

Experiencias de la enseñanza en tiempos de COVID-19 y nuevos retos en aprendizaje de Ingeniería Geofísica en México, a 50 años de su creación

Experiences of teaching in times of COVID-19 and new challenges in learning Geophysical Engineering in Mexico, 50 years after its creation

Francisco Alejandro Arroyo Carrasco¹

Sergio Chávez Pérez²

Andrés Tejero Andrade³

Recibido el 9 de diciembre de 2020; aceptado el 18 de enero de 2021

Resumen

Se hace un análisis del avance que ha tenido la carrera de Ingeniería geofísica en los últimos 50 años, específicamente en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. Se plantea la visión, un poco de historia, forma de enseñanza y proceso de aprendizaje que da identidad al ingeniero geofísico, formas de aprendizaje y competencias que deben tener y adquirir los aspirantes para obtener el título profesional; también, se detalla lo experimentado en la asignatura Introducción a la Geofísica, ante la COVID-19, en el primer confinamiento. Finalmente, se proponen algunos retos y áreas de oportunidad que enfrentarán los ingenieros geofísicos en el futuro cercano.

Palabras clave: *experiencias, formas en la enseñanza, Ingeniería Geofísica, aprendizaje, competencias.*

¹ Consultor independiente en Exploración y Evaluación Hidrogeofísica (ExEvHi) y profesor de asignatura en la carrera de Ingeniería Geofísica, División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UNAM. Correo electrónico: fa.arroyoc@gmail.com

² Investigador geofísico, Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y profesor de asignatura en la carrera de Ingeniería Geofísica, División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UNAM. Correo electrónico: sergio.chavezp@gmail.com

³ Profesor de carrera, División de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería de la UNAM. Correo electrónico: atatejero16@gmail.com

Abstract

This work analyzes the progress that the degree of geophysical engineer has made in the last fifty years, specifically in the School of Engineering of the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Mexico. This raises the vision, a little history, the teaching, and learning process that gives identity to the geophysical engineer, the forms of learning and the competences that applicants must have and acquire to obtain the professional title; In addition, the experience in the Introduction to Geophysics course, at the beginning of the COVID-19 pandemic, is detailed; finally, some challenges and areas of opportunity are proposed that geophysical engineers will face in the near future.

Key words: experiences, ways of teaching, Geophysical Engineering, learning, skills.

Introducción

A 50 años de su creación en México, la carrera de Ingeniería Geofísica se ha consolidado como una disciplina importante para el desarrollo social y económico del país, al aportar conocimiento orientado a la búsqueda de insumos básicos e indispensables para vivir: agua, energía, minerales, así como predicción de eventos naturales, entre otros. La situación que se presentó en el año 2020 parece haber puesto en riesgo la supervivencia del hombre y de la carrera. Ante esto, se presentan nuevos desafíos que superar y vencer. La incertidumbre, término con el cual el ingeniero geofísico convive en el día a día de su quehacer profesional, viene a retarlo de nueva cuenta y a motivarlo para vencer, esta y otras contingencias que se presenten.

Ante el escenario que se presenta en estos momentos por la COVID-19, así como en los últimos 50 años, la Tierra y México, por supuesto, han sufrido otros eventos —crisis económicas, políticas, geológicas y climatológicas— que han puesto en duda a muchos ingenieros geofísicos por las posibilidades de trabajo futuro.¹ Otro problema, de igual o mayor magnitud, es la seguridad de estos profesionales al trabajar en ocasiones en zonas donde el crimen organizado domina el territorio y hay que hacer mediciones. Tanto la pandemia como el trabajo en zonas de riesgo, deja claro que aún falta mucho por aprender, por hacer, y sobre todo, hay dudas sobre cómo enseñar la disciplina ante un nuevo entorno de vida.

Sin un conocimiento de los antecedentes de la carrera, no es posible entender por qué hoy en día se consolida como una disciplina de apoyo para enfrentar y resolver problemas relacionados con el interior de la Tierra. A pesar de todo, la profesión se ha fortalecido y se han incrementado las perspectivas de nuevas

¹ Se recomienda buscar y leer sobre la historia de México, en lo relativo a desastres, en el último siglo para formarse un criterio sustentado.

oportunidades de trabajo. A la fecha, existen al menos siete universidades en México que imparten la carrera de Ingeniería Geofísica y otras seis imparten la carrera de Geociencias (Tabla 1).

Tabla 1. Universidades/Tecnológicos que ofrecen la carrera de Ingeniería Geofísica en México

<i>Institución</i>	<i>Ingeniero Geofísico</i>	<i>Ciencias de la Tierra</i>
Universidad Nacional Autónoma de México	X	XXXX
Instituto Politécnico Nacional	X	
Universidad Autónoma de Nuevo León	X	
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	X	
Universidad del Carmen	X	
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	X	
Universidad Politécnica del Centro en Tabasco	X	
Universidad Olmeca de Tabasco	X	
Universidad de Guadalajara (Centro Universitario del Sur)	X	
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero		X
Universidad de Ciencias y Artes en Chiapas		X
Universidad Estatal de Sonora		X
Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro		X
Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza Puebla		X

Nota: La X indica el número de facultades, escuelas y centros de investigación a nivel licenciatura sobre la enseñanza de la disciplina.

La carrera de ingeniero geofísico nace en el año de 1970 en la Facultad de Ingeniería de la UNAM y en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional (IPN), para resolver una necesidad de la industria petrolera y la identificación de estructuras geológicas a profundidad.

Actualmente, se aplica en las áreas de energía, minería, agua, contaminación-ambiente-cambio climático, agricultura, medicina forense, arqueología, prevención de eventos —que ponen en riesgo la integridad física de las personas— (geológicos, hidrogeológicos, sísmicos para la construcción de obras civiles y ambientales, entre otros), y en el área de investigación en institutos y centros de investigación del país. En los últimos diez años, a nivel mundial, es el área ambiental donde se ha desarrollado más esta disciplina.

El aporte que ofrecen hoy los ingenieros geofísicos, ha sido de apoyo para resolver muchas problemáticas relacionadas con el comportamiento de la corteza

terrestre, su interior y su exterior, su interacción con el ambiente, así como el estudio de otros planetas y del universo.

Ante la pandemia de COVID-19, la forma de enseñanza tuvo que adaptarse y por ello el medio de comunicación cambió de presencial a virtual (a distancia); en tanto, para el caso de la seguridad física de los ingenieros que desarrollan su trabajo en áreas de riesgo se tendrán que plantear estrategias acordes con la situación que se enfrente.

Visión de los primeros geofísicos sobre las perspectivas de la Ingeniería Geofísica y resultados que se tienen actualmente (caso México)

Revisando la bibliografía y referencias relacionadas con el futuro de la geofísica y en especial la Ingeniería geofísica, la mayor información y desarrollo se ha orientado principalmente al área petrolera, al haber sido la fuente de energía más importante en la segunda mitad del siglo XX. Boulware (1965), indicó que:

Una pequeña porción de las reservas de petróleo se proporcionará desde áreas actualmente productivas a través de técnicas y prácticas de producción mejoradas. La mayoría de las nuevas reservas se encontrarán mediante las técnicas de exploración mejoradas en horizontes más profundos.

La Sociedad de Geofísicos de Exploración (SEG), organización mundial de geofísica aplicada, en 2001 publicó *Geofísica en los asuntos de la humanidad*, que presenta la historia de la geofísica desde inicios del siglo XX, donde se aprovecha el conocimiento de eventos desfavorables —guerras mundiales y explosiones atómicas, entre otras—, para ser utilizados con fines benéficos para la sociedad. Resalta el capítulo 10 referente a “Geofísica como negocio, entonces y ahora”, que hace una sinopsis de la evolución de la geofísica aplicada al área del petróleo, donde los resultados para las compañías fueron exorbitantes, resalta el hecho de que en esa época no se consideraba a México como productor de petróleo importante, ya que el objetivo del capítulo se enfocaba en la geofísica con fines de negocio (lucro). Se indica que a partir del año 1985 los precios del barril del petróleo fueron impredecibles, con oscilaciones muy fuertes desde los 10 dólares a 42 dólares por barril entre 1986 y 1990. Durante los primeros años del nuevo milenio los precios llegaron en 2008 a los 140 dólares por barril, de 2011 a 2014 por arriba de los 100 dólares (Figura 1); en enero de 2020 el precio de la mezcla mexicana llegó por debajo de los 10 dólares por barril.

Lawyer *et al.* (2001) mencionan que:

El desafío de operar tanto a nivel mundial como a la tecnología de vanguardia ha sido tan intenso, en capital, que la mayoría de estos famosos leviantes² ya no tienen reconocimiento de nombre. El Informe Form 10-K de 1997 de Seitel para la

² Se refiere a súper grandes empresas de petróleo que existían en esa época

Comisión de Bolsa y Valores de EE.UU. Lo expresa de esta manera: “En 1985, había aproximadamente 150 empresas sísmicas independientes que operaban en los Estados Unidos, de las cuales aproximadamente 15 eran competidores importantes. En 1997, había aproximadamente 100 empresas, con cerca de 10 competidores”. La profesión geofísica debe mucho a estos esfuerzos pasados. Lo que sigue ahora, para el registro histórico, es una sinopsis de las empresas de servicios completos que han desaparecido.



Figura 1. Precios barril de petróleo (Mezcla Mexicana) entre 2010 y 2019.

Fuente: https://www.cefp.gob.mx/new/graficas_interactivas.php.

