Técnicas,
Departamento de Geociencias, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad
Tecnológica de la Habana "José Antonio Echeverría", Cujae

Olga Castro Castiñeira Profesora Titular Doctora en Ciencias Técnicas

Centro de Investigaciones del Petróleo, Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

Jacqueline González Espinosa Profesora Asistente Máster en Geofísica Aplicada

Departamento de Geociencias, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de la
Habana "José Antonio Echeverría", Cujae