Asimismo, en el capítulo 14, Lawyer *et al.* (2001) remarcan:

Si el geofísico de hoy (y el de mañana) se enfrenta con éxito al "desafío y al cambio", debe contar con una infraestructura profesional de apoyo que permita un libre intercambio de ideas con sus compañeros. Esta infraestructura le proporciona una caja de resonancia por la cual se puede identificar, plantear, corregir o descartar permanentemente la visión de los proyectos y por lo cual se han creado sociedades profesionales para orientar los propósitos específicos.

Marfurt *et al.* (2000) hablan sobre perspectivas y futuro del geofísico; en esa publicación se habla de geofísico como científico enfocado principalmente al área de energía. Mencionaron que el futuro de la investigación fuera de las compañías petroleras sería muy difícil durante los siguientes diez años, no existía vinculación escuela-industria favorable, y la mayoría de los servicios se subcontratarían. En ese artículo se realizó una encuesta orientada a identificar el mercado laboral y las habilidades que deberían tener los futuros profesionales a nivel maestría y doctorado. La habilidad del manejo de la computadora era un tema importante. Resaltaron que los profesionales independientes se enfocaban más en adquirir habilidad en la interpretación sísmica 3D. También manifestaron que "la tecnología cambiaba tan rápido que al cabo de un corto tiempo habría necesidad de volverla a estudiar". Sobre este punto, hay que aclarar que el término *interpretación* no es correctamente utilizado, el término correcto es *procesamiento*. Lo que más resalta del artículo es que enfatizaban que debería enfocarse en el dominio de fundamentos de la disciplina y en la calidad de adquisición de los datos de campo.

Por otra parte, Lumley (2019) describe la experiencia profesional de un investigador famoso en la que expone las oportunidades orientadas a los desafíos globales que enfrenta la humanidad y la exploración terrestre, planetaria y espacial, donde se manifiesta la necesidad de proveer elementos para la toma de decisiones y proporcionar información encaminada a resolver los problemas que presentan las áreas de aplicación en la Tierra y expresa que “El futuro de la geofísica aplicada me parece muy brillante”.

Chávez (2019) expone, previo a la pandemia para el área del petróleo, que “Estamos viviendo un tiempo de reconfiguración y cambios en el mundo petrolero internacional y nacional, y la velocidad de esta parece incrementarse constantemente”, propone dos armas para enfrentar la reconfiguración relacionadas con la educación (formación académica, conocimientos y habilidades) y la comunicación (escrita, oral e idiomas).

Como se puede observar, la mayoría de las predicciones, perspectivas y futuro de la ingeniería geofísica se han enfocado principalmente en el área del petróleo, por ser la fuente de energía más sustentable en estos momentos. Con base en lo anterior, puede mostrarse un panorama nada gratificante para el futuro del petróleo como fuente de energía; hoy la mayoría de las compañías petroleras se han diversificado y son ahora empresas de energía (eólica, geotérmica, nuclear, mareas y solar), donde se presentan muchas más oportunidades para el ingeniero geofísico.

En lo relativo a la minería, Collete (1976) expresó que:

La geofísica debería enfocarse a diferenciar entre ruido geológico y anomalías geológicas económicas, técnicas de investigación más profundas, aplicación de técnicas multifrecuencia (electromagnéticas, polarización inducida, sistemas aéreos de detección, sistemas de navegación GPS, técnicas geofísicas por debajo del suelo marino, prospecciones en regiones topográficas complejas; técnicas de procesamiento e interpretación más complejas; planteamiento de estrategias de exploración orientadas a incrementar el éxito exploratorio.

Termina diciendo: “es difícil proyectar hacia el futuro, pero los avances más obvios sin duda vendrán de una integración de desarrollos geofísicos con aquellos en geoquímica y geología”.

En esta área, también, la ingeniería geofísica ha aportado nuevo conocimiento; sin embargo, no a la misma velocidad que la economía lo requiere. Hay que vencer las ideas antiguas de la exploración y transformar la metodología de la investigación del subsuelo en el área de la minería. En México el responsable de la exploración minera es el Servicio Geológico Mexicano quien cuenta con un grupo de especialistas geofísicos.

Para el área de la hidrogeología, ambiente y contaminación, si bien se han utilizado técnicas eléctricas y electromagnéticas específicamente orientadas a identificar la porosidad y la permeabilidad de las rocas, es un hecho que la necesidad creciente de este líquido requiere de estudios de más detalle. En la década de los noventa, Susan Hubbard, plantea y adopta el término hidrogeofísica

para aplicar las técnicas geofísicas en la exploración y evaluación hidrogeológica; si bien la geofísica no detecta porosidad y permeabilidad, la aplicación de estas técnicas combinadas adecuadamente con la geología, hidrogeología, ambiente e hidrogeoquímica permiten incrementar el éxito exploratorio; así como extender los resultados a una mayor área reduciendo los altos costos de exploración directa.

La aplicación de técnicas geofísicas ha presentado una gran aceptación en esta área. Binley *et al.* (2015) indican que:

...la geofísica proporciona un conjunto multidimensional de métodos de investigación que están transformando la capacidad de ver la estructura del ambiente del subsuelo y permiten monitorear la dinámica de sus fluidos y las reacciones biogeoquímicas que ocurren dentro de él.

Hoy todas las técnicas geofísicas, aplicadas en la hidrogeología, ambiente y contaminación, se aplican desde la conceptualización del problema, su caracterización y definición de: zonas con mayor potencial hidráulico subterráneo, carsticidad, identificar plumas de contaminación, conocer la movilidad del agua en el subsuelo, identificar zonas con mayor concentración de sales, por ejemplo, intrusión salina, así como aprovechar el agua de lluvia no controlada, a través de la identificación de zonas con mayor porosidad y fracturamiento para infiltrar el agua al subsuelo y recargar acuíferos y prevenir desastres por el abatimiento acelerado de los niveles del agua subterránea, entre otros. En cuanto a la localización de fuentes de abastecimiento de agua subterránea en México, la geofísica es parte fundamental, aunque no es usada adecuadamente, al darle sólo el crédito a la disciplina para decidir el sitio más apropiado, lo que en muchas ocasiones produce un resultado que no es favorable y desacredita la bondad de ésta.

En la agricultura, en algunos países la geofísica apoya a determinar la distribución de salinidad del suelo para que el agricultor le dé el tratamiento correctivo y sus cultivos sean mejores. La exploración geofísica es una herramienta de apoyo para evaluar la condición física del suelo previo a la siembra de las semillas, durante el crecimiento de las plantas y al finalizar la cosecha.

En cuanto a medicina forense —algo muy delicado y aún más doloroso—, en la búsqueda de restos de personas, la geofísica ha venido a ser una herramienta para identificar sitios donde existen restos humanos.

En la parte de la arqueología, Tejero *et al.* (2018) y Argote *et al.* (2020) han demostrado que la aplicación de la ingeniería geofísica es una herramienta útil y fundamental en la investigación arqueológica. Por ejemplo, en Chichen Itzá, Yucatán y en la pirámide de la Luna en Teotihuacán, Estado de México.

En la parte de riesgos de tipo geológico, la ingeniería geofísica apoya en la identificación de estructuras geológicas (zonas fracturadas, cavidades, taludes, deslizamiento de suelos, subsidencia, caída de bloques), que pongan en riesgo la integridad física de las personas. Hoy en día algunos estados de la República Mexicana realizan estudios específicos de geofísica para identificar cavidades o estructuras en el subsuelo con fines de protección civil y ya están reglamentados.

En cuanto a riesgos hidrogeológicos y ambientales (sequías, lluvias extraordinarias, huracanes), donde el abastecimiento, distribución y control del agua superficial y subterránea es motivo de preocupación para las autoridades encargadas de la prevención de riesgos; ante la escasez de agua se pueden generar conflictos sociales a nivel local, estatal, nacional y entre países.

En la parte de la geotecnia, en específico México, a raíz de los sismos de 1985 y 2017, se ha favorecido la cultura de la prevención y desarrollo de conocimiento para construir obras civiles más resistentes. La Comisión Federal de Electricidad³ a finales de la década de los setenta, crea el Departamento de Geofísica, orientado a obtener parámetros físicos de apoyo al diseño de grandes obras civiles (presas y termoeléctricas) y en 1985 inicia con el desarrollo de una metodología junto con el Instituto de Ingeniería y el Instituto de Geofísica de la UNAM; Servicio Sismológico Nacional, Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A.C., Centro de Investigación Sísmica, A.C. e Instituto de Investigaciones Eléctricas (hoy Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias) han realizado estudios de sismología y ruido sísmico de mucho detalle para analizar ondas de cuerpo S y superficiales de Love y de Rayleigh, así como definir zonas de riesgo y dar elementos para el diseño de cimentaciones acordes con las condiciones del sitio donde se edificarán las construcciones.

En la parte de minerales radiactivos, la Comisión Nacional de Energía Nuclear, fundada en 1956 y en 1979 nombrado como Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ).

En 1979 se crea URAMEX con el fin de explorar, explotar, beneficiar y comercializar minerales radiactivos para el desarrollo de energía; en 1985 sus funciones las absorbe el Servicio Geológico Mexicano.

El cambio climático es otra área de oportunidad encaminada a predecir algunos fenómenos meteorológicos de la Tierra, donde se requieren complejos algoritmos matemáticos y cómputo intensivo para resolver principios y fenómenos físicos involucrados.

A mediados del siglo XX, grandes equipos de cómputo estaban enfocados en resolver problemática geofísica, empresas como Texas Instruments,⁴ fundada en diciembre de 1941 con el objetivo de proporcionar servicios sismológicos para la exploración petrolera (Wikipedia).

Lo hasta ahora expuesto permite identificar la amplia visión que presentaban los primeros geofísicos donde resaltaban los conceptos con los que el profesional debería contar, alta preparación sobre fundamentos físicos de la Tierra, extenso conocimiento en el desarrollo y aplicación de paquetería⁵ compleja, habilidad para transformarse con base en las necesidades, desarrollo de nuevas tecnologías; así como, una alta disposición y necesidad permanente de adquirir nuevo conocimiento.

³ Empresa del estado mexicano encargada de la generación de energía eléctrica.

⁴ En sus inicios fue *Geophysical Service Incorporated* (GSI).

⁵ Se usa este término para referirse al término inglés *Software*.

Las perspectivas que la geofísica presenta ante una nueva forma de vivir, a causa de la COVID-19, no limita la imaginación y el futuro ingeniero geofísico deberá enfrentar retos relacionados con la energía (petróleo, gas, eólica, solar, mareas, captura-almacenamiento-reutilización de carbono, minerales como el litio), búsqueda-tratamiento-reciclado de agua potable, riesgo geológico (predicción), ambiente (caracterización de zonas contaminadas para su remediación), agricultura (identificación del tipo-condición de suelo para obtener mejores cosechas), educación (actualización permanente de planes de estudio y creación de nuevas especialidades con base en las necesidades que se vayan presentando), investigación (conocer con mayor profundidad los fenómenos naturales que se presentan en la Tierra y el Universo). Comunicación (más ágil para compartir ideas). Tecnología de Información (desarrollo de paquetería más compleja de los fenómenos físicos y procesos geológicos que se presentan en la Tierra y Universo).

En cada una, los ingenieros geofísicos deberán entender y manejar fenómenos físicos de la Tierra y del Universo para proponer soluciones viables. Por lo que el conocimiento, experiencias, desarrollo de tecnología y con nuevas propuestas de adquisición, procesamiento e interpretación de datos serán las herramientas del quehacer diario de la actividad.

Aprendizaje del ingeniero geofísico

Se pueden marcar también varias etapas en el aprendizaje de la carrera. Si bien, durante las primeras generaciones la transmisión de los conocimientos fue a través de profesionales de otras áreas que aplicaban geofísica con fines petroleros (geólogos, mecánicos, electrónicos, físicos), pudieron permear el amor y la necesidad de buscar más allá de lo que se sabía, sobre las condiciones físicas y estructura del subsuelo. Si bien tenían una visión para resolver los problemas que se les presentaban, dejaron una huella muy grande a las generaciones que formaron cuando transmitieron sus conocimientos con pasión y hasta obsesión por lo que hacían. Hay que mencionar que mucho del conocimiento que adquirieron las generaciones en esa etapa de la carrera fue autodidacta, ya que con sus inquietudes de buscar nuevas oportunidades de trabajo tuvieron que adquirirlo y aplicarlo. En esta parte, el desarrollo de equipos más sofisticados, tanto de adquisición de datos como de procesamiento, se enfocaban a la parte sustantiva del problema: entenderlo y resolverlo.

La siguiente etapa se presenta entre 1981 a 2000, se inicia un periodo de aprendizaje-enseñanza, donde la mayoría de los mentores y profesores son los primeros egresados, quienes con la poca experiencia adquirida obtienen más conocimientos y habilidades para resolver problemas, que fueron compartidas para el bien de la carrera.

Sobre estas dos etapas, es claro que la comunicación presencial (transmisor-receptor de conocimiento) fue fundamental, ya que la transferencia de vivencias, experiencias, búsqueda y obtención de conocimiento generaron equipos y

paqueterías buscando reducir tiempos de adquisición y procesamiento. Faltó enseñar que su uso y aplicación requerían de conceptualización de la problemática (los equipos son limitados a la profundidad de investigación). Eran conscientes de que la paquetería era una herramienta de apoyo, no de solución del problema que se enfrentaba, ya que en estas etapas el ingeniero lo desarrollaba.

Una tercera etapa correspondiente al nuevo milenio, si bien la tecnología de adquisición y procesamiento se han pulido y sofisticado, la divulgación, que es una panacea limita mucho el entendimiento del problema y se enfoca en aplicar herramientas computacionales o paquetería que realizan cálculos por *predeterminación*. Actualmente, tanto los equipos como la paquetería “ya resuelven el problema”, limitando al “ingeniero geofísico pasivo” a solo apretar un botón o presionar el ratón para que los equipos adquieran, procesen⁶ y desplieguen datos. En esta parte se obtienen datos, ya que sin una conceptualización, y por ende caracterización, el resultado que da la computadora no tiene sentido si no se aplican los conceptos de conceptualización y caracterización. La facilidad y accesibilidad a estas paqueterías han restringido la capacidad para que muchos de los ingenieros e investigadores desarrollen sus competencias y habilidades en la mejora de nuevas técnicas geofísicas, diseño de adquisición de datos, procesamiento e interpretación. También hay que identificar que existen “ingenieros geofísicos activos” que, con base en conocimiento, planteamientos del problema, y sobre todo con la aplicación de las bases físicas y matemáticas sólidas, desarrollan y desempeñan una labor que da credibilidad a la disciplina.

Algo muy notorio que se identificaba en las primeras generaciones es que “luchaban por aprender y lograr el objetivo”; las generaciones actuales “pelean por obtener una buena calificación sin importar si realmente aprendieron”. Sobre esto hay que caracterizar el término “calificación”, un número expedido con base en un comportamiento desempeñado en un lapso muy corto (duración de una asignatura que se toma, en la Facultad de Ingeniería de la UNAM es de no más de 48 horas de clase), no refleja el conocimiento real de lo que se “aprendió”. De ahí que la concepción de Universidad es una institución donde se informa y forma al alumno sobre los fundamentos mínimos con que debe contar para desarrollar una actividad; el conocimiento lo adquirirá una vez que haya asimilado, aplicado conceptos fundamentales de la disciplina, las competencias, las habilidades y actitudes para desarrollarla, para formar la identidad del aspirante.

Hoy en día se tiene el orgullo que varios de los egresados han incursionado en el área de investigación con mucho éxito y logrado escalar a niveles de dirección de institutos de investigación. Otros más, son distinguidos dueños de compañías de exploración geofísica y la mayoría son exitosos profesionales; que si bien, no todos se dedican a ella, tienen una formación que les permite sobresalir en las actividades que desempeñan.

⁶ En esta parte el término procesar se refiere a “Someter una cosa a un proceso de elaboración o de transformación” (Real Academia de la Lengua) y no a término adecuado que se usa en la Ingeniería Geofísica de Procesamiento “la acumulación y manipulación de elementos de datos para producir información significativa” (Wikipedia).

Sobre la formación de ingenieros geofísicos en la UNAM, la Facultad de Ingeniería se ha caracterizado por buscar lo mejor y estar en permanente actualización de sus planes y programas de estudio, condición que le permite ser competitiva tanto a nivel nacional como internacional.

Proceso de aprendizaje del ser humano

Previo a caracterizar la forma de aprendizaje del ingeniero geofísico es necesario mencionar la forma en que aprende el ser humano. Ocampo (2017) menciona que:

En los primeros días de su existencia, una vez que ha palpado, gustado y visto las cosas, es la de cuestionar el porqué de las cosas, situación a veces no muy agradable para los seres humanos mayores; es el primer contacto con el razonamiento que le permite al niño, entre otras cosas, dominar el lenguaje, desarrollar el pensamiento, conocer y ordenar su mundo, ampliar su conocimiento y sobre todo conocer las razones de por qué el mundo que le rodea es así. Sin embargo, a medida que pasa el tiempo este cuestionamiento se reduce a muy poco o a nada, posiblemente porque el entorno en el que vive le presenta muchas imágenes que aparentemente le responden a su inquietud y pierde la capacidad de razonar.

Un aspirante a ingeniero geofísico es un niño que requiere enfocar sus sentidos hacia la aplicación de la geología, física y matemática al estudio de los fenómenos que se presentan en la Tierra (interior y exterior). Es un ser en etapa de formación y al igual que un niño presenta muchas dudas, cuestionamientos y requiere de información fundamental para desempeñar la actividad por lo que resta de vida.

Con base en lo expuesto, Serrat (2009) expresa “¿Qué es lo que realmente se puede aprovechar de estos cuestionamientos?”, la manera de pensar y fundamentar el sentido de las cosas, razonar. Esta habilidad de cuestionar es lo que falta a las personas, y una manera de enseñarla es precisamente a través de la comunicación visual, verbal y presencial; siendo la última forma esencial de cómo se transmite el conocimiento, viendo y copiando algunas actitudes en el comportamiento corporal de las personas, situación que le da vida a la transmisión del conocimiento, carácter e identidad de la ingeniería geofísica.

Proceso de aprendizaje del ingeniero geofísico

La primera forma de aprendizaje, y fundamental, es el uso de los sentidos: vista, gusto, oído, olfato y tacto; de estos para el ingeniero geofísico resalta la observación (tácita y explícita); sobre la tácita hay que mencionar que una de las cualidades que debe tener un ingeniero geofísico es “ver lo que no se ve”.

La segunda parte del proceso, es la capacidad de distinguir entre lo que es dato, información y conocimiento. Valhondo (2003) indica que un dato es un conjunto discreto de hechos objetivos acerca de los eventos (registros estructurados), carecen de sentido ya que describen parcialmente lo que sucede y no proporcionan juicio ni interpretación, ni permiten la toma de decisiones (no dice lo que se tiene que hacer). Estos hechos y valores pueden ser históricos o

actuales y ser producto de la observación, medición o experimentación. Cuando al dato se le da un sentido se convierte en información (Figura 2).

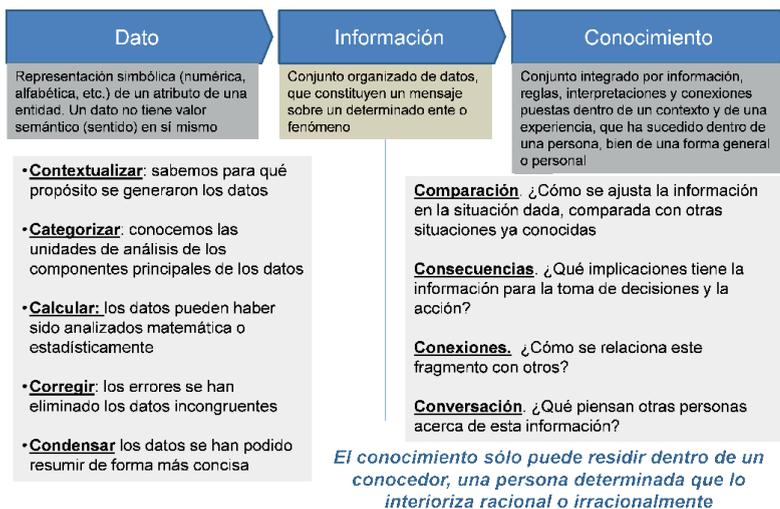


Figura 2. Diferencias y correlación entre dato, información y conocimiento. Interpretado y adaptado de Valhondo (2003).

En lo relativo a la información, Valhondo (2003) menciona que son datos dotados de relevancia y propósito para lo que se quiere hacer y está organizada con algún propósito. En esta parte se involucra la comunicación y transmisión sobre hechos o circunstancias particulares donde, además, interviene la investigación e instrucción. Cuando la información se trata, analiza y transforma se convierte en conocimiento.

Por su parte, el conocimiento según Davenport et al. (1998), indican que es una mezcla fluida de experiencias, valores, información contextual y apreciaciones expertas que proporcionan un marco para su evaluación e incorporación de nuevas experiencias e información. Se origina y aplica en las mentes de los conocedores. Es una aprehensión de hechos, verdades o principios resultado de estudio, investigación o erudición general (Valhondo, 2003).

Es necesario precisar que la Tecnología de la Información (paquetería y computadora) no da conocimiento, es una herramienta que añade valor al dato (para su captura, cálculo, corrección) y para mostrar resultados de una manera más ágil (tablas, figuras, dibujos, imágenes); poco aporta en la parte de la caracterización (lo que se busca). Con base en lo anterior, una parte importante e interesante para adquirir conocimiento es contar con un proceso. En este trabajo se menciona el proceso de investigación CCC (Conceptualización, Caracterización

y Concreción), siguiendo la lógica y secuencia de utilizar verbos que inician con la letra C.

La Figura 3, muestra el proceso exploratorio, que no es otra cosa que la descripción del Método Científico aplicado al área geofísica. En ella se pueden ver acciones que se requieren para realizar una investigación o estudio; así como el tratamiento que se debe aplicar a datos para convertirlos en información útil que permita adquirir o generar nuevo conocimiento.

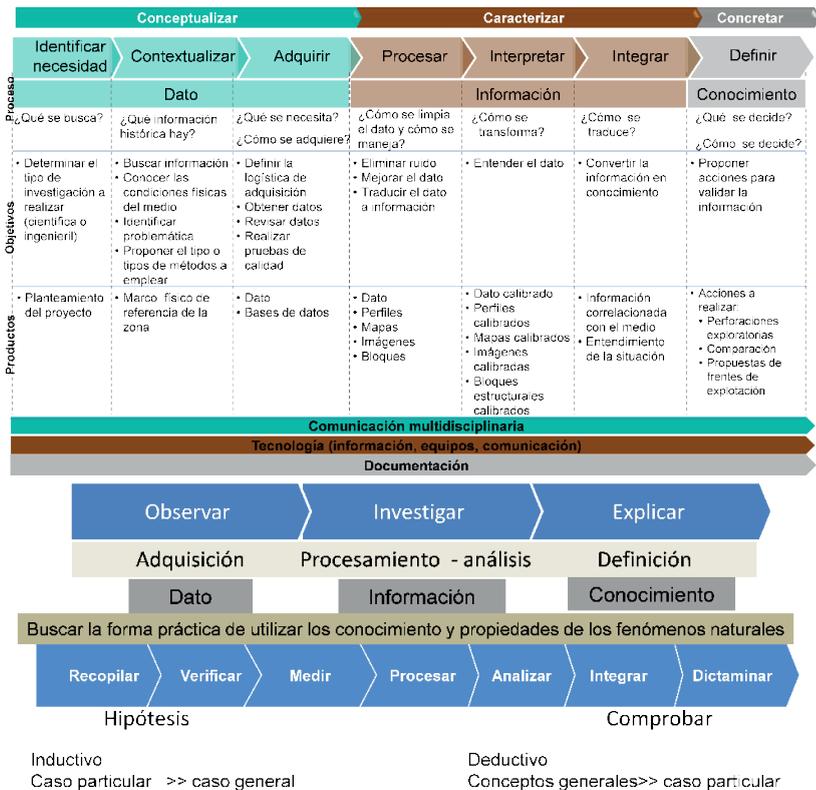


Figura 3. Proceso exploratorio.

Por otra parte, la actividad del ingeniero geofísico, en su ámbito profesional, se refleja en tres áreas: campo, investigación y manejo de información, donde el proceso CCC bien se puede aplicar. La primera parte se refiere a la *conceptualización* del problema a resolver. Consiste en investigar sobre lo que hay del lugar para tener un marco de referencia y orientar la investigación para adquirir la información que falta, ya sea nueva o bien actualizarla. En esta parte la clasificación de la información histórica es importante. Para esto, la búsqueda de información, la comunicación entre pares⁷ que intercambien

⁷ Personas que realizan actividades similares o han trabajado realizando otros estudios en el sitio donde se requiere.

conocimiento. El resultado de esta etapa es la identificación de las brechas de conocimiento, plantear la necesidad de adquirir nuevo conocimiento y plantear la estrategia que permita llegar al objetivo esperado. En esta parte la Tecnología de la Información apoya en la organización y ordenación de la información, principalmente, a través de bases de datos, así como la Tecnología de la Comunicación (telefonía celular, internet, videoconferencia) en la parte de acercar y transmitir el conocimiento a través de la voz e imágenes. La parte de campo es fundamental, ya que permite contextualizar la situación que se presenta y plantear opciones de solución. En este sentido, la presencia en campo le permite identificar la necesidad del porqué del estudio o investigación, observar el entorno donde se desarrollará, plantear el tipo de técnica geofísica a aplicar, diseñar la forma de adquirir los datos, percibir riesgos que se pueden presentar tanto en campo, como en los momentos del procesamiento e interpretación, convivir con la naturaleza para planear la estrategia del desarrollo del trabajo en campo, copiar mejores prácticas de otros trabajos similares para mejorarlo o evitar repetir errores. “Un dato tomado o adquirido mal, es basura, ningún procesamiento podrá definir la esencia de éste” frase que el ingeniero Enrique del Valle Toledo⁸ transmitía a los ingenieros geofísicos que le tocó formar.

La parte correspondiente a la *caracterización* se enfoca en analizar información obtenida en campo, a eliminar mediante aplicación de filtros el o los ruidos que presentan la medición o señales obtenidas, con el objeto de tener una señal mejorada que represente mejor las condiciones del medio medido.

Otra parte que se desarrolla en esta etapa, es el análisis de la relación señal-ruido. Generalmente, aún después que los datos han sido filtrados, puede ocurrir que a causa de ruido el resultado esperado no revele la presencia del objetivo tan claramente como se querría. El ruido es una variación o fluctuación en los valores medidos que se superpone con los valores buscados llamados señal.

La generación de modelos matemáticos y físicos también es una actividad en la etapa de caracterización. Como se ha mencionado, los datos obtenidos en campo, después de su procesamiento se disponen en forma de mapas, gráficas, perfiles, que muestran la distribución de las mediciones. Y ya que cada método geofísico responde a una propiedad física del terreno, la empresa Hydro-Geophysics, en su página web indica que:

El procedimiento que identifica cuál es esta distribución subterránea de parámetros de interés a partir de los datos adquiridos se llama inversión. Es un proceso matemáticamente complejo: algunos algoritmos eficientes han sido incorporados en códigos libres y comerciales de uso extendido. El resultado de la inversión es una imagen de la distribución de propiedades. Ésta depende, en general, de algunos parámetros numéricos que el ordenador pide, para lo cual es preciso tener un conocimiento del algoritmo matemático (en las opciones por predeterminación es el

⁸ Importante personaje en la creación de la carrera de ingeniero geofísico en la Facultad de Ingeniería, UNAM.

programa el que toma la decisión, lo ignore o no el usuario). Varias imágenes finales son posibles, compatibles con las medidas tomadas.

Resalta en la descripción de Hydro-Geophysics algo que se mencionó en párrafos anteriores sobre el hecho de que, en la aplicación de cualquier paquetería de inversión, el programa por predeterminación toma la decisión de organizar, interpolar o utilizar el método matemático más adecuado, limita el criterio y razonamiento del "ingeniero geofísico pasivo"; situación que se debe evitar y aplicar el conocimiento.

Otra parte importante se refiere a escuchar la opinión de otros pares o profesionales inmersos en el estudio o investigación, con el objeto de correlacionar información. En esta parte, la Tecnología de Información es más compleja, ya que hay que desarrollar o utilizar complejos algoritmos tanto para la limpieza de las señales o datos, como para la modelación de fenómenos físicos y el despliegue de los resultados (una, dos o tres dimensiones); así como también, la Tecnología de Comunicación, la cual puede reducir distancias y facilitar comunicación verbal y escrita. Sobre esto, es necesario reiterar que las tecnologías mencionadas "son apoyo, no solución".

La parte de *concreción* se refiere a plasmar el nuevo conocimiento generado. Una vez que todos los datos, información y conocimiento fueron organizados, analizados, procesados, interpretados e integrados se puede definir el resultado. A partir de esto se da un dictamen sobre las condiciones actualizadas del sitio y se proponen las acciones que permitan validar la información y conocimiento. Las acciones se orientan a indicar los sitios donde hay que hacer las exploraciones directas o frentes de explotación, la comparación de resultados es fundamental para validar o replantear el estudio. Otra parte importante de este proceso es la documentación, ya que es la única evidencia de plasmar en conocimiento explícito y no quede sólo como tácito.

Formas de aprendizaje del ingeniero geofísico en la Facultad de Ingeniería de la UNAM

La integración del plan de estudio de la carrera de ingeniero geofísico en la UNAM se divide en cinco bloques, donde se tienen que cursar 52 asignaturas (Figura 4). Cada bloque agrupa a diferentes áreas del conocimiento, en las cuales resaltan matemáticas, física, geología, geofísica, ciencias sociales e ingeniería. La carrera requiere de diez semestres, con un total de 450 créditos. Varias de las asignaturas, además de la parte teórica, requieren prácticas de laboratorio y campo.⁹

Ante la contingencia de la pandemia por la COVID-19, hubo necesidad de adaptarse a la situación e innovar la forma de enseñanza. En este trabajo se plantea una opción de las muchas que se plantearon, ya que cada profesor

⁹ Para mayor información véase la página web https://www.ingenieria.unam.mx/programas_academicos/licenciatura/geofisica_plan2016.php

aplicó (enseñanza a distancia) la que mejor convenía de acuerdo con la situación del tipo de asignatura y a su habilidad para comunicarse a través de medios electrónicos.



Figura 4. Plan de estudios de la carrera de Ingeniería geofísica.¹⁰

Por lo anterior, es necesario valorar las dos opciones que se plantearon para enfrentar y solventar la problemática: clases presenciales y a distancia.

¿Cuál es la ventaja que plantean las **clases presenciales** en los alumnos? A continuación, se plantean algunas acciones, propuestas por Cerato y Galindo (2013), adaptadas y mejoradas:

1. Adquirir la identidad de la carrera al percibir, copiar actitudes y personalidades de los mentores.
2. Obtener confianza al ver al profesor mentor en cómo transmite y aplica sus conocimientos.
3. Atender las deficiencias.
4. Sentir la pasión de cómo el mentor comunica sus experiencias y dar sentido a lo que se quiere.
5. Contar con alguien que oriente la forma de adquirir el conocimiento.
6. Confirmar que el conocimiento adquirido va en la línea del aprendizaje o de la investigación a la que se desea llegar.
7. Competir y compararse con un par, qué tanto conocimiento tiene o le falta.
8. Identificar oportunidades con base en el punto anterior para buscar nuevo conocimiento.
9. Conversar con profesores y compañeros para discernir lo que se aprende.
10. Convivir y compartir experiencias con sus futuros competidores.

¹⁰ Adaptado del plan de estudios 2016 de la Carrera de Ingeniería Geofísica de la Facultad de Ingeniería, UNAM

11. Adquirir una personalidad.

En cuanto a las **clases a distancia**:

InGenio Learning, en su página web plantea algunas situaciones que deben tomarse en cuenta para poder usar bien esta modalidad; sobre esto se hacen algunas precisiones.

- Un requisito esencial para poder educarse de forma virtual es tener una computadora con buen Internet; para muchos esto es algo trivial; no todo el mundo tiene acceso a una computadora y mucho menos a Internet, bien sea por falta de recursos económicos o porque viven tan alejados de las ciudades donde no hay forma de acceder a la red.
- Personalidad. Para hacer uso de esta modalidad es necesario ser una persona responsable para no distraerse frente a la computadora. La experiencia personal indica que el uso de la computadora provoca dispersión, ya que la búsqueda de información se ve distraída por las infinitas opciones que plantean las plataformas, lo cual provoca que se pueda perder el objetivo de lo que se quiere. El teléfono celular es otro gran distractor del aprendizaje, si no se usa adecuadamente.
- Otro problema que se presenta es la falta de responsabilidad, disciplina y capacidad de atención. Estas habilidades son parte de las fortalezas de la enseñanza presencial. La actitud es el medio para provocar los cambios.

Con base en lo anterior se plantean las ventajas de esta modalidad.

1. Los participantes pueden enriquecerse a través de diferentes formas para adquirir el conocimiento y no de una sola persona como es el caso de clases presenciales. En cuanto a la búsqueda de fuentes de información, nuestra experiencia indica que las búsquedas de información que realizan los aspirantes a la carrera de ingeniero geofísico se limitan a lo que presentan Google Académico u otros buscadores de información, la cual no está sustentada o avalada; la búsqueda en libros, artículos o sociedades técnicas especializadas, por lo regular se ve limitada ya que se requiere de licencias y de altos recursos económicos para acceder a ellos y, por otra parte, del dominio de los idiomas en que están escritos. Por lo regular se van por lo más fácil y eso no aporta conocimiento ni experiencia.
2. El participante puede pasar de pasivo a activo; puede convertirse en autodidacta. En esta situación es importante la actitud y disciplina del aspirante; pero el cuestionamiento se orienta al ¿qué, cómo y por qué tiene que estudiar? o bien, ¿quién lo va a orientar?
3. El tiempo y el espacio son un atractivo ya que no tienen que desplazarse a un lugar en específico y aprovechar mejor el tiempo. En cuanto al espacio, cualquier lugar dónde sea cómodo puede ser utilizado; se requiere de prácticas de laboratorio, no se tienen los recursos para crear un laboratorio personal y realizar los experimentos y si se tienen que realizar mediciones en campo, pues se requiere de otro tipo de espacio y equipamiento. En la parte del espacio, a

nivel personal, es necesario respetarlo, saber que es un lugar específico para aprender, es una disciplina que muchos no entienden.

Se reitera que el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación son herramientas de apoyo y a nivel personal, no da la identidad al aspirante.

Sobre que la “educación a distancia es la opción del futuro”, se puede cuestionar; a nivel personal, es válida pero a otros niveles de conocimiento, por ejemplo, para una maestría o doctorado. ¿Por qué? Porque para adquirir conocimientos a un nivel más elevado ya se cuenta con la identidad y se conoce el proceso de adquisición de conocimiento de la disciplina, entre otros.

Sobre el párrafo anterior, en estos de pandemia y confinamiento, existe un mundo de artículos, instituciones de enseñanza y páginas de la red donde aprovechan el momento para favorecer el método de enseñanza a distancia; sin embargo, hay que identificar que son instituciones enfocadas a proveer servicios sobre negocios, no de desarrollo de ingeniería. Hay que entender que la ingeniería geofísica es una actividad de ciencia aplicada, donde los conceptos de matemáticas, física, química y geología requieren de un sólido conocimiento para la comprensión y razonamiento del problema que enfrenta; no se elimina el término negocio, en el cual se debe adquirir la habilidad para saber vender el conocimiento.

Hay que mencionar que lo importante del aprendizaje a nivel licenciatura es “Aprender entendiendo no aprender haciendo”. Lo anterior lleva a que el estudiante tenga los elementos para “Saber qué hacer con lo que se sabe”.

Competencias para un aspirante a Ingeniería Geofísica

Cerato y Galindo (2013) indican que:

...el desarrollo de la educación por competencias, con base en un enfoque sistémico y complejo, es una necesidad impostergable en el desarrollo de la Educación Superior en general y en el caso del ingeniero, en particular, para los nuevos paradigmas y desafíos del Tercer Milenio con un enfoque de Desarrollo Humano Integral.

Por otra parte, Molina (2000) indica que:

...la competencia profesional abarca múltiples dimensiones y define que para que se alcance una competencia profesional el aspirante debe poseer cuatro cualidades: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a convivir y aprender a ser.

El término competencias aparece a finales del siglo XX como un elemento para crear valor; para un aspirante a ingeniero geofísico, se puede definir como el conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes y valores que, aplicados al entendimiento de la estructura de la Tierra, genera los elementos suficientes y necesarios para tener un mejor desempeño de la actividad. Lo anterior implica que para cada una de las áreas de conocimiento que plantea la carrera de ingeniero geofísico (Figura 4), deben estar alineadas con la capacidad de la enseñanza-aprendizaje, así como a la adaptación a nuevas situaciones (técnicas,

científicas, sociales, económicas, tecnológicas y ambientales), lo que representa un gran desafío al conjugarlas.

El trabajo que realiza un ingeniero geofísico es amplio y diverso en cuanto a las áreas de desempeño y poco predecible, ya que dentro de la carrera existen diversas áreas de aplicación. Si bien pueden aplicarse las diferentes técnicas para conocer el interior o exterior de la Tierra, su caracterización difiere. Se puede decir que cada trabajo o investigación que se desarrolla es un nuevo reto que cumplir, siempre diferente. Por lo anterior, en la etapa temprana de conocimiento de la disciplina es necesario clarificar las competencias e implementar los procesos de enseñanza que le permitan al egresado enfrentar un contexto laboral amplio, cambiante y variante.

La complejidad para los responsables del diseño, administración y actualización de la carrera de ingeniero geofísico es ofrecer un profesional que resuelva el conocimiento relacionado con la estructura interna y externa de la Tierra, cumpliendo la misión de resolver problemas relacionados con la disciplina y satisfacer necesidades para la humanidad. Por lo anterior, Cerato y Galindo (2013) plantean que:

Los desafíos en la educación son los dirigidos a aplicar modos y metodologías de estrategias de enseñanza, que tiendan a una educación transdisciplinaria, desarrollo de habilidades metacognitivas, más que acumulaciones de conocimientos de hechos. Saber qué hacer con lo que se sabe, formación de pensamiento esencialmente científico, apertura al pensamiento intuitivo, creatividad, formación de valores, dar respuesta a las necesidades de diversos agentes sociales, etc. En síntesis, desarrollar competencias para el Desarrollo Humano Integral.

Lo anterior se traduce en que, para saber hacer, primero, se requiere entender el saber. Esto implica que para tener un criterio para proponer una solución se debe contar con los elementos necesarios e indispensables para entender el problema y plantear la solución más adecuada.

Los alumnos que ingresan a la carrera de ingeniero geofísico en México, específicamente los de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, provienen de tres diferentes fuentes: 1) Escuela Nacional Preparatoria¹¹ de la UNAM; 2) Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH)¹²; 3) de otras escuelas preparatorias o colegios

¹¹ Modelo educativo de la Escuela Nacional Preparatoria que tiene como principal propósito la formación integral del educando: aquella que le proporciona elementos cognoscitivos, metodológicos y afectivos que, en síntesis, le permitan profundizar de manera progresiva en la comprensión de su medio natural y social, desarrollar su personalidad, definir su participación crítica y constructiva en la sociedad en que se desenvuelve e introducirse en el análisis de las problemáticas que constituyen el objeto de estudio de las diferentes disciplinas científicas y tecnológicas, siempre con la perspectiva de la formación profesional universitaria. Dicha formación integral busca fortalecer el perfil del egresado, de acuerdo con los requerimientos que demandan los estudios superiores en general y los de cada área de formación académica en particular, en términos de valores y actitudes que suponen una formación social y humanística básicas (científica, lingüística, histórica, económica, política y artística). Plan de estudio 1996.

¹² Modelo educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades que tiene como principal propósito la conjunción de cultura básica, formación intelectual ética y social de los alumnos considerados sujetos de la cultura y de su propia educación, formados por los métodos científico Experimental e Histórico Social y por dos lenguajes: español y matemáticas. 2018.

de ciencias y humanidades incorporados de diferentes estados de la República Mexicana.

No se entrará en detalle para no provocar conflictos de intereses, pero un problema del que se queja la mayoría del profesorado, a nivel licenciatura, es la baja preparación con la que llegan los alumnos a nivel licenciatura, tema de un posible nuevo trabajo. Ahora bien, asintiendo la premisa de que el alumno llega con conocimientos necesarios para cursar la carrera de ingeniero geofísico, las competencias a desarrollar se enfocan en:

Competencias de **ciencias básicas**:

1. Capacidad de:
 - a. Conocer los principios físicos en los que se sustenta la carrera.
 - b. Abstracción, análisis y síntesis.
 - c. Razonar.

Competencias de **ciencias de la ingeniería**:

2. Capacidad de entender los conocimientos sobre el área de estudio y la profesión.

Competencias de **ingeniería aplicada**:

3. Capacidad de o para:
 - a. Aplicar conocimientos en la práctica.
 - b. Buscar, procesar y analizar información de diferentes fuentes.
 - c. Identificar, plantear, resolver problemas y dar elementos para la toma de decisiones.
 - d. Investigar.
 - e. Crear e innovar.
 - f. Aplicar conocimientos del área de estudio.
 - g. Organizar y planificar.
 - h. Aprender y actualizarse permanentemente.
 - i. Entender y hacer uso de tecnologías de información y comunicación.
 - j. Desarrollar nuevas técnicas de adquisición de datos y procesamiento de información.

Competencias de **ciencias sociales y humanidades**

4. Capacidad para o de:
 - a. Identificar y entender necesidades y problemáticas social y económicas del país.
 - b. Comunicar en forma oral y escrita (español e inglés) los conocimientos adquiridos.
5. Compromiso y responsabilidad social.
6. Compromiso ético.

Competencias de **asignaturas convenientes**

7. Capacidad para:
 - a. Formular y gestionar proyectos.
 - b. Desarrollar equipo y paquetería relacionados con la disciplina.

Otras competencias

8. Capacidad de o para:
 - a. Adaptarse continuamente.
 - b. Motivar personal y conducir hacia metas comunes.
 - c. Hacer relaciones interpersonales.
9. Compromiso con la:
 - d. Calidad.
 - e. Preservación del medio ambiente.
10. Habilidad para trabajar en equipo, en forma autónoma y en contextos internacionales.
11. Resiliencia.

Como se puede ver en estas competencias, la **socialización** implica que a través de ella el futuro ingeniero geofísico podrá identificar a sus competidores, sus socios intelectuales y hacer comparaciones, ver las consecuencias, tener las conexiones y hacer conversaciones que le permitan adquirir nuevo conocimiento.

El planteamiento de las competencias antes mencionadas se sustenta en la experiencia académico-administrativa que han tenido los autores en el planteamiento y diseño de los diferentes planes de estudio que ha tenido la carrera.

Experiencia sobre dar clases a nivel presencial y a distancia

A raíz de la COVID-19 se ha tenido la necesidad de realizar la enseñanza a distancia; si bien es una alternativa para evitar los contagios, creemos que a nivel personal no es la más adecuada ni la que resolverá la problemática del aprendizaje en la carrera de Ingeniería geofísica. Para fines de ilustración, se presentan los resultados obtenidos durante el semestre 2020-2 de la asignatura Introducción a la Geofísica.

Esta asignatura se imparte en el cuarto semestre de la carrera de Ingeniería Geofísica en la UNAM y para este caso, se impartió en dos formas: presencial del 1 de febrero al 21 de marzo y a distancia del 28 de marzo al 6 de junio. La duración de la asignatura es de 4 horas, pero por problemas de ajuste de tiempo del profesor, por tener otras responsabilidades, se dio el día sábado. Reto interesante ya que mantener la atención del grupo por tanto tiempo, requirió plantear una estrategia *ad hoc* al número de alumnos inscritos al semestre y buscar incentivos de enseñanza-aprendizaje.

El resultado del proceso enseñanza-aprendizaje y el responsabilizarse, motivó a los alumnos a presentar mejores trabajos, realizar cuestionamientos orientados a resolver sus dudas y sobre todo a buscar nuevos horizontes donde encontrar el conocimiento.

Durante las clases a distancia se realizó una encuesta a los alumnos para indagar sobre el plan de estudios que llevaron en su educación intermedia (preparatoria o CCH). De 12¹³ alumnos, ocho provenían de CCH y cuatro de preparatoria; los alumnos de CCH para este tipo de curso tuvieron mejor desempeño, el cual se identificará por la metodología empleada en la impartición del curso.

Clases presenciales

Estrategia planteada fue:

1. Identificación del profesor.
2. Antecedentes académicos de la asignatura.
3. Desarrollo del curso (exposición del profesor, investigación, exposición de los alumnos, búsqueda de información, discusión de temas, respuesta a dudas).
4. Presentación del programa de la asignatura y sus objetivos.
5. Forma de evaluación (resúmenes semanales de la clase impartida, participación, investigación a través de lecturas y dos de cuatro exámenes parciales).
6. Presentación de bibliografía básica existente en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería.
7. Metodología de aprendizaje (¿Qué ví? ¿Qué entendí? ¿Qué espero?)¹⁴
8. Hablarles sobre la vida cotidiana de un ingeniero geofísico (¿Qué hace? ¿Cómo se prepara? ¿Cómo vive? ¿Qué rasgos lo identifican?).
9. Establecimiento de metas de cada uno de los alumnos.
10. Firma de un contrato-compromiso (alumno-profesor) donde se exponían obligaciones y responsabilidades de alumnos y profesor.
11. Exposición de los diferentes temas por parte del profesor, cuestionando lo que expresaba.
12. Al inicio de cada clase, además de presentar un documento sobre lo que se vio, los alumnos exponían lo que habían asimilado, con fines de recordar, afianzar el conocimiento y reforzar las debilidades de la clase anterior.

Para la evaluación se tomaron en consideración los siguientes aspectos

- Asistencia.
- Exposición de lo entendido la clase anterior.
- Entrega del resumen ¿Qué ví...? de la sesión anterior.
- Redacción.
- Examen parcial.
- Actitud del alumno.

¹³ Número final de alumnos, de 20 inscritos, que terminaron el curso.

¹⁴ Adaptación del proceso EDA (Evaluación Después de la Acción) del Ejército de Estados Unidos enfocado en mejorar la capacidad de aprendizaje en una acción militar y optimizar el trabajo en equipo. Es un debate acerca de un acontecimiento centrado en los niveles de actuación que permite a los soldados descubrir por sí mismos lo que ha sucedido, por qué ha sucedido, cómo mantiene las fuerzas y mejorar los puntos débiles (Collison y Parcell, 2001).

Deficiencias identificadas

- Falta de compromiso y motivación. Hay que mencionar que es la primera asignatura de la carrera dónde los alumnos se enfrentan a su primera realidad; algunos aún no están enterados ni convencidos de lo que realmente es la carrera.
- El 80% no tenía conocimiento del idioma inglés, situación que les dificultó buscar información veraz y actualizada sobre la asignatura (la mayor información sobre la materia está disponible en inglés).
- No saben aprovechar herramientas de Tecnología de Información; si son muy hábiles en su uso, pero no saben buscar ni identificar información importante. La Tecnología de Comunicación es un distractor muy eficiente, le ponen más atención a esta que a la exposición de la materia.
- Falta de maduración, por lo menos en el cuarto semestre de la carrera, aún no se ubican en el nivel académico en el que se encuentran y presentan actitudes similares a las que desarrollaban a nivel medio (preparatoria o CCH).
- Se distraen demasiado; para ello se aplicó la técnica ¿por qué?, ¿por qué? para evitar distracciones, funcionó en un buen porcentaje, a pesar de las molestias que provocaba la interrupción de la distracción.
- En cuanto al profesor, la preparación del material para exponer la clase estaba encaminada a tener las ideas que requería para que el tema fuese expuesto en orden, recalcando las ideas necesarias y suficientes para transmitir conocimiento. Era apoyo para el profesor y un elemento para que el alumno tuviese las ideas que exponía el profesor.

Clases a distancia

Estrategia planteada fue:

1. Desapareció el profesor, no hubo mentor, aunque se llevaba un seguimiento particular a cada alumno. Se tomó la filosofía “enseña para aprender”, donde ahora el alumno tomó la iniciativa de ser receptor-transmisor.
2. La identificación de personalidades de cada alumno en la etapa de clases presenciales facilitó identificar y calificar el desempeño de cada alumno.
3. La actividad en esta parte del curso consistió en que los alumnos fueran más responsables, al indicarles el tema que debían desarrollar y proporcionarles material donde deberían investigar.
4. Dado que no había biblioteca, se les entregaron archivos digitales de capítulos de libros que deberían consultar.
5. El trabajo estaba diseñado para que invirtieran al menos dos horas al día en el desarrollo de la investigación. La asignatura es de 12 créditos y de acuerdo con el diseño del plan, por lo menos se debe invertir una hora de estudio extra clase. El trabajo lo realizaban el día viernes o sábado antes de entregarlo. Lo anterior se sustenta por los correos o mensajes electrónicos que enviaban los alumnos a partir del día jueves.

6. El trabajo lo debían entregar antes de las 7:00 de la mañana del día sábado.
7. Durante el periodo de clase, el profesor revisaba la investigación, identificaba debilidades y lo regresaba a los alumnos para que durante el periodo de clase (6 horas) regresaran la investigación mejorada. En este caso se obtenían dos calificaciones (inicial y mejorada).
8. Al término de la clase se les enviaba el trabajo con las calificaciones obtenidas.
9. Al identificar brechas de cada uno de los trabajos presentados, el profesor realizaba un ensayo sobre lo que debieron haber buscado, analizado y entendido. Este trabajo se les enviaba dos o tres días después de la clase y los alumnos tenían que hacer un escrito sobre las diferencias entre su trabajo y el del profesor.
10. Se realizaron cuatro exámenes parciales, que tenían que resolver durante la semana y entregarlo el día de la clase, vía internet.
11. Las últimas tres clases, a petición de los alumnos y viendo la necesidad de observar el comportamiento de los alumnos, se hacían al menos dos videoconferencias de 40 minutos para aclarar dudas.

Para la evaluación de ensayos se tomó en consideración:

- Organización.
- Búsqueda y análisis de información.
- ¿Qué tanta información buscó y de dónde la obtuvo? (es fácil identificar dónde la obtuvieron.)
- Si copiaron y pegaron lo que dice una referencia que consultaron.
- Si leyeron y entendieron lo que escribieron.
- Desarrollo del tema, no era sólo contestar las preguntas que se les sugería al final de las presentaciones, sino discutir las, ampliarlas y proponer nuevas ideas, con base en lo que buscaron.
- Agilidad para describir el tema y cómo lo desarrollaron.
- Redacción y ortografía.

Actitud, difícil, pero se nota cuando desarrollan sus trabajos.

Deficiencias identificadas

- A pesar del material que proporcionado para el desarrollo de los temas, la mayoría evitó leerlos y analizarlos (deficiencia del conocimiento del idioma inglés).
- Se identificó que el material que preparó el profesor para sus exposiciones no era el adecuado para los alumnos, situación que provocó cambiar el material indicándoles lo que se quería que vieran, aprendieran y desarrollaran en su ensayo.
- La estrategia de darles la responsabilidad fue permeando con el tiempo, tomaron bien la responsabilidad y el reto. En esta parte hay que recalcar que los alumnos provenientes de CCH presentaron mejor desempeño.

- Para las últimas tres clases ya se tuvo contacto con los alumnos a través de videoconferencia; sin embargo, se desconoce si los alumnos estaban atentos o distraídos, ya que nunca encendieron la cámara para ver su cara y comportamiento.
- La falta de comunicación presencial provocó angustia en algunos de los alumnos (información manifestada en la encuesta final sobre el desempeño del curso).
- Al no identificar distracciones no se pudo aplicar la técnica ¿por qué?

Competencias, habilidades y valores que se deben reforzar en el curso ofrecido en 2020

A continuación se presentan algunas de las competencias, habilidades y valores que el profesor debe reforzar para otros cursos similares con el afán de mejorar la metodología de enseñanza–aprendizaje en la asignatura Introducción a la Geofísica.

Competencias

- Copiar (saber qué y cómo)
- Análisis de información
- Redacción
- Conceptualización del problema que están desarrollando
- Relacionar información de asignaturas que llevaron y están llevando
- Reforzar el conocimiento de las asignaturas antecedentes.

Habilidades

- Búsqueda de información
- Manejo del idioma inglés (lectura, traducción y comprensión)
- Análisis crítico.

Valores que se consideran en el desempeño de los alumnos

- Actitud
- Compromiso
- Responsabilidad
- Amor a la disciplina
- Humildad para aprender
- Motivación
- Calidad.

Análisis de la experiencia

En clases presenciales, se identifica que el valor responsabilidad y compromiso no aplica, llegaban tarde más del 50% de los alumnos. En las sesiones a distancia,

se conectaban a la plataforma de comunicación, pero se desconocía si realmente estaban atendiendo las indicaciones o escuchando a sus compañeros. Sólo conectaban la interfaz de voz.

Del total de alumnos inscritos al curso sólo el 60% continuaron con clases a distancia; los que no pudieron seguir fue porque en la ciudad donde vivían no tenían servicio de Internet, otros no contaban con equipo de cómputo adecuado para poder conectarse. De los que continuaron todos respondieron en tiempo a la entrega de los ensayos.

En cuanto a la evaluación de los ensayos, los primeros no tuvieron buena calificación debido al cambio de metodología de aprendizaje, donde el alumno ahora tenía que tomar la iniciativa de investigar un tema sin ninguna dirección, material adecuado o suficiente para desarrollar el tema; una vez entendido, las calificaciones fueron mejores, teniendo un mejor desempeño los alumnos provenientes del Colegio de Ciencias y Humanidades.

En la parte de clases a distancia se identifica también una mayor responsabilidad en cuanto a la participación. Los alumnos, al no tener supervisión puntual, se enfocaban en cumplir con la responsabilidad y estar atentos para recibir observaciones y aplicarlas.

El trabajo en equipo se reforzó tanto para el desarrollo de los ensayos como para responder los exámenes.

La experiencia fue de aprendizaje para ambas partes.

Retos que enfrentarán los futuros ingenieros geofísicos

Las áreas de oportunidad que se presentan, además de las ya comentadas, y que deben reforzarse son:

1. Reinventarse, facilidad para cambiar ante los retos que se presenten.
2. Capacitarse permanentemente.
3. Innovar nuevas técnicas de aplicación, adquisición, procesamiento e interpretación de datos.
4. Desarrollar técnicas geofísicas para aplicarse en zonas de alto ruido.
5. Desarrollar equipo y paquetería geofísicos más sofisticados, encaminados a resolver problemas relacionados con la Tierra.
6. Mapear patrones del subsuelo en grandes áreas.
7. Interrelacionar diferentes áreas de conocimientos (biología, ecología, química) para dar resultados más contundentes, aplicando técnicas estocásticas y modelos de inversión conjunta.
8. Evaluar ecosistemas para producción de alimentos.
9. Aprender más sobre fenómenos físicos que acontecen en la Tierra y conocer con más detalle su respuesta y representación matemática para asociarla con la problemática a resolver.

10. Reforzar conocimientos de geología, física y matemáticas enfocados en resolver necesidades básicas de la sociedad: energía, agua, minerales, ambientales, agricultura, medicina forense, arqueología y los orientados a la identificación de riesgos geológico (hidrogeológico, construcción de obras civiles y ambientales).
11. Predecir fenómenos físicos de la Tierra.
12. Divulgar y promover mejor la carrera de ingeniería geofísica para generar mayores oportunidades de trabajo.
13. Plantear estrategias para asegurar la integridad física de los participantes en trabajos de campo. Esta actividad requiere que el ingeniero geofísico socialice en las comunidades donde realizará su trabajo para evitar incidentes de robo del equipo o accidentes provocados por grupos de personas que ponen en riesgo la integridad física de los ingenieros geofísicos.

El mayor reto será contar con conocimiento sólido y habilidades suficientes para ser mejores y enfrentar retos que se presenten.

Conclusiones

Uno de los objetivos que tiene la carrera de ingeniero geofísico es reducir incertidumbre e incrementar el éxito exploratorio. El nuevo reto que plantea la COVID-19, la seguridad física de los ingenieros geofísicos y los muchos otros que se avecinan, no son una limitante para la carrera; el ingeniero geofísico siempre ha aprovechado lo bueno de lo malo, basta ver los grandes avances en las áreas de ingeniería petrolera, minería, geotecnia, ambiente e ingeniería sísmológica, al aprovechar eficientemente y en forma ordenada el conocimiento de la geofísica. No solo la pandemia de la COVID-19 es un reto para las nuevas generaciones, la seguridad de los ingenieros geofísicos es fundamental, el riesgo de la integridad física, por la inseguridad, que hoy se tiene es muy grande al tener que enfrentarse a cárteles y personas sin escrúpulos que ponen en riesgo su vida; hay que enfrentarlos para poder vivir y seguir aportando valor a la sociedad.

Las áreas de trabajo y oportunidad que se han alcanzado en los 50 años de la carrera de ingeniero geofísico se han consolidado por el buen desempeño de la actividad; sin embargo, hay mucho aún por reforzar y más aún, falta mucho por aprender y enseñar.

La preparación del ingeniero geofísico requiere continuo aprendizaje, ya que, si bien los fundamentos físicos y matemáticos no cambian, si varían las técnicas de adquisición, procesamiento e interpretación, Hoy en día, la carrera es una herramienta de apoyo a muchas disciplinas. Es una carrera que se transforma continuamente.

La experiencia durante la impartición de la clase descrita indica que, para el nivel licenciatura, la educación presencial es primordial ya que la socialización y el *aprender a conocer, el aprender a hacer, el aprender a convivir y el aprender a ser* le dan la identidad al aspirante, sobre todo para motivarse. Un modelo híbrido, bien sustentado y soportado con valores y nuevas competencias puede ser una

solución a la problemática de la enseñanza, donde la creatividad e innovación, conjugados con aspectos pedagógicos deberán ponerse en marcha. Es necesario y fundamental que el aspirante a ingeniero geofísico conozca y refuerce el proceso de enseñanza-aprendizaje y el proceso de aplicación de la disciplina.

Si bien el futuro de la enseñanza apunta a la era digital, y se mantiene en transformación continua, es necesario tomar en consideración que el alumno es un ente que aprende, entre otras cosas, de copiar lo que sus mentores le enseñan. Una máquina no es un ente vivo y no puede transmitir valores, enseñanzas, experiencias pero, sobre todo, razonar.

Es importante recalcar que a nivel licenciatura la educación debe ser presencial, para obtener la identidad de ingeniero geofísico. El contacto con los formadores le apoyará a orientar su razonamiento a lo que es la disciplina, así como, dominar el lenguaje, desarrollar el pensamiento, y conocer y ordenar el mundo relacionado con la ingeniería geofísica. Con base en lo anterior, el aspirante a obtener el grado de licenciatura tiene que aprender el proceso para: buscar, entender, desarrollar, aplicar y definir resultados relacionados con la disciplina para adquirir la identidad.

Se reitera que el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación son herramientas de apoyo y a nivel personal, no dan la identidad al aspirante ni le resuelven el problema, al contrario le puede ocasionar problemas si no conceptualiza, caracteriza y concreta bien su estudio o proyecto.

La Facultad de Ingeniería de la UNAM tendrá que enfrentar el reto de proponer alternativas para decidir el tipo de nueva enseñanza para enfrentar el desafío de evitar contagios ante la COVID-19, buscar financiamiento para replantear métodos de enseñanza, cómo mantener socialización con sana distancia, cómo plantear nuevas metodologías pedagógicas de aprendizaje de calidad enfocado a resultados, cómo mantener la competitividad de la carrera, cómo promover la carrera, así como plantear y desarrollar una plataforma que forme ingenieros geofísicos.

Como se puede observar, en los cincuenta años que tiene la carrera de ingeniero geofísico se han desarrollado nuevos enfoques en la medición geofísica, así como se han fortalecido e implementado otros más para investigar el subsuelo. Hoy se tiene una mejor comprensión de la sensibilidad de parámetros geofísicos a procesos que controlan el funcionamiento de yacimientos petroleros, hidrogeológicos, bioquímicos, ecológicos; así como también de la respuesta natural de la tierra ante eventos como sismos y huracanes.

El campo de acción afortunadamente crece y las oportunidades de desarrollo se incrementan, por lo que el ingeniero geofísico requiere fortalecer sus conocimientos, observar más ("ver lo que no se ve"), desarrollar y aplicar, con el apoyo de las tecnologías de información y comunicación, instrumentos, paqueterías y modelos; así como, plantear nuevas ideas sobre la interacción de la geofísica con otras disciplinas.

El ingeniero geofísico requiere de estar en contacto con la naturaleza, insumo principal para el desarrollo de su actividad.

Siempre hay una oportunidad para aprender, enseñar y mejorar.

Agradecimientos

Agradecemos las oportunidades que nos ha ofrecido la Facultad de Ingeniería de la UNAM para compartir y enseñar lo que sabemos.

A los alumnos de la carrera de ingeniería geofísica que hemos tenido la oportunidad de transmitir nuestros conocimientos, y en especial a los alumnos de la asignatura Introducción a la Geofísica, de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, del semestre 2020-2, por haberle enseñado al primer autor a aprender más sobre la carrera.

Referencias

- Argote E., D. L., Tejero-Andrade, A., Cárdenas-Soto, M., Cifuentes-Nava, G., Chávez, R. E., Hernández-Quintero, E., y Ortega, V. (2020). Designing the underworld in Teotihuacan: Cave detection beneath the moon pyramid by ERT and ANT surveys. *Journal of Archaeological Science*, 118, 105141. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105141>.
- Binley, A., Hubbard, S. S., Huisman, J. A., Revil, A., Robinson, D. A., Singha, K., y Slater, L. D. (2015). The emergence of Hydrogeophysics for improved understanding of subsurface processes over multiple scales. *Water Resources Research*, 51(6), 3837-3866. <https://doi.org/10.1002/2015wr017016>
- Boulware, R.A. (1965). Future Prospects of Exploration Geophysics. *Canadian Society of Exploration Geophysics*, 5-8.
- CEFP, 2019, Precios Internacionales de la Mezcla Mexicana de Exportación del Petróleo. Cámara de Diputados. https://www.cefp.gob.mx/new/graficas_interactivas.php.
- Cerato, A.I. y Gallino, M. 2013, Competencias genéricas en carreras de ingeniería. *Revista de Ciencia y Tecnología*, Facultad de Ingeniería, Universidad de Palermo, Edición 13, 83-94. <https://doi.org/10.18682/cyt.v1i13.58>.
- Chávez P., S. (2019). ¿Qué hacer, como estudiante o profesional de geociencias o ingeniería petrolera, para enfrentar la reforma energética en México y la crisis mundial del precio del petróleo? *EAGE Latin America Newsletter*, edición 1, 9-10.
- Collete, L. S. (1976). Future Trends in Geophysical Mineral Exploration. *World Mineral Supplies - Assessment and Perspective*, 377-396. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-42577-5.50019-8>.
- Collison, Ch. y Parcel, G. (2003). *La gestión del conocimiento, lecciones prácticas de una empresa líder*. Editorial Paidós. España. ISBN: 84-493-1367-8.
- Davenport TH y Prusack L. (1998). *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know. (Originally published in 1998)*. New preface edition, Harvard Business School Press, Boston, MA.
- Hubbard, S. S., y Rubin, Y. (2005). *Introduction to Hydrogeophysics*, edited by Y. Rubin and S.S. Hubbard, Springer, The Netherlands.

- Hydro-Geophysics and NDT Modeling Unit. <https://www.hydrogeophysicsndt.com/lineas-de-trabajo/geofisica/>
- InGenio Learning. *Educación presencial vs educación a distancia ¿cuál es mejor?* <https://ingenio.edu.pe/educacion-presencial-vs-educacion-virtual/>
- Lawyer, L. C., Bates, C. C., y Rice, R. B. (2001). *Geophysics in the Affairs of Mankind. A Personalized History of Exploration Geophysics*. Society of Exploration Geophysicists, Tulsa Oklahoma, USA.
- Lumley, D. (2019). President's Page. Is there a future in applied geophysics? *The Leading Edge*, 38(2), 88-90.
- Marfurt, K. J., Zhou, H., Sekharan, K. K., Sheriff, R. E., Hall, S.A., Nagihara, S., y Hou, A. (2000). Future need for geophysicists and geophysical research in the oil business? Conclusions of a 'listening tour'. *The Leading Edge*, 19(9), 974-980.
- Molina A. (2000). La competencia profesional en el ingeniero del nuevo milenio. *Revista Facultad de Ingeniería*, (8), 65-67.
- Ocampo L. J. (2017). La edad del 'por qué' en los niños, Guía infantil.com. <https://www.guiainfantil.com/articulos/educacion/aprendizaje/la-edad-del-por-que-en-los-ninos/>
- Serrat, O. (2009). The five Whys Technique, Asian Development Bank. <https://digitalcommons.ilr.cornell.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1200&context=intl>
- Tejero-Andrade, A., Argote-Espino, D. L., Cifuentes-Nava, G., Hernández-Quintero, E., Chávez, R. E., y García-Serrano, A. (2018). "Illuminating" the interior of Kukulkan's Pyramid, Chichen Itzá, Mexico, by means of a non-conventional ERT Geophysical Survey. *Journal of Archaeological Science*, (90), 1-11. <https://doi:10.1016/j.jas.2017.12.006>.
- UNAM, Escuela Nacional Preparatoria. Plan de estudios 1996. México.
- UNAM, Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Plan de estudios.
- UNAM, Facultad de Ingeniería (2016). Plan de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Geofísica. https://www.ingenieria.unam.mx/programas_academicos/licenciatura/geofisica_plan2016.php
- Valhondo, D. (2003). *Gestión del conocimiento: del mito a la realidad*. Ediciones Díaz de Santos.
- Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia>.